



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Facultad de Ciencias e Ingeniería



***DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SOFTWARE SUPERVISOR DEL TRÁFICO DE  
VOZ DE LA RED DE TELEFONÍA IP DE UNA  
UNIVERSIDAD***

***Tesis para optar por el título de ingeniero electrónico***

Presentada por  
Antonio Ocampo Zúñiga

Lima – PERÚ  
2007

## RESUMEN

En la presente tesis se diseña e implementa un software que cuantifica la calidad de voz en la red de Telefonía IP de la Pontificia Universidad Católica Perú, esto se logra a partir del cálculo de los principales factores que disminuyen la calidad de una red de voz: el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes. Al obtener estos resultados se sigue el algoritmo descrito en la norma UIT-T G.107 para obtener los principales indicadores de calidad: el factor R, el  $MOS_{CO}$  (Mean Opinion Score Call Quality), la estimación GoB (buena o mejor) y la estimación PoW (mediocre o peor). A continuación se describe el contenido de cada una de las partes que comprenden este documento.


En el capítulo 1 se describen las principales características de la Telefonía IP: sus procesos, elementos, protocolos de señalización, aplicación y transmisión; así como sus códecs y ventajas. De igual modo, se detallan los parámetros e indicadores de calidad que fueron considerados en el desarrollo de la tesis.

En la primera parte del segundo capítulo se revisa la tendencia mundial respecto al uso de la Telefonía IP y se explica la situación actual de esta tecnología en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Asimismo, en la segunda parte se detallan las distintas alternativas de supervisión del tráfico de paquetes IP.

En el tercer capítulo se indican los objetivos de la tesis y se describen las etapas de diseño del software supervisor desarrollado. A continuación, se explican cuidadosamente las características, procesos y resultados de esta aplicación; así como su alcance, requerimientos y visión general.

En el capítulo 4 se indican las pruebas realizadas y se analizan los resultados de la calidad de voz en la red de Telefonía IP de la universidad. Finalmente, se brinda un análisis de costos, así como las conclusiones y recomendaciones que se desprenden del desarrollo de esta tesis.

DEDICATORIA



*A mis padres Bertha y Antonio  
y a mi hermana Jhaydy  
por su apoyo incondicional durante toda mi vida*

**INDICE**

<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Capítulo 1: Descripción de la Telefonía IP.....</b>	<b>9</b>
1.1 Definición.....	9
1.2 Procesos.....	9
1.2.1 Muestreo y regeneración.....	9
1.2.2 Efectos sonoros.....	9
1.2.3 Compresión y descompresión.....	10
1.2.4 Transmisión y recepción.....	10
1.3 Elementos.....	10
1.4 Protocolos de señalización.....	11
1.4.1 H.323.....	11
1.4.2 SIP (Session Initiation Protocol).....	12
1.4.3 SCCP (Skinny Client Control Protocol).....	12
1.5 Protocolos de transmisión y aplicación.....	12
1.5.1 Limitaciones de TCP (Transmission Control Protocol).....	13
1.5.2 Limitaciones de UDP (User Datagram Protocol).....	13
1.5.3 RTP (Real time Transport Protocol).....	13
1.5.3.1 Estructura del encabezado.....	14
1.5.4 RTCP (Real Time Control Protocol).....	15
1.5.4.1 Funciones.....	15
1.5.4.2 Tipos de paquetes.....	16
1.6 Códecs.....	17
1.6.1 G.711.....	17
1.6.2 G.723.1.....	17
1.6.3 G.729.....	18
1.7 Calidad de la red.....	18
1.7.1 Retardo.....	18
1.7.2 Variación del retardo.....	19
1.7.3 Pérdida de paquetes.....	20
1.8 Parámetros aceptables de la red.....	21

1.9 Indicadores cuantitativos de la calidad del servicio.....	22
1.10 Mejora de la calidad del servicio.....	25
1.11 Ventajas.....	26
<b>Capítulo 2: Situación actual de la Telefonía IP y sus formas de supervisión...</b>	<b>27</b>
2.1 Crecimiento y mejoras continuas del servicio en el ámbito mundial.....	27
2.2 La Telefonía IP en la Pontificia Universidad Católica del Perú.....	28
2.2.1 Necesidad de la integración de las comunicaciones.....	29
2.2.2 Camino a la optimización de las comunicaciones.....	29
2.2.3 Beneficios obtenidos.....	31
2.3 Formas de supervisión en la actualidad.....	31
2.3.1 Técnicas activas.....	32
2.3.1.1 Usando un flujo de paquetes de prueba.....	32
2.3.1.2 Usando pequeños paquetes de prueba.....	32
2.3.2 Técnicas pasivas.....	33
2.3.2.1 Supervisión en un punto.....	33
2.3.2.2 Supervisión en dos puntos.....	33
2.4 Herramientas de medición activa.....	33
2.4.1 Ping.....	33
2.4.2 IPMP.....	34
2.4.3 Traceroute.....	35
2.4.4 Netperf.....	37
2.4.5 SNMP.....	38
2.4.6 One Way Delay Protocol.....	39
2.5 Herramientas de medición pasiva.....	39
2.5.1 Netflow e IPFIX.....	39
2.5.2 Monitoreo de paquetes.....	40
<b>Capítulo 3: Diseño e implementación del software supervisor.....</b>	<b>42</b>
3.1 Objetivos.....	42
3.1.1 Objetivo general.....	42
3.1.2 Objetivos específicos.....	42

3.2. Universo y muestra.....	42
3.3 Modelo teórico.....	42
3.4 Metodología de diseño.....	43
3.5 Etapas de desarrollo.....	43
3.5.1 Análisis de la Telefonía IP.....	43
3.5.2 Investigación sobre las aplicaciones existentes.....	44
3.5.3 Análisis de la aplicación.....	44
3.5.4 Implementación de la solución.....	44
3.5.5: Puesta en marcha.....	44
3.6 Calendario de actividades.....	45
3.7 Herramientas de desarrollo.....	46
3.7.1 Libpcap.....	46
3.7.2 Lenguaje C.....	48
3.7.3 Lenguaje Java.....	49
3.7.4 IzPack.....	49
3.8 Alcance.....	49
3.9 Requerimientos mínimos.....	50
3.9.1 Hardware.....	50
3.9.2 Software.....	50
3.10 Licencia de instalación.....	50
3.11 Descripción del usuario.....	50
3.12 Posicionamiento.....	51
3.12.1 El problema.....	51
3.12.2 El producto.....	51
3.13 Visión general.....	51
3.13.1 Perspectiva.....	51
3.13.2 Funciones.....	52
3.14 Instalación.....	52
3.15 Desinstalación.....	56
3.16 Diagrama de flujo principal.....	57

3.17 Interfaz del usuario.....	58
3.17.1 Bienvenida.....	58
3.17.2 Menú archivo.....	60
3.17.2.1 Nueva captura.....	60
3.17.2.2 Salir del programa.....	60
3.17.3 Menú captura.....	61
3.17.4 Menú reporte.....	67
3.17.4.1 Retardo por paquete.....	68
3.17.4.2 Datos de los paquetes.....	69
3.17.5 Menú ayuda.....	70
3.17.5.1 Acerca de.....	70
3.17.5.2 Manual de usuario.....	70
3.18 Rangos de calidad.....	70
3.18.1 Disponibilidad.....	71
3.18.2 Uso.....	71
3.19 Mantenimiento.....	71
3.20 Requerimientos de documentación.....	71
3.20.1 Manual de usuario.....	71
3.20.2 Manual de instalación.....	71
<b>Capítulo 4: Pruebas realizadas y análisis de los resultados.....</b>	<b>72</b>
4.1 Pruebas realizadas.....	72
4.1.1 Pruebas de la captura de paquetes.....	72
4.1.2 Pruebas de la calidad de la red.....	72
4.2 Análisis de los resultados.....	77
4.3 Análisis de costos.....	78
4.3.1 Honorarios profesionales.....	78
4.3.2 Materiales de oficina.....	78
4.3.3 Servicios.....	78
<b>Conclusiones.....</b>	<b>79</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>80</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>81</b>



## INTRODUCCIÓN

Los servicios de voz por redes de datos se han presentado últimamente como una alternativa a la telefonía tradicional y el costo inferior para los usuarios los está popularizando en algunos mercados. La Telefonía IP es una de dichas alternativas y es una de las más económicas porque evita la tarificación por minuto de la red telefónica pública conmutada tradicional y además permite efectuar llamadas nacionales de larga distancia o internacionales a través de una llamada local a un proveedor del servicio de Internet.

A pesar de que la Telefonía IP es una de las aplicaciones más importantes en el mundo, son pocos los administradores de dicha tecnología que tienen un plan adecuado para gestionar la infraestructura una vez desplegada. Sólo una planificación inteligente que tenga previstas las acciones adecuadas y elija las mejores herramientas asegurará su capacidad para supervisar, solucionar problemas, administrar y comprobar el estado de la red.

En la presente tesis se diseña e implementa un software que cuantifica la calidad de voz en la red de Telefonía IP de la Pontificia Universidad Católica Perú, esto se logra a partir del cálculo de los principales factores que disminuyen la calidad de una red de voz: el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes. Al obtener estos resultados se sigue el algoritmo descrito en la norma UIT-T G.107 para obtener los principales indicadores de calidad: el factor R, el  $MOS_{CQ}$  (Mean Opinion Score Call Quality), la estimación GoB (buena o mejor) y la estimación PoW (mediocre o peor).

El software implementado tiene las ventajas de ser portable (compatible con varias arquitecturas de cómputo y sistemas operativos), extensible (es posible incorporar nuevos parámetros de medición) y de fácil uso debido a su cómoda interfaz gráfica que permite escoger diversas formas de presentación de los resultados obtenidos, de acuerdo a la necesidad del usuario. Además, puede ser usado como piloto para la implementación de un software supervisor del tráfico de voz en caso de desplegarse una red de Telefonía IP de mayor cobertura, como sería el caso de una red de Telefonía IP para la ciudad de Lima.

## **1. CAPITULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA TELEFONÍA IP**

### **1.1 Definición**

La Telefonía IP representa una señal de voz de forma aceptable mediante un flujo de bits que es colocado en paquetes IP que puede ser trasladado sobre Internet o una Intranet corporativa. La definición de aceptable depende de la situación particular en la que nos encontremos. Por ejemplo, si la señal de voz está siendo transmitida como parte de la comunicación en tiempo real entre dos personas, el retardo total entre el envío y recepción de la señal debe ser lo suficientemente bajo para evitar largos instantes de silencio. Por otro lado, si las señales están siendo transmitidas como parte de un proceso unidireccional, la restricción del retardo es menos estricta porque el aspecto interactivo de la comunicación ya no es necesario.

La telefonía IP conjuga dos mundos históricamente separados: la transmisión de voz y la de datos. Se trata de transportar la voz, previamente convertida a datos, entre dos puntos distantes, lo cual hace posible utilizar las redes de datos para efectuar las llamadas telefónicas y desarrollar una única red que se encargue de cursar todo tipo de comunicación, ya sea de voz o datos [4].

### **1.2 Procesos**

#### **1.2.1 Muestreo y regeneración**

Para preservar el concepto de conversación en tiempo real es necesario que el receptor empiece a recibir la señal tan pronto como el emisor empiece a emitirla. Para lograr este propósito la información es muestreada a intervalos regulares, aunque la tasa de muestreo exacta depende del códec utilizado. Cuando un paquete digitalizado es recibido se transforma en una señal de audio y luego se dirige al auricular del terminal telefónico del receptor.

Muchos aspectos deben ser considerados antes de transformar la señal de voz. Por ejemplo al enviar bloques de datos sobre una red existen pequeñas variaciones en el tiempo de llegada de cada bloque, para resolver este problema se debe implementar un buffer para asegurar que el tiempo de llegada entre paquetes sea uniforme. Sin embargo, este proceso introduce cierto retardo por lo cual debe ser considerado para satisfacer las restricciones del tiempo de retardo.

#### **1.2.2 Efectos sonoros**

Se debe realizar la supresión o aumento de silencios, en caso de enviar o recibir la señal respectivamente. El proceso de supresión de silencios es importante porque retira las partes que no contienen información y contribuye a disminuir la cantidad

de paquetes a enviar por la red. Además, es necesario eliminar las componentes de frecuencias que no correspondan a voz, porque no son necesarias para este tipo de comunicación.

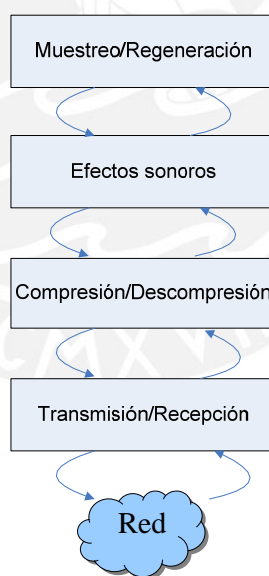
### 1.2.3 Compresión y descompresión

La información digital requiere una cierta cantidad de ancho de banda, es por ello que distintas formas de compresión son usadas para reducir el ancho de banda necesario para la comunicación de voz. La compresión es muy importante cuando la conexión es lenta y cuando existe una gran cantidad de usuarios en la red.

Una vez que los paquetes de voz alcanzan su destino deben ser descomprimidos, lo cual significa que a partir de la señal comprimida se debe reconstruir la señal digital original tan fielmente como sea posible.

### 1.2.4 Transmisión y recepción

Para enviarse los paquetes a través de la red hacia su destino debe añadirse información del tiempo de envío para que el receptor pueda reconstruirlos en el orden correcto. Este proceso es necesario porque los paquetes pueden perderse, retardarse o incluso duplicarse.



**Figura 1.1: Procesos de la Telefonía IP**

## 1.3 Elementos

- Terminales: Son los sustitutos de los teléfonos actuales. Se pueden implementar tanto en software como en hardware.
- Gatekeepers: Son el centro de toda la organización de Telefonía IP y se han convertido en el sustituto para las actuales centrales. Controlan todos los

dispositivos que pertenecen a una red de Telefonía IP. Registran los teléfonos y otros dispositivos, aceptan o rechazan los pedidos de realizar llamadas y almacenan la información necesaria para encaminar una llamada. Normalmente son implementados en software.

- Gateways o Call Managers: Trasladan los mensajes a través de un medio de información empaquetada o un medio habitual tal como la red telefónica pública conmutada o un circuito de microondas. Actúan de forma transparente para el usuario.

#### **1.4 Protocolos de señalización**

El protocolo de señalización es el lenguaje que utilizan los distintos dispositivos de Telefonía IP, es muy importante porque de él dependerá la eficacia y la complejidad de la comunicación. El listado de ellos por orden de antigüedad, según [12], es:

- H.323: Protocolo definido por la UIT-T
- Session Initiation Protocol (SIP): Protocolo definido por la IETF
- Megaco (H.248) y MGCP: Protocolos de control
- Skinny Client Control Protocol (SCCP): Protocolo propietario de Cisco.
- MiNet: Protocolo propietario de Mitel
- CorNet IP: Protocolo propietario de Siemens
- IAX e IAX2 (Inter Asterisk eXchange protocol): Protocolo utilizado por el servidor PBX de código abierto Asterisk.
- Skype: Protocolo propietario peer to peer utilizado en la aplicación Skype.
- Clicconnect: Protocolo propietario de Clicconnect
- Jajah: Protocolo propietario peer to peer utilizado en los teléfonos web.
- Jingle: Protocolo abierto utilizado en tecnología Jabber.

Los protocolos más usados son: H.323, Session Initiation Protocol (SIP) y Skinny Client Control Protocol (SCCP), los cuales son detallados a continuación.

##### **1.4.1 H.323**

Fue el primero de los estándares ampliamente utilizados, su propósito es manejar los requerimientos multimedia sobre paquetes. Fue basado en los estándares RDSI y se logró que funcione adecuadamente tanto para voz como video, sin embargo la mayoría de los fabricantes de reproductores multimedia consideran al H.323 más complejo que el SIP y SCCP. Además, la mayoría de implementaciones basadas en el H.323 sólo son parcialmente compatibles entre distintos fabricantes. A pesar de todos estos inconvenientes los más grandes fabricantes de productos de Telefonía

IP tienen al menos una parte de su solución basada en H.323. Su mayor contribución es el uso de los términos gatekeeper y gateway, explicados anteriormente.

#### **1.4.2 SIP (Session Initiation Protocol)**

Muchos especialistas de la industria de las telecomunicaciones creen que SIP fue desarrollado como respuesta a la complejidad de H.323. A diferencia de éste, fue desarrollado por la comunidad de Internet y basado en la estructura de HTTP (HyperText Transfer Protocol). Por lo cual se puede decir que la amplia experiencia del conjunto de desarrolladores de Internet se pone de manifiesto en SIP, consecuentemente usa distintos protocolos comunes con los de Internet tales como DNS (Domain Name System), DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) e ICMP (Internet Control Message Protocol).

Las ventajas principales de SIP son que los puntos finales son más flexibles dado que pueden ser identificados por cualquier nombre de Internet y que los sistemas y bases de datos de distintos fabricantes serán más compatibles entre sí ya que SIP está basado en LDAP (Lightweight Directory Access Protocol), protocolo usado en una amplia variedad de plataformas de los fabricantes.

#### **1.4.3 SCCP (Skinny Client Control Protocol)**

El tercer protocolo de control más popular es el SCCP de Cisco, usualmente denominado Skinny. Ha probado ser simple, efectivo y relativamente fácil para localizar y solucionar sus problemas. Cuando un analizador de protocolos captura los paquetes de un teléfono Skinny en uso, el técnico puede ver los dígitos marcados, el indicador de timbrado, el estado de ocupado y otra información adicional, lo cual no es posible con H.323. Este protocolo es usado en la Telefonía IP de la PUCP.

### **1.5 Protocolos de transmisión y aplicación**

Los distintos servicios usan distintos protocolos de transmisión cuando desean enviar datos, los habituales son TCP y UDP pero tal como se analizará posteriormente los servicios que éstos brindan no son suficientes para la transmisión de señales de voz.

### **1.5.1 Limitaciones de TCP (Transmission Control Protocol)**

TCP parece ser una buena opción para la transmisión en Telefonía IP ya que ofrece una conexión confiable y un control de flujo adecuado que permite que los datos lleguen exactamente en el orden en que fueron transmitidos, además posee mecanismos de control de congestión que ofrecen protección contra las sobrecargas de la red.

Sin embargo, existen varios problemas al usar TCP. Uno de ellos es que al ofrecer conexión confiable depende mucho de la retransmisión de paquetes dañados, esto se ve reflejado en el retardo adicional que introduce el control de flujo. Al dañarse o perderse un paquete se pedirá la retransmisión y los demás paquetes que hayan llegado satisfactoriamente deberán esperar a pesar de estar listos para ser procesados.

De esta manera se concluye que si bien los controles de flujo y congestión pueden ser muy útiles en algunas oportunidades, para una aplicación en la que se requiere alta velocidad de envío y recepción de información, tal como la transmisión de señales de voz, estas características no son deseables. Se puede lograr igual o mejor rendimiento usando protocolos mucho menos elaborados.

### **1.5.2 Limitaciones de UDP (User Datagram Protocol)**

Este protocolo ofrece un servicio de mejor esfuerzo y tiene la ventaja comparativa con respecto a TCP de no esperar por la retransmisión de los paquetes perdidos. Además, dado que solo es una pequeña extensión de IP, puede usar las ventajas del multicasting para ahorrar ancho de banda cuando se requiere enviar la información a múltiples destinos.

A pesar de las ventajas anteriormente mencionadas, tiene la gran desventaja de que no provee ningún mecanismo para la sincronización, por lo cual no existe control de flujo ni de congestión. Una solución para este problema es añadir información de control a la señal de voz y transportarla, esta es la manera como trabaja el Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP por sus siglas en inglés) explicado a continuación.

### **1.5.3 RTP (Real time Transport Protocol)**

Es un protocolo de nivel de aplicación y no del nivel de transporte como su nombre hace suponer. Representa la base de la industria de Telefonía IP ya que es utilizado para la transmisión de información en tiempo real, tal como el audio y video en una



videoconferencia. Trabaja conjuntamente con RTCP (RTP Control Protocol) y se sitúa sobre UDP en el modelo OSI.

Fue desarrollado por el grupo de trabajo de transporte de audio y video del IETF. En 1996 fue publicado como estándar en el RFC 1889 y fue actualizado el 2003 en el RFC 3550. Se usa frecuentemente en sistemas de streaming junto a RTSP (Real Time Streaming Protocol).

El RFC 3551 define un perfil para conferencias de audio y vídeo con control mínimo. Por otro lado, el RFC 3711 define a SRTP (Secure Real time Transport Protocol) como una extensión del perfil de RTP para conferencias de audio y vídeo que puede usarse opcionalmente para proporcionar confidencialidad, autenticación de mensajes y protección de reenvío para flujos de audio y vídeo.

#### **1.5.3.1 Estructura del encabezado**

- Número de versión (V - version number): Son 2 bits que indican la versión, actualmente es la número 2.
- Relleno (P - Padding): Un bit. de relleno que indica si uno o más bytes al final del paquete no son parte de la carga útil. El último byte del paquete indica el número de bytes de relleno. Es usado por algunos algoritmos de encriptación.
- La extensión (X - Extensión): Un bit cuya presencia indica que el encabezado fijo está seguido de una extensión de encabezado. Este mecanismo de extensión hace posible implementaciones para añadir información al encabezado RTP.
- Conteo CSRC (CC): Compuesto por 4 bits y es el número de identificadores CSRC que sigue el encabezado fijo. Si la cuenta CSRC es cero la fuente de sincronización es la fuente de la carga útil.
- El marcador (M - Marker): Un bit de marcador definido por el perfil particular del medio.
- La carga útil (PT): Compuesta por 7 bits. Es un índice que describe el formato de la carga útil. Las correspondencias de los índices y cargas útiles para audio y video están especificadas en el RFC 3551.
- El número de secuencia: Son 16 bits que indican la posición de un paquete en la secuencia de paquetes transmitidos. El número del paquete es incrementado en uno luego de enviar cada paquete.

- Marca de tiempo (timestamp): Son 32 bits que indican el instante de muestreo del primer byte en la carga útil. Varios paquetes consecutivos pueden tener la misma marca de tiempo si son lógicamente generados en el mismo tiempo, por ejemplo si son parte del mismo cuadro de video.
- Fuente de sincronización (SSRC): Compuesta por 32 bits que identifican la fuente de sincronización. Si la cuenta CSRC es distinta de cero identifica al mezclador.
- Fuente del contenido (CSRC): Son 32 bits que identifican las fuentes contribuyentes para la carga útil. El número de fuentes contribuyentes cuyo valor máximo es 16 está indicado por el campo de la cuenta CSRC. Si hay fuentes contribuyentes múltiples la carga útil son los datos mezclados de esas fuentes.

Byte 0			Byte 1		Byte 2	Byte 3
V	P	X	CC	M	PT	Número de secuencia
Marca de tiempo						
Fuente de sincronización (SSRC)						
Fuente del contenido (CSRC)						

**Figura 1.2: Encabezado RTP**

#### 1.5.4 RTCP (Real Time Control Protocol)

El protocolo RTCP acompaña al protocolo RTP. Cada participante de una sesión RTP envía periódicamente paquetes RTCP a los demás participantes.

##### 1.5.4.1 Funciones

De acuerdo a [14], RTCP tiene cuatro funciones:

- Provee información de retorno de la calidad de transmisión de los datos. Dicha información puede ser usada para llevar a cabo funciones de control de flujo y congestión así como para propósitos de diagnóstico. Esta es la función más importante.
- Distribuye un identificador que puede ser usado para agrupar distintos tipos de datos tales como audio y video. Ésta función es necesaria porque RTP no brinda esa información.
- Indica el número de participantes en una sesión RTP, lo que se logra al enviar periódicamente paquetes RTCP. El protocolo RTP no puede usarse para tal fin porque cabe la posibilidad de que un usuario no envíe ningún dato pero que



esté recibiendo información de otros participantes de la sesión, tal es el caso de una lectura en línea.

- Distribuye información de un participante que puede ser usada en una interface de usuario. Esta función es opcional.

#### **1.5.4.2 Tipos de paquetes**

Existen varios tipos de paquetes RTCP usados para cumplir las funciones indicadas anteriormente, éstos son:

- Sender reports (SR): Usados por los emisores activos de información para distribuir las estadísticas de transmisión y recepción. Incluyen tanto el número de bytes y paquetes enviados como dos marcas de tiempo (timestamps). La primera de ellas se denomina Network Time Protocol Timestamp (NTP), que contiene el tiempo en el que el reporte fue creado. La segunda es conocida como RTP Timestamp, que describe el mismo tiempo pero expresado en las mismas unidades y con el mismo desplazamiento aleatorio que las marcas de tiempo de los paquetes RTP. Dichas marcas de tiempo son particularmente útiles si varios paquetes RTP deben ser asociados entre sí, tal es el caso de las señales de audio y video de un mismo medio que deben ser sincronizadas.
- Receiver reports (RR): Usados por los emisores inactivos de la sesión para distribuir las estadísticas de recepción. Incluyen la siguiente información:
  - La fracción de paquetes perdidos desde el último reporte. Un incremento de este valor indica una probable congestión de la red.
  - La cantidad total de paquetes perdidos desde el inicio de la sesión.
  - La variación del retardo medida en las mismas unidades que las marcas de tiempo. Al aumentar este valor también es probable que exista congestión.
  - Información utilizada por el emisor para medir el retardo de viaje (Round Trip Time o RTT) hacia un determinado receptor.
- Source description items (SDES): Información que describe a un participante mediante su nombre y correo electrónico. También incluye el nombre canónico o CNAME, el cual es una cadena que identifica al emisor de un paquete RTP y que, a diferencia del identificador SSRC, permanece invariable para un participante en una determinada sesión e inclusive suele ser único para cada participante. Es por intermedio de este identificador que es posible agrupar distintos tipos de datos provenientes de un mismo emisor.
- Application (APP): Permite transferir datos de una aplicación específica.

- Goodbye (BYE): Indica que un usuario ha abandonado la sesión.

Puesto que todos estos paquetes son enviados periódicamente por cada participante hacia todos los demás, se debe tener cuidado de no usar una gran cantidad del ancho de banda disponible. Con este fin se debe calcular el intervalo de paquetes RTCP a partir del número de participantes en una sesión y la cantidad de ancho de banda que los paquetes RTCP pueden ocupar. Para prevenir que varios participantes envíen paquetes al mismo tiempo el valor calculado previamente mencionado se multiplica por un número aleatorio.

## 1.6 Códecs

La voz debe codificarse para poder ser transmitida por la red IP, para ello se usan códecs que garantizan la codificación y compresión del audio, así como su posterior decodificación y descompresión antes generar un sonido utilizable. Entre los códecs más utilizados en Telefonía IP encontramos a los estándares G.711, G.723.1 y G.729 especificados por la UIT-T.

### 1.6.1 G.711

Estándar de compresión de la UIT que fue presentado en 1972 y es usado principalmente en telefonía. Representa las señales de voz mediante PCM de 8 bits y realiza el muestreo a una tasa de 8000 muestras por segundo, con lo cual genera un flujo de información de 64 kbit/s. Su  $MOS_{CQ}$  habitual es 4.3.

Existen dos algoritmos principales que definen este estándar: La ley  $\mu$  (usada en Japón y Norteamérica) y la ley A (usada en Europa y el resto del mundo). Ambas leyes son logarítmicas, pero la segunda fue específicamente diseñada para simplificar el proceso de cómputo.

### 1.6.2 G.723.1

Se convirtió en un estándar de la UIT-T en 1995. Realiza el muestreo cada 7.5 o 30 milisegundos. Tiene la desventaja de que la música y los tonos como el DTMF (Dual Tone Multifrequency) no son transportados confiablemente con este códec, por lo cual se debe utilizar el G.711 u otro códec para transportar dichas señales. Es mayormente usado en Telefonía IP por su bajo consumo de ancho de banda.

La complejidad del algoritmo está por debajo de 16 MIPS (millones de instrucciones por segundo), además es necesario disponer de 2.2 kB de RAM para la codificación. Posee dos tasas de operación:

- 6.3 kbit/s, usando paquetes de 24 bytes y el algoritmo MP-MLQ (Multipulse LPC with Maximum Likelihood Quantization). Su  $MOS_{CQ}$  habitual es 3.9.
- 5.3 kbit/s, usando paquetes de 20 bytes y el algoritmo ACELP (Algebraic Code Excited Linear Prediction). Su  $MOS_{CQ}$  habitual es 3.62.

### **1.6.3 G.729**

Es un algoritmo de compresión de audio que toma muestras de voz cada 10 milisegundos. Al igual que el G.723.1, la música y los no pueden ser transportados confiablemente. Su  $MOS_{CQ}$  habitual es 4.1.

Tiene un bajo consumo de ancho de banda reducido y opera a 8 kbit/s, pero sus extensiones también brindan tasas de bits de 6.4 kbit/s y 11.8 kbit/s, para la peor y mejor calidad de voz respectivamente. Este códec es utilizado en la red de Telefonía IP de la PUCP.

También es común el protocolo G.729a, compatible con G.729, el cual tiene la ventaja de requerir menos capacidad de procesamiento pero provoca una disminución considerable en la calidad de la voz.

## **1.7 Calidad de la red**

Para determinar la calidad de una red de Telefonía IP se consideran tres principales factores: el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes.

### **1.7.1 Retardo**

El retardo o latencia tiene un impacto sustancial en la calidad del servicio de la voz sobre IP. Los principales tipos de retardo son:

- Retardo del jitter buffer: Causado por el jitter buffer al retener los paquetes antes de enviarlos a su destinatario, es proporcional a la longitud del mismo.
- Retardo del códec: Debido a que al muestrear la señal de voz, ésta es retenida por un breve instante, lo cual es necesario para modificar y comprimir la información de la siguiente muestra.
- Retardo de almacenamiento y envío: Debido a que un paquete completo debe ser almacenado, procesado y luego retransmitido por los dispositivos de la red tales como los switches, routers y firewalls.
- Retardo de propagación: Tiempo que le toma a los paquetes atravesar el medio, ya sea cable coaxial, cable UTP, fibra óptica o el aire.

- Retardo de serialización: Es el retardo fijo requerido para formar una trama de datos en la interfaz de red. Está directamente relacionado con la rapidez de la red.
- Retardo de empaquetamiento: Tiempo que toma colocar la carga útil de voz en un paquete para su posterior transmisión.
- Retardo de transmisión: Es la combinación de los retardos de almacenamiento y envío, serialización y de propagación. También conocido como one way delay.
- Retardo de viaje: Es el intervalo de tiempo desde que una fuente envía el primer bit de un paquete, el destino recibe el paquete e inmediatamente envía una respuesta hacia la fuente y el destino recibe el último bit del paquete. También es conocido como Round Trip Time (RTT).

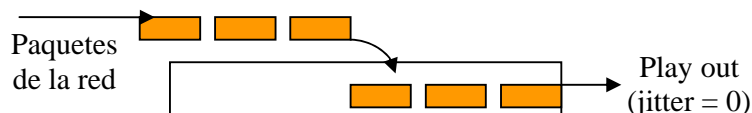
La medición del retardo de transmisión en una red puede ser difícil debido a que el cálculo de la diferencia entre el tiempo de envío y recepción de un paquete debe estar basado en un reloj común y las medidas deben ser realizadas en los extremos finales de la conversación. Si el emisor y el receptor están muy alejados, implementar dispositivos de medición y conectarlos a un reloj común resultaría sumamente complicado. Otra forma para medir el retardo es transmitir y medir tráfico generado sintéticamente, sin embargo esta alternativa no es práctica en una red donde deseamos alta eficiencia.

Por estas razones y considerando que en la mayoría de situaciones el retardo de transmisión no tiene un impacto significativo, el software a implementarse en el presente estudio no considerará el retardo de transmisión para el cálculo de la calidad del servicio, sin embargo el retardo del jitter buffer, retardo del códec y el retardo de empaquetamiento si serán tomados en cuenta.

### 1.7.2 Variación del retardo

También conocido como jitter. Es el factor más importante y se define como la diferencia del tiempo de llegada de los paquetes medido por el receptor en comparación con su valor esperado. Por ejemplo, si el teléfono transmisor envía paquetes que representan 20 milisegundos de voz, entonces se transmiten 50 paquetes por segundo. Si estos paquetes son recibidos uniformemente cada 1/50 segundos, el jitter será cero dado que no existe variación con respecto al tiempo esperado de llegada de 1/50 segundos. Con el fin de disminuir las variaciones en la llegada de paquetes se usan los jitter buffers.

El primer paquete es colocado en el centro del buffer, luego cada paquete recibido es colocado detrás del paquete previo. El tamaño del buffer es el tiempo que le toma al paquete ir desde la mitad hasta el final del buffer, el cual usualmente es configurado mediante software. De tal manera que a medida que las variaciones sean más grandes la longitud del buffer aumentará y mientras más corto sea el mismo es más probable que se llene en algún instante.



**Figura 1.3: Jitter buffer**

A partir de lo anterior surgen dos problemas. Primero, si el buffer se llena debido a la llegada anticipada de paquetes los siguientes que traten de ingresar serán desechados: De igual manera, si se retrasan los paquetes y el buffer está vacío el receptor se verá forzado a simular algún sonido o a permitir un período de silencio. En segundo lugar, el buffer produce un retardo igual al tiempo que le toma a cada paquete recorrerlo, por lo tanto mientras más largo sea el buffer mayor será dicho retardo. Por las razones anteriormente expuestas es necesario conocer la magnitud del jitter que experimenta nuestra red con el fin de configurar adecuadamente los parámetros del jitter buffer.

El teléfono receptor o el software usado para monitorear la conexión calcula el valor de la siguiente manera: Cada paquete RTP contiene un campo donde el emisor coloca una marca de tiempo, de tal manera que la variación del retardo puede ser calculada basada en esta marca y el reloj del receptor. El software que se implementó en esta tesis reporta este valor y mide la variación real vista como si se realizara la supervisión en el enlace.

### **1.7.3 Pérdida de paquetes**

Es la tasa a la cual los paquetes son desechados, ya sea por algún componente de la red o por el receptor. Se identifican dos tipos: el descarte de paquetes (paquetes desechados por el jitter buffer) y la pérdida de paquetes propiamente dicha (paquetes perdidos en la red).

Distinguir entre estos dos tipos de pérdida de paquetes es muy provechoso para detectar y resolver la causa de la degradación de la calidad. Un paquete puede ser desechado debido a que se distorsiona mientras atraviesa la red. Por ejemplo, las tarjetas de interfaz de red de Ethernet controlan los errores de cada trama recibida, si tan sólo un bit ha sido alterado se desecha la trama entera. Por ello, a pesar de



que existe una probabilidad muy baja de que un bit sea alterado, una trama de 1250 bytes que contiene 10000 bits tiene una probabilidad mucho más alta de ser rechazada por el receptor. A pesar de esto, las tramas alteradas de Ethernet no afectan significativamente a la calidad de la voz debido a que, por lo general, las tasas de desecho de tramas son muy bajas.

Una causa mucho más significativa de la pérdida de paquetes es la congestión de la red, cuando los routers se congestionan debido al excesivo tráfico es muy probable que las entrada de sus buffers se llenen, si esto sucede los paquetes que lleguen serán desechados. Los routers también pueden desechar paquetes como parte de su estrategia para mejorar la calidad del servicio, de tal manera que se atienda antes a los paquetes que fueron marcados con una precedencia mayor. Algunos dispositivos de red implementan algoritmos de carga balanceada, los cuales desechan paquetes intencionalmente con el fin de lograr niveles favorables de tráfico en determinados circuitos.

El teléfono receptor debe detectar la pérdida de paquetes para simular un intervalo de silencio equivalente al tiempo que dure el paquete desechado o para retransmitir un paquete previamente recibido. Con este fin, los paquetes son marcados por el emisor con una secuencia de números que puede empezar con el número uno o con un número aleatorio. Dicha secuencia es insertada en la cabecera de los paquetes RTP, de tal manera que al recibir un paquete cuyo número de identificación no sea el consecutivo del paquete recibido previamente se podrá saber que falta un paquete.

### **1.8 Parámetros aceptables de la red**

Han debido pasar varios años para que los fabricantes se pongan de acuerdo en los parámetros de rendimiento que deben tener las comunicaciones de voz sobre IP de alta calidad. Inicialmente se afirmaba que la pérdida de paquetes debía ser menor del 1%. Sin embargo se fue disminuyendo este requerimiento dado que los códecs se volvieron progresivamente más sofisticados para estimar el audio en ausencia de paquetes. Actualmente la mayoría de fabricantes sugiere un rango del 1 al 5% para la pérdida de paquetes.

Un nivel adecuado de retardo es mucho más difícil de determinar. El tiempo transcurrido entre que el usuario deja de hablar y recibe una respuesta es usualmente llamado el tiempo de retorno, el cual no es molesto si es menor que 500 milisegundos, lo que significa que el retardo en una sola dirección debe ser menor que 250 milisegundos para ser aceptable.

Existen otros factores que deben ser considerados tales como el eco, que casi siempre está presente y usualmente es incrementado por el retardo. El eco es una copia del sonido producido por el usuario que retorna a su oído, si un usuario lo percibe o no es determinado principalmente por la intensidad y el retardo de la señal reflejada. En caso de que su intensidad sea alta y tenga un retardo mínimo o su intensidad sea pequeña y posea un gran retardo, el eco no será percibido. De tal manera que un eco que no era perceptible puede volverse audible al incrementarse el retardo. El retardo también puede causar pérdida de paquetes si éstos se entregan demasiado tarde como para ser reproducidos.

**Tabla 1.1: Niveles máximos aceptables**

Fabricante	Pérdida de paquetes (%)	Jitter(ms)	Retardo (ms)
Nortel	5	-	-
Cisco	1	30	150 - 200
Avaya	1	20	80

Como resultado de todas estas consideraciones, los fabricantes de equipos de Telefonía IP recomiendan niveles máximos aceptables para la pérdida de paquetes, el retardo y su variación. Debe notarse que a partir de dichos valores no es fácil determinar un nivel aceptable de la calidad del servicio dado que no se pueden interpretar como niveles específicos. Sin embargo, se puede utilizar el algoritmo especificado en la norma UIT-T G.107 para obtener el factor R y el  $MOS_{CO}$ , haciendo un mapeo directo hacia niveles específicos de calidad.

### **1.9 Indicadores cuantitativos de la calidad del servicio**

Aunque los parámetros antes mencionados describen los distintos factores que afectan a la calidad de transmisión vocal, es su efecto combinado el que conduce al nivel global de calidad de transmisión vocal percibido por el usuario. Para fines de planificación de la transmisión, el modelo E (G.107) es una herramienta de utilidad para evaluar el efecto combinado de todos los parámetros y, por ende, diferenciar entre las categorías de calidad de transmisión vocal.

El resultado fundamental del modelo E es el factor de determinación de índices de transmisión R. La tabla 1.2 contiene las definiciones de las categorías de calidad de transmisión vocal con respecto a la gama del factor de determinación de índices de transmisión R, proporcionada por la recomendación UIT-T G.107. También se incluyen descripciones de la satisfacción del usuario para cada categoría en la recomendación UIT-T G.109.

Recientemente el método del factor R (modelo E) ha sido introducido para calcular el  $MOS_{CQ}$ , el cual está basado en la pérdida de paquetes, el retardo, la variación del retardo y un estimado de la percepción del usuario, observándose una gran similitud entre los resultados del cálculo tradicional del MOS y los obtenidos mediante este método.

Es muy importante entender el principio enunciado en la recomendación G.109: El factor R es una medida de la percepción de la calidad que debe esperar el usuario cuando se comunique por medio de la conexión considerada. Así, hay que comprender la calidad como un juicio subjetivo al que no se le pueden asignar un límite exacto entre las diferentes gamas de la escala de calidad completa. Es por ello que los términos cuantitativos deben considerarse como una escala de la calidad de transmisión vocal percibida, la cual varía desde una alta calidad, pasando por valores medios, hasta una calidad baja.

**Tabla 1.2: Definición de las categorías de transmisión**

Factor R	$MOS_{CQ}$	GoB (%)	PoW (%)	Calidad de la transmisión	Satisfacción del usuario
90	4,34	97	0	Excelente	Muy satisfecho
80	4,03	89	0	Alta	Satisfecho
70	3,60	73	6	Media	Algunos insatisfechos
60	3,10	50	17	Baja	Muchos insatisfechos
50	2,58	27	38	Mediocre	Casi todos insatisfechos

Para un estudio exhaustivo de la calidad de voz se distinguen tres tipos de MOS:

- $MOS_{LQ}$  (listener quality): Sólo considera la opinión de los usuarios del servicio, sin tomar en cuenta la disminución de la calidad producida por el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes. Al ser basado en opiniones tiene carácter subjetivo.
- $MOS_{CQ}$  (call quality): Expresa la calidad de la conversación, considerando para ello no sólo las opiniones de los usuarios sino también los efectos del retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes; los cuales reducen la calidad de la conversación e implícitamente afectan la calidad de escucha (listener quality).
- $MOS_{PQ}$  (PESQ): Estima la calidad de la llamada a partir del factor R, para lograrlo utiliza el algoritmo descrito en el estándar P.862 de la UIT-T. Usa una



señal de prueba para realizar las mediciones de la calidad de voz entre los extremos finales de la comunicación.

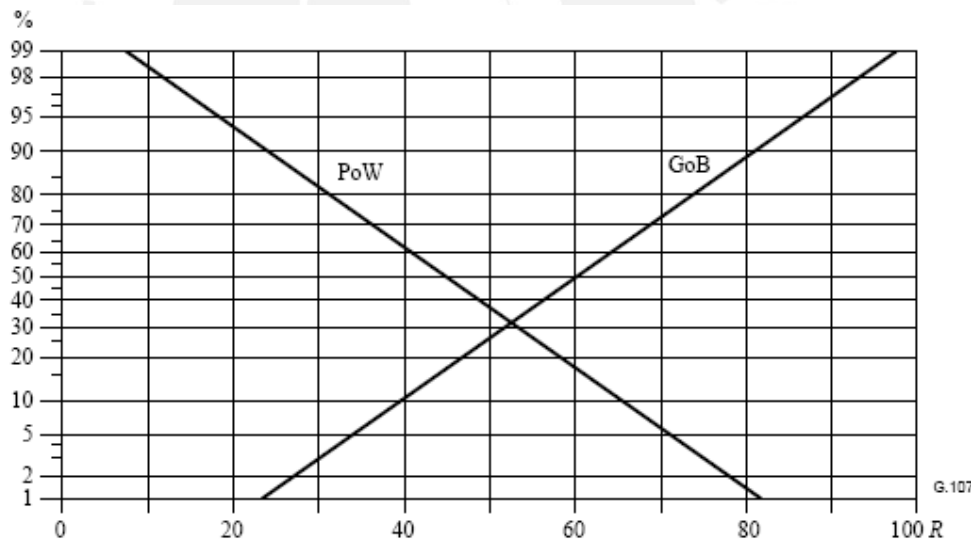
El factor de determinación de índices de transmisión R puede variar entre 0 y 100, donde R=0 representa una calidad extremadamente mala y R=100 representa una calidad muy alta. El modelo E proporciona una estimación estadística de las medidas de calidad. Los porcentajes para una estimación GoB (buena o mejor) o PoW (mediocre o peor) se obtienen a partir del factor R mediante la función de error gaussiana:

$$E(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Las expresiones de dichas estimaciones son:

$$GoB = 100E\left(\frac{R-60}{16}\right)\% \quad \text{y} \quad PoW = 100E\left(\frac{45-R}{16}\right)\%$$

Para el cálculo de estas estimaciones se almacena previamente en memoria los valores tabulados de la distribución normal estándar desde 0 hasta 4 a intervalos de 0.1 y con precisión de 4 decimales.



**Figura 1.4: Estimaciones GoB (buena o mejor) y PoW (mediocre o peor) en función del factor de determinación de índices R**

Como se mencionó anteriormente, a partir del factor R se puede obtener una estimación del MOS<sub>CQ</sub> en la escala de 1 a 5 utilizando las siguientes fórmulas:

$$MOS_{CQ} = \begin{cases} 1 & ; R < 0 \\ 1 + 0.035R + R(R-60)(100-R) \times 7.1 \times 10^{-6} & ; 0 \leq R \leq 100 \\ 4.5 & ; R > 100 \end{cases}$$

Estas fórmulas pueden ser invertidas en el intervalo  $6.5 \leq R \leq 100$ , de tal manera que el factor R puede ser calculado a partir del  $MOS_{CQ}$  usando las siguientes expresiones:

$$R = \frac{20}{3} \left( 8 - \sqrt{226} \cos \left( h + \frac{\pi}{3} \right) \right)$$

$$\text{donde: } h = \frac{1}{3} \arctan \left( \frac{15\sqrt{-903522 + 1113960MOS_{CQ} - 202500MOS_{CQ}^2}}{18566 - 6750MOS_{CQ}} \right)$$

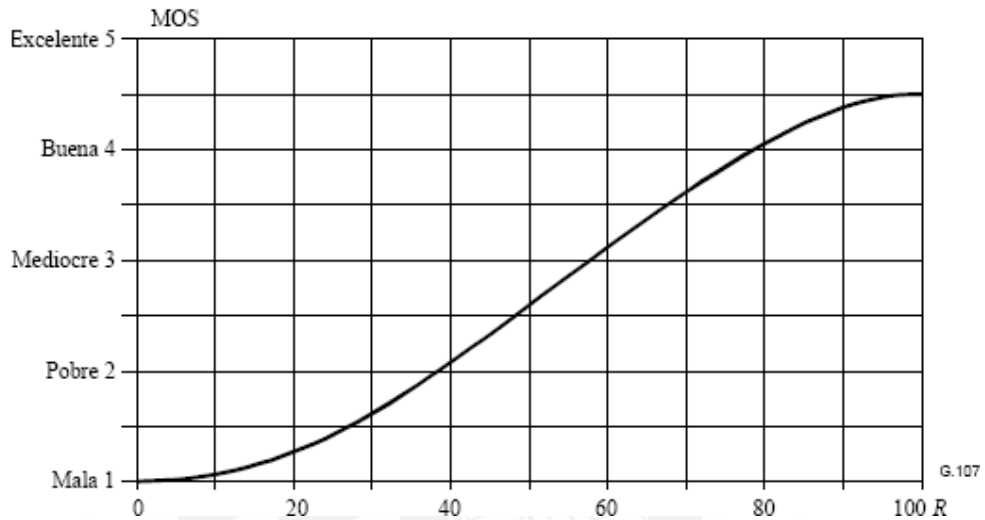


Figura 1.5:  $MOS_{CQ}$  en función del factor de determinación de índices R

### 1.10 Mejora de la calidad del servicio

La mejora de la calidad del servicio de Telefonía IP se está logrando en base a los siguientes criterios:

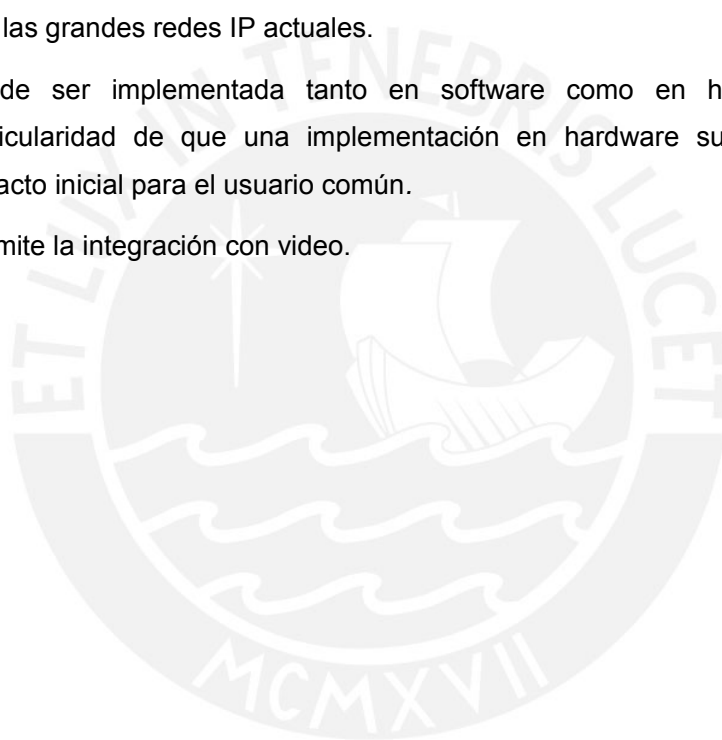
- La supresión de silencios que permite mayor eficiencia de transmisión al aprovechar mejor el ancho de banda.
- Compresión de cabeceras aplicando los estándares RTP/RTCP.
- La implantación de IPv6 que proporciona mayor capacidad de direccionamiento y la posibilidad de tunneling (transmisión mediante un protocolo de red que encapsula a otro).
- Priorización de los paquetes que requieran menor latencia usando las siguientes estrategias:
  - CQ (Custom Queuing): Asigna un porcentaje del ancho de banda disponible.
  - PQ (Priority Queuing): Establece prioridad en las colas.
  - WFQ (Weight Fair Queuing): Asigna la prioridad al tráfico de menor carga.

- DiffServ: Evita las tablas de encaminamientos intermedios y establece decisiones de rutas por paquete.

### 1.11 Ventajas

Entre las ventajas de la Telefonía IP con respecto a la telefonía tradicional, destacan las siguientes:

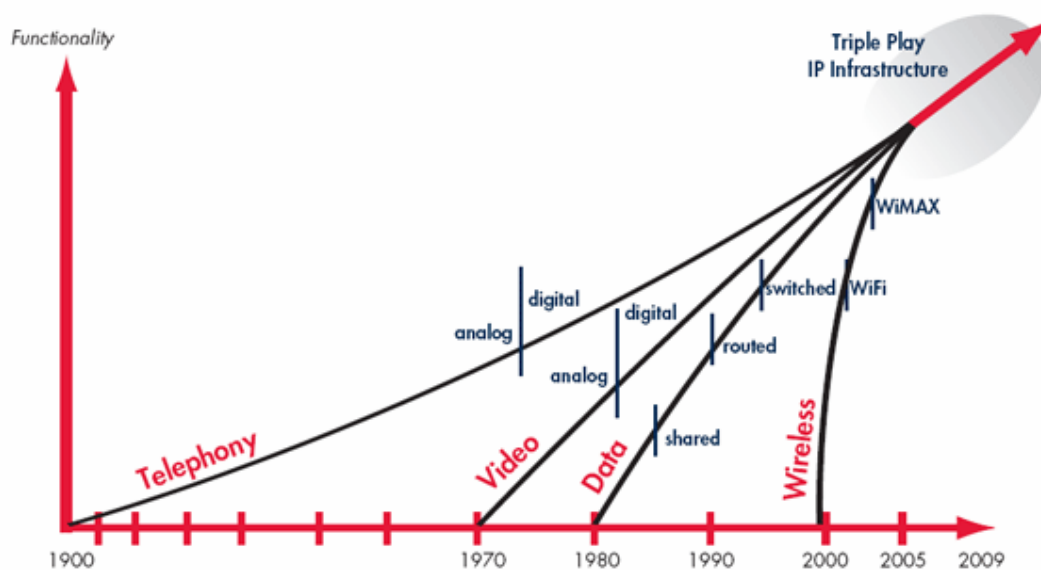
- Permite el control del tráfico de la red, por lo que se disminuyen las posibilidades de que se produzcan disminuciones significativas en el rendimiento.
- Es independiente del tipo de red física que la soporta y permite la integración con las grandes redes IP actuales.
- Puede ser implementada tanto en software como en hardware, con la particularidad de que una implementación en hardware supone eliminar el impacto inicial para el usuario común.
- Permite la integración con video.



## CAPÍTULO 2: SITUACIÓN ACTUAL DE LA TELEFONÍA IP Y SUS FORMAS DE SUPERVISIÓN

### 2.1 Crecimiento y mejoras continuas del servicio en el ámbito mundial

Según la UIT, en una sola llamada de voz por banda ancha se pueden utilizar varias tecnologías tales como la línea de abonado digital asimétrica (ADSL), Internet Protocol (IP), el modo de transferencia asíncrona (ATM) y módems de cable [17]. Para las aplicaciones de empresas que utilizan la banda ancha, las redes privadas virtuales (VPN) han generado ingresos considerables para los proveedores de servicios. Las empresas de cable también han adoptado rápidamente la Telefonía IP en algunos mercados, en particular en Estados Unidos.



**Figura 2.1: Evolución de las comunicaciones hacia la infraestructura IP**

Fuente: [http://www.ixiacom.com/about\\_us/spanish/](http://www.ixiacom.com/about_us/spanish/)

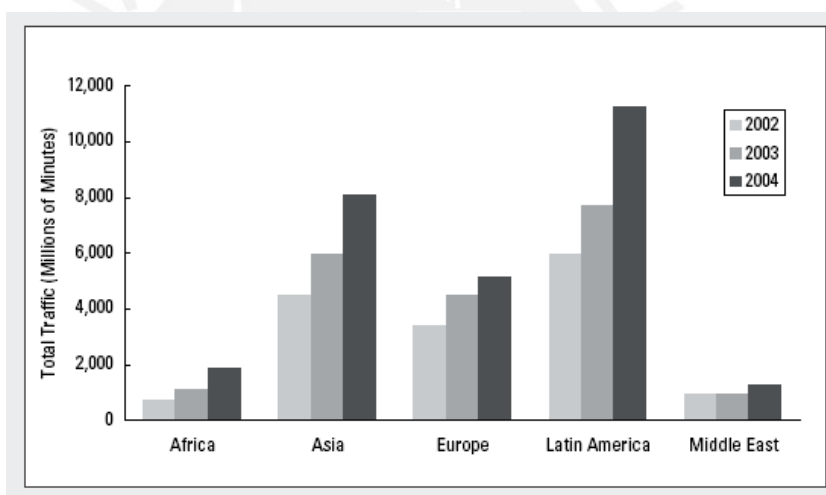
Hasta ahora, el principal obstáculo en el uso de la Telefonía IP no era el ancho de banda sino la integración de la telefonía de voz con la red de equipos y servicios de llamada cómodos (la llamada telefónica, la espera de llamada, la presentación del llamante y el correo de voz). Sin embargo varias ofertas recientes de servicios de Telefonía IP ya integran estas ventajas en equipos telefónicos tradicionales. En cuanto a la calidad de la voz, la Telefonía IP se aproxima a la telefonía tradicional de línea fija o incluso la iguala.

Muchas empresas ya han adoptado soluciones de Telefonía IP y varios proveedores de banda ancha han decidido añadir esas soluciones a sus paquetes de servicios, en algunos casos por precios muy bajos. Por ejemplo, "Yahoo BB!", ofrece llamadas gratuitas entre sus 2,4 millones de abonados en Japón, por lo que

no es sorprendente que su cantidad de abonados haya aumentado notablemente. Las llamadas fuera de la red japonesa se facturan con una tarifa plana de 0,02 dólares americanos por minuto, es decir, apenas la décima parte del precio de la misma llamada por la red de telefonía tradicional NTT (Nippon Telegraph and Telephone).

Otro caso es el de los abonados de Vonage en Estados Unidos que pagan una tarifa plana de 39,99 dólares americanos al mes para llamadas ilimitadas a todo el país y Canadá a través de su conexión de banda ancha. Yahoo BB! y Vonage están promoviendo sus servicios mediante una actividad publicitaria que probablemente acabará convenciendo a los usuarios de que la banda ancha es más rentable de lo que piensan.

El crecimiento del tráfico de voz sobre IP es un fenómeno mundial, aunque en mayor medida en América Latina, Asia y Europa tal como se puede apreciar en el siguiente gráfico:



**Figura 2.2: Tráfico de VoIP por región entre los años 2002-2004**

Fuente: <http://www.telegeography.com>

## **2.2 La Telefonía IP en la Pontificia Universidad Católica del Perú**

El 1 de julio de 2005 nuestra universidad dio un gran paso adelante en la modernización de sus procesos de gestión en comunicaciones al implementar la más innovadora solución de comunicaciones IP en el Perú que consistió en la instalación de 1500 teléfonos IP.

Esta iniciativa la coloca a la vanguardia como la primera universidad del país que cuenta con una solución de esta magnitud. Para lograr este propósito, la PUCP

eligió a Cisco Systems como proveedor tecnológico y a IBM del Perú como integrador de la solución [1].

Según el Vicerrector Académico de la PUCP, Dr. Marcial Rubio Correa, para implementar la solución de Telefonía IP se invirtió poco más de dos millones de dólares, aunque este monto no considera la infraestructura ya habilitada desde hace algunos años.

### **2.2.1 Necesidad de la integración de las comunicaciones**

Antes de implementar la solución de Telefonía IP, la universidad utilizaba una central telefónica analógica con capacidad para 487 anexos, de los cuales aproximadamente sólo quedaban 30 libres. La central contaba con 34 líneas troncales de salida y 28 de entrada. Asimismo, se habían implementado pequeñas centrales en diferentes facultades o edificios, las que se fueron instalando para satisfacer las necesidades de la nueva infraestructura. Tanto en el campus como en algunos de los locales externos habían instaladas 41 minicentrales de 6 marcas diferentes.

Adicionalmente se contaba con dos infraestructuras independientes para la atención de sus sistemas de comunicación, una para la telefonía convencional y otra para las redes de datos. Al sólo disponer de una PBX tradicional, con diversidad de centrales instaladas en diferentes ambientes y locales de la universidad, era imposible atender las necesidades básicas de comunicación que demandaban los usuarios ya que no había integración de las comunicaciones de voz y datos.

Con la red de comunicación de voz tradicional no era posible realizar transferencias de llamadas entre unidades, se requerían operadoras telefónicas en aquellas unidades que tenían una pequeña central y el servicio telefónico se congestionaba en aquellas unidades que contaban con un elevado número de personal, las cuales compartían una cantidad pequeña de anexos y líneas directas.

### **2.2.2 Camino a la optimización de las comunicaciones**

Debido a la demanda de 1500 usuarios dedicados a labores administrativas y docentes, y a la necesidad de interconectar los 6 locales principales (Campus Universitario, Plaza Francia, Instituto Riva Agüero, INIPUC Camacho, INIPUC San Isidro y Centrum) la Pontificia Universidad Católica del Perú tomó la decisión de optimizar sus comunicaciones.

En una primera etapa se procedió al planeamiento del proyecto con el objetivo de definir y programar los pasos a seguir en la instalación de los nuevos equipos, así

como la configuración necesaria para responder a los requerimientos del cliente. Tras el proceso de planeamiento se llevó a cabo la mejora de la infraestructura de datos existente, para ello se añadió un switch de core idéntico al que se tenía funcionando y se cambiaron todos los hubs por switches, algunos de los cuales fueron in line power (con capacidad de alimentar eléctricamente los teléfonos a través de la red). Paralelamente se reforzó la protección eléctrica de los gabinetes de cableado con equipos UPS. De esta manera se aseguró que la plataforma de telefonía IP fuera la más adecuada y segura.

En la segunda etapa del proyecto se procedió a la implementación de la solución en el campus de la universidad y 5 locales externos, que incluyó el reemplazo de las centrales telefónicas antiguas por un único sistema de Telefonía IP. Dicha solución consiste en:

- Un cluster de Call Managers que le brinda a la PUCP doble redundancia y configuración centralizada.
- Un sistema de Voicemail para 1000 usuarios.
- Dos switches Catalyst 6513 con velocidad de conmutación de 720 Gbps. Cada uno posee una tarjeta de 6 E1s, de tal manera que también existe redundancia de enlaces E1.
- Aproximadamente 100 switches LAN de 24 puertos 10/100 Gigabit Ethernet que0 brindan conectividad a los Teléfonos IP.
- Teléfonos IP modelos Cisco 7970, Cisco 7920, Cisco 7960, Cisco 7940, Cisco 7912, ATA 188 y VG248.
- Ocho equipos de comunicación inalámbrica para la Telefonía IP inalámbrica.
- Ocho routers para las sedes externas. Estos equipos incluyen puertos de datos, puertos de voz, recursos de conferencia y función de Telefonía IP para evitar que dichas sedes pierdan comunicación si la red de datos no está activa.

Dada la magnitud de la solución y el número de personas que tendrían acceso al nuevo sistema de telefonía, el proyecto consideró la capacitación previa a la puesta en funcionamiento del nuevo sistema de los usuarios, operadores, soporte técnico y administradores.



### **2.2.3 Beneficios obtenidos**

Las soluciones de comunicaciones IP no sólo mejoran las comunicaciones sino también la eficacia, ya que están creadas sobre una base abierta y convergente con inteligencia incorporada.

Además de estos beneficios se ha logrado una importante reducción de costos, en parte por la eliminación de gastos que ocasionaba el mantenimiento de las centrales antiguas y por el ahorro que ofrece el sistema único de cableado para datos y voz. Adicionalmente se logró centralizar las comunicaciones, lo que permite optimizar los gastos de llamadas y eliminar la duplicidad de funciones que ocasionaban las múltiples minicentrales instaladas en los distintos locales.

Por otro lado, en términos de eficiencia y eficacia, los usuarios de la nueva Telefonía IP gozan de aplicaciones que garantizan una experiencia más agradable de las comunicaciones, al mismo tiempo que les ofrecen acceso oportuno a información y recursos que les permiten aumentar su productividad. Tal es el caso de la mensajería unificada, softphone, aplicaciones XML, directorios personales, información de llamadas, entre otras funciones adicionales.

La Telefonía IP es fundamental en la optimización del servicio de atención al público. En el caso de la universidad ha permitido manejar un único número para sus diferentes áreas, de tal manera que la PUCP tiene un sólo número telefónico que permite acceder a cualquiera de los 6 locales y 1500 usuarios.

### **2.3 Formas de supervisión en la actualidad**

Al usar una red IP surge la interrogante de cómo medir y monitorear la calidad de servicio que se ofrece a los clientes. Con el aumento de la velocidad de acceso y la aparición de los servicios de banda ancha, hay asociada una expectativa del usuario final sobre las prestaciones recibidas por la red y el servicio ofrecido a las aplicaciones.

Una aproximación informal a una definición de la prestación de red es medir su velocidad, pero ésta sólo es una de las referencias. La capacidad de una red para soportar transacciones de grandes volúmenes de datos y un gran número de transacciones simultáneas también es parte de las prestaciones de la red. Además deben considerarse los parámetros de las aplicaciones interactivas.

De tal manera que es posible hacer una predicción razonable en relación a la prestación de la red si conocemos el retardo y su variación, el ancho de banda disponible y la pérdida de paquetes.



Luego de la identificación de estos indicadores de prestaciones, el siguiente paso es determinar cómo pueden ser medidos e interpretados. En este punto es útil recurrir a las herramientas de medición disponibles actualmente y examinar su capacidad de brindar mediciones útiles.

En general, los esquemas convencionales para medir la calidad de servicio y las prestaciones de la red se clasifican en dos tipos: técnicas activas y técnicas pasivas. Desafortunadamente ambos tipos de técnicas tienen sus desventajas.

### **2.3.1 Técnicas activas**

Prueban directamente las propiedades de la red generando el tráfico necesario para realizar la medición, lo que permite utilizar métodos de análisis mucho más directos pero presenta el inconveniente de que el tráfico introducido puede tener un impacto negativo en las prestaciones recibidas por otros tipos de tráfico.

Existen varios métodos activos para medir las prestaciones de red tales como el ancho de banda disponible, el retardo y la pérdida de paquetes. Al monitorear la calidad del servicio del flujo de paquetes de prueba para determinar la calidad del servicio de la red, se asume implícitamente que ambas son iguales, lo que no siempre es cierto. A continuación se analizan algunas de las desventajas de este tipo de técnicas:

#### **2.3.1.1 Usando un flujo de paquetes de prueba**

- El flujo de paquetes de prueba produce una cantidad de tráfico extra no despreciable en la red y esto afecta a la calidad del servicio y a las prestaciones.
- La calidad del servicio obtenida de los paquetes de pruebas no es igual a la obtenida sin la influencia del flujo de paquetes de prueba.

#### **2.3.1.2 Usando pequeños paquetes de prueba**

- El tráfico extra puede ser despreciable, pero en general la calidad del servicio y prestaciones obtenidas con los paquetes de prueba no son iguales a las experimentadas por los usuarios.
- Pueden ser catalogados como tráfico hostil. Por ejemplo, algunos routers rechazan tráfico ICMP o limitan su tasa para evitar un ataque del tipo spoofing.

### **2.3.2 Técnicas pasivas**

Dependen completamente de la presencia del tráfico apropiado en la red bajo estudio y tienen la considerable ventaja de que pueden ser realizadas sin afectar al tráfico de la red durante el período de medición. Sin embargo, puede ser mucho más difícil o imposible extraer parte de la información deseada a partir de los datos disponibles. Se clasifican en dos tipos:

#### **2.3.2.1 Supervisión en un punto**

Al recibir un segmento TCP desde una fuente se transmite un paquete de asentimiento para dicho segmento. De tal manera que al monitorear este par de paquetes en un punto de la red se puede medir el retardo de viaje entre ambos puntos, así como la cantidad de paquetes perdidos. Para monitorear flujos de paquetes sin asentimiento de llegada, como es el caso de la Telefonía IP, la medida del retardo de viaje se basa en las marcas de tiempo y los parámetros específicos de la red (tamaño de la red, protocolo de señalización y códec utilizados).

#### **2.3.2.2 Supervisión en dos puntos**

Requiere de dos dispositivos de medición desplegados en los puntos de acceso y salida de la red. Dichos dispositivos toman paquetes de datos de forma secuencial y así los parámetros de prestaciones de la red pueden ser calculados comparando los datos de los correspondientes paquetes tomados en cada punto. Para lograrlo se debe considerar lo siguiente:

- Los dispositivos deben estar sincronizados.
- Identificación de cada paquete por su cabecera o contenido. Este proceso de identificación puede ser extremadamente difícil cuando el volumen de paquetes es muy grande.
- Se debe capturar todos los paquetes de datos para identificar los paquetes monitoreados. Este proceso requiere consumo de ancho de banda no despreciable.

### **2.4 Herramientas de medición activa**

#### **2.4.1 Ping**

La palabra ping (Packet Internet Grouper), procede de la operación de sonar empleada para localizar un objeto submarino. Es la más sencilla de todas las aplicaciones TCP/IP: Envía uno o más datagramas a un host destino, solicita una respuesta y mide el tiempo de retorno. Ping usa los mensajes eco (Echo Request) y

respuesta al eco (Echo Reply) de ICMP. No es necesario un servidor separado para responder a los pings dado que se requiere ICMP en cada implementación de TCP/IP.

Anteriormente se podía hacer un ping a un host pero con la evolución de las medidas de seguridad en Internet. Esto ha dejado de ser estrictamente cierto, ya que los firewalls controlan el acceso a redes a través del protocolo de aplicación o el número de puerto. Aún así, la primera prueba para comprobar la conectividad con un host es intentar hacerle un ping.

El RTT (Round Trip Time) es calculado como la diferencia entre el tiempo que el echo request es enviado y el de la correspondiente respuesta recibida por la aplicación ping. Una variación de este método es construir un paquete request ICMP, el cual contiene tres marcas de tiempo: origen, recibida y transmitida. Si los hosts implicados tienen los relojes sincronizados, el retardo del camino directo puede ser calculado usando las marcas de tiempo origen y recibida. El retardo del camino de retorno puede ser calculado usando la marca de tiempo transmitida contenida en el paquete respuesta y el tiempo en el que el paquete respuesta llega al transmisor [11].

Cabe destacar que pueden producirse algunos resultados anómalos debido a los bloqueos para acceder al servidor o tener limitada la tasa de acceso para evitar problemas de seguridad. Debido a este inconveniente es necesario comprobar las medidas del RTT con otras basadas en TCP.

Una herramienta equivalente a ping en la capa de transporte es echoping [5], que prueba los host remotos conectándose al servicio echo. Es capaz de probar conexiones UDP y TCP y además puede emitir una petición HTTP para probar la disponibilidad de un servidor web. Dado que el servicio echo es una implementación del nivel de aplicación, algunos retardos extra se introducen en los tiempos de respuesta.

#### **2.4.2 IPMP**

Actualmente no hay una forma apropiada para realizar medidas en Internet que dividan el retardo en las componentes referidas a las diferentes partes de la red y sus usuarios, por lo que se ha propuesto al protocolo IPMP (IP Measurement Protocol), el cual permite a los dispositivos de Internet insertar marcas de tiempo en los datos según pasan por la red, creando una forma de supervisión para los datos de Internet [10]. Este seguimiento es medido en milésimas de segundo y debe ser

creado a una velocidad que permita que los paquetes que circulan a través de la red sean procesados adecuadamente.

Se espera que este protocolo brinde a los distintos usuarios, operadores de red y proveedores del servicio de Internet un lenguaje común con el que puedan comunicar los asuntos referidos a las prestaciones y competir entre ellos. El protocolo IPMP está basado en el intercambio de paquetes echo request y echo reply para medir el retardo de los paquetes y las métricas asociadas, usando técnicas similares a las que ping usa con las propiedades de ICMP. El paquete echo reply ha sido diseñado para que un host remoto pueda construirlo con muy pocas modificaciones respecto al echo request.

La mayor diferencia entre IPMP y otros protocolos basados en echo es la introducción del campo IPMP path record, el cual requiere 12 bytes de datos para ser almacenado en el paquete IPMP. Sus primeros 4 bytes representan la dirección IP de la interfaz de red que recibió el paquete IPMP y sus últimos 8 bytes son una marca de tiempo (los primeros 4 bytes son la parte entera y los 4 últimos la fracción).

Además de la habilidad de inferir el retardo extremo a extremo usando las marcas de tiempo, los paquetes echo request pueden ser usados para deducir la longitud del camino en número de saltos para cada dirección y el retardo de transmisión (one way delay) en caso de que el host destino inserte un path record al responder a un echo request.

### **2.4.3 Traceroute**

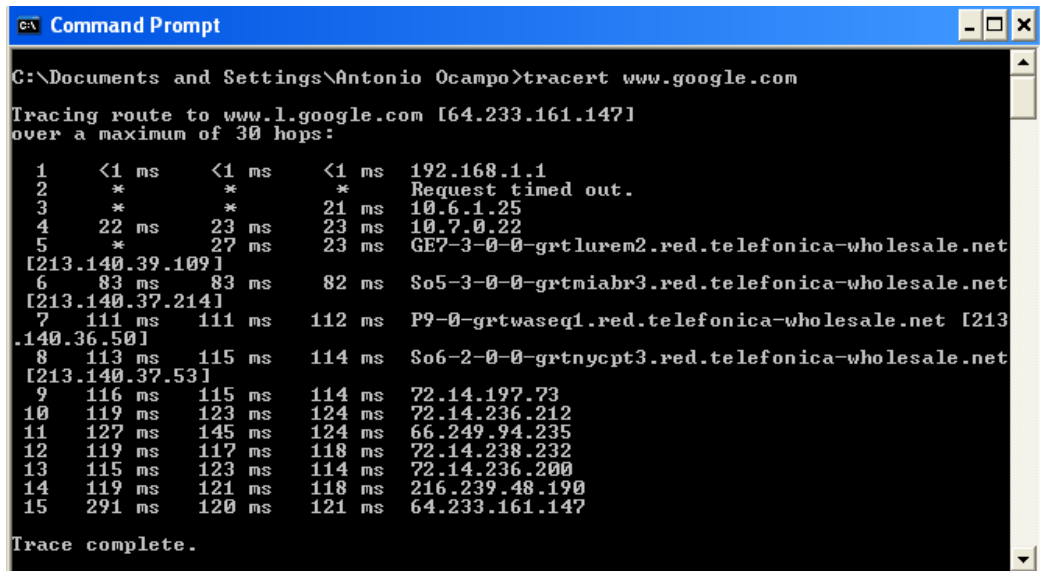
Es una herramienta que combina dos características de los protocolos que hacen posible Internet: TTL (Time to Live) e ICMP (Internet Control Message Protocol).

Para proteger a Internet del efecto de paquetes atrapados en ciclos de enrutamiento, los diseñadores de TCP/IP dotaron a cada datagrama IP de un contador al que denominaron TTL, el cual es un número que indica el máximo número de saltos que puede dar un datagrama antes de ser descartado por la red. Cuando se introduce un datagrama IP a la red, el campo TTL es poblado con el número máximo de saltos que define la vida de ese datagrama. Cada router por el que transita el datagrama resta uno a este número y cuando éste llega a cero, el datagrama es descartado.

Por su parte, los paquetes ICMP informan de distintos eventos: que un enlace o dispositivo está congestionado, que se escogió un camino no óptimo para enviar un

paquete, que no se puede acceder a un sitio en particular y que se excedió la vida útil del paquete, el cual es particularmente útil para traceroute.

Combinando estas dos herramientas, traceroute permite construir un mapa de la red de acuerdo como es vista desde un nodo en particular. La siguiente figura muestra los saltos que debe dar un paquete para recorrer el camino desde un host casero hasta www.google.com. La cantidad de saltos puede dar una idea de la complejidad de la red.



```

c:\ Command Prompt
C:\Documents and Settings\Antonio Ocampo>tracert www.google.com
Tracing route to www.l.google.com [64.233.161.147]
over a maximum of 30 hops:
  0  <1 ms    <1 ms    <1 ms    192.168.1.1
  1  *         *         *         Request timed out.
  2  *         *         *         21 ms    10.6.1.25
  3  22 ms    23 ms    23 ms    10.7.0.22
  4  *         *         *         GE7-3-0-0-grtluren2.red.telefonica-wholesale.net
    [213.140.39.109]
  5  83 ms    83 ms    82 ms    So5-3-0-0-grtmiabr3.red.telefonica-wholesale.net
    [213.140.37.214]
  6  111 ms   111 ms   112 ms   P9-0-grtwaseq1.red.telefonica-wholesale.net [213
    .140.36.50]
  7  113 ms   115 ms   114 ms   So6-2-0-0-grtnycpt3.red.telefonica-wholesale.net
    [213.140.37.53]
  8  116 ms   115 ms   114 ms   72.14.197.73
  9  119 ms   123 ms   124 ms   72.14.236.212
 10  127 ms   145 ms   124 ms   66.249.94.235
 11  119 ms   117 ms   118 ms   72.14.238.232
 12  115 ms   123 ms   114 ms   72.14.236.200
 13  119 ms   121 ms   118 ms   216.239.48.190
 14  291 ms   120 ms   121 ms   64.233.161.147
Trace complete.
    
```

**Figura 2.3: Ejecución de traceroute en una computadora casera**

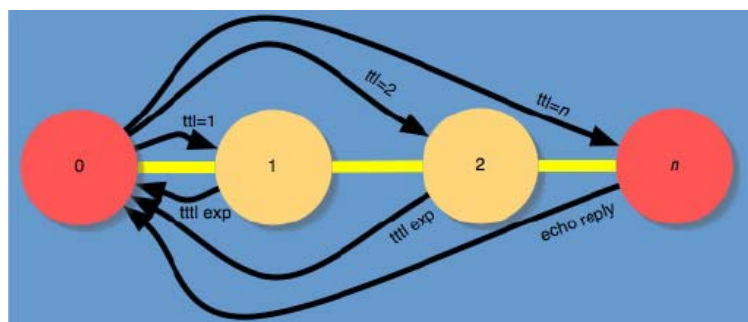
La dirección del recorrido es muy importante porque en Internet no necesariamente el camino de ida es igual al de regreso. Para cada salto, que traceroute numera en la primera columna, se envían tres paquetes (UDP) con un TTL que se va incrementando progresivamente.

El nombre del nodo que responde, bien sea indicando que se llegó al destino o que el paquete expiró en tránsito, se muestra junto a los tiempos transcurridos entre el envío del paquete y la recepción de la respuesta. Eso da una idea de la condición de la red en ese salto o en alguno de los anteriores.

La figura 2.4 permite apreciar con mayor claridad el funcionamiento de esta herramienta. En el primer salto hacia el nodo 1, traceroute pone el valor TTL en 1 y envía el paquete hacia el nodo de destino. Cuando el nodo 1 decrementa el valor del TTL y obtiene un cero, devuelve al nodo de origen un mensaje de error que dice que el TTL expiró mientras el paquete iba en tránsito. Este proceso se repite varias veces y los tiempos se registran.



Para el siguiente salto, traceroute aumenta en uno el valor del TTL y lo envía nuevamente hacia su destino. El nodo 1 decrementa el valor del TTL a uno y pasa el paquete hacia el nodo 2. El nodo 2 recibe el paquete con TTL uno y al disminuirlo obtiene un TTL cero, enviando el correspondiente mensaje de error hacia el nodo de origen. Este proceso se va repitiendo con valores progresivamente más grandes de TTL, para ir encontrando los saltos cada vez más lejanos o hasta llegar a un TTL muy grande. Típicamente su valor máximo es 30 aunque puede ser hasta 255.



**Figura 2.4: Funcionamiento de traceroute**

Pathchar es una herramienta que usa el mismo mecanismo que traceroute, sin embargo fue diseñada para un propósito diferente. Estima las prestaciones de cada host a lo largo de un camino desde una fuente a un destino mediante el envío de paquetes UDP de distintos tamaños a cada router incrementando el TTL y recogiendo información de cada salto de forma incremental. Usando el conocimiento de los anteriores saltos y la distribución del RTT en este salto, estima el ancho de banda, el retardo, la cantidad de paquetes perdidos y las características de la cola en este salto.

Sin embargo, como Pathchar realiza mucho esfuerzo para caracterizar el camino de forma muy precisa, tiene las desventajas de tardar mucho en ejecutarse y alterar el estado de la red al introducir muchos paquetes de prueba. Es por estos motivos que no es muy popular.

#### **2.4.4 Netperf**

Herramienta que puede ser usada para medir varios aspectos de las prestaciones de las redes. Realiza pruebas para obtener el throughput unidireccional y el retardo de viaje (round trip time). Usa tanto TCP como UDP sobre la ampliamente aceptada interfaz socket de Berkeley. Consiste de dos partes ejecutables: Netserver que actúa como la parte servidora y Netperf como la parte cliente.

Al ejecutar Netperf se establece una conexión TCP entre los dos host para negociar los parámetros de configuración de la prueba, durante la cual el canal de control

está activo pero no se usa. La medida de prestaciones del flujo suele ser determinada por la máxima tasa de transferencia de un flujo TCP o UDP dados, que se calcula dividiendo los bytes transmitidos entre el tiempo transcurrido.

#### **2.4.5 SNMP**

SNMP (Simple Network Management Protocol) es el protocolo definido por los comités técnicos de Internet para ser utilizado como una herramienta de gestión de los distintos dispositivos de cualquier red. El funcionamiento de SNMP es sencillo aunque su implementación es muy compleja. Utiliza la capa de transporte de TCP/IP mediante el envío de datagramas UDP, sin embargo el hecho de usar UDP hace que el protocolo no sea fiable.

Se basa en un conjunto de agentes, cada uno de los cuales es un elemento de la red que ofrece determinadas variables al exterior para que sean leídas o modificadas. Asimismo, un agente puede enviar alertas a otros agentes para avisar que sucedió un evento, al agente encargado de recibir estos eventos se le denomina gestor.

Su esquema es sencillo, sin embargo su complejidad se incrementa al momento de definir las variables y su formato. Las variables ofrecidas para consulta por los agentes SNMP se definen a través de una MIB (Management Information Base o Base de Información de Gestión) que determina la información ofrecida por un dispositivo SNMP y su representación. La MIB actual es MIB-II definida en el RFC 1213, aunque hay múltiples extensiones definidas en otros RFCs. Cada agente SNMP ofrece información dentro de una MIB, tanto de la general como de aquellas extensiones de cada uno de los fabricantes. Así, los fabricantes de routers han extendido las MIBs estándar incluyendo información específica de sus equipos.

Con SNMP se puede monitorear el estado de un enlace punto a punto para detectar su congestión y tomar las medidas oportunas, asimismo hace posible que una impresora alerte al administrador cuando no tiene papel o que un servidor envíe una alerta cuando la carga de su sistema incrementa significativamente. SNMP también permite la modificación remota de la configuración de dispositivos, de tal forma que se pueden modificar las direcciones IP de un ordenador a través de su agente SNMP o ejecutar comandos si el agente ofrece las funcionalidades necesarias.

El retardo en las colas es un desafío en SNMP por su medida basada en polling. Teóricamente, el sistema de polling podría usar una rápida secuencia para interrogar a la cola de salida y estimar su retardo basándose en el tamaño medio del paquete y la capacidad disponible de salida. Para dicha metodología de

medición se asume una simple cola FIFO (primero en entrar primero en salir), un tamaño de la cola que varía lentamente con el tiempo y enlaces lentos, lo cual se cumple en muy pocas oportunidades en las redes IP. Al aumentar la velocidad del enlace, el tamaño de la cola puede oscilar con relativa alta frecuencia en función del número, capacidad de los sistemas de entrada y la capacidad de los sistemas de salida. Debido a lo anteriormente descrito, el retardo de las colas no se puede medir fácilmente usando elementos que usan polling.

#### **2.4.6 One Way Delay Protocol**

El grupo IPPM (IP Performance Metrics) ha publicado varios RFC que definen las bases de trabajo para medir las prestaciones de las redes. Este grupo está muy adelantado en el desarrollo del protocolo OWDP (One Way Delay Measurement Protocol), el cual está siendo construido teniendo como base el RFC 2679 [10].

La especificación OWDP provee un mecanismo para medir el retardo de los paquetes utilizando paquetes UDP de prueba. Además, describe un mecanismo para controlar una sesión de medición entre dos host con una conexión TCP, para negociar los puertos UDP implicados en la medición del retardo y para encriptar los datos de los paquetes de medición para protegerlos contra manipulaciones.

### **2.5 Herramientas de medición pasiva**

#### **2.5.1 Netflow e IPFIX**

Netflow es una tecnología desarrollada por Cisco Systems en 1996 que permite mejorar la capacidad de encaminamiento de sus routers [3]. Siguiendo la filosofía “enrutar una vez, conmutar muchas veces”, identifica los flujos establecidos entre computadoras con el fin de agilizar el enrutamiento de futuros paquetes IP. Para un router, un flujo de datos está constituido por un conjunto de paquetes IP con una misma combinación de atributos (direcciones, puertos origen y destino, tipo de protocolo de transporte, tipo de servicio e interfaz de entrada) en un intervalo de tiempo. Cuando se detecta un nuevo flujo, Netflow guarda en la memoria interna la correspondencia entre el flujo y su interfaz de salida, de tal manera que para posteriores paquetes hace una consulta a sus tablas de enrutamiento, ahorrando valiosos ciclos de CPU. Precisamente esta capacidad de los dispositivos de enrutamiento puede ser aprovechada para medir y caracterizar el tráfico que atraviesa el router en tiempo real, obteniendo así la calidad del servicio.

Mediante el empleo de técnicas pasivas de análisis como IPFIX se puede disponer de una arquitectura no intrusiva e interoperable para calcular métricas de la calidad de servicio. El hecho de ser un método pasivo permite disponer de numerosos



puntos de medida sin que el tráfico de datos se vea afectado, mientras que el hecho de ser interoperable contribuye a que diversos operadores puedan colaborar entre sí para recabar información relacionada con los enlaces y el tráfico intercambiado.

Otra propiedad inherente a las técnicas de análisis basadas en flujos (IPFIX) es la de caracterizar el tipo de tráfico cursado por los usuarios finales, lo cual facilita el desarrollo de metodologías de estimación de la calidad de servicio orientadas a la percepción de los servicios de red por parte del usuario.

Un posible método de estimación del retardo de transmisión consiste en disponer de dos o más dispositivos IPFIX, normalmente routers, sincronizados mediante sistemas GPS con precisión de nanosegundos o mediante NTP (Network Time Protocol) con precisión de milisegundos. De este modo es posible inferir el tiempo transcurrido entre el primer punto de medida y el último, definiendo así un estimador directo del retardo de transmisión. Mediante técnicas de análisis de flujos también es factible definir estimadores aproximados que cuantifiquen la variación del retardo.

### **2.5.2 Monitoreo de paquetes**

Un monitor de paquetes recoge copias de forma pasiva de todos los paquetes que atraviesan un enlace y almacena información a nivel IP, TCP/UDP o aplicación. Para recoger copias de los paquetes se requiere de un método eficiente para capturarlos desde un enlace de la red, lo cual es relativamente fácil en redes de área local que consisten de un medio compartido como Ethernet, un anillo FDDI o una red inalámbrica.

El monitoreo de paquetes es un método efectivo para adquirir una información muy precisa sobre el tráfico que circula por la red. Se puede implementar con una computadora ordinaria conectada a la LAN mediante una interfaz de red configurada en modo promiscuo para hacer una copia local de todos los paquetes que circulan por la red. Colocar puntos de medición en el backbone de la red es más difícil porque está formado por routers conectados mediante enlaces punto a punto de alta velocidad.

Copiar y analizar todos los paquetes que circulan por el enlace es muy costoso en cuanto a capacidad de almacenamiento se refiere, especialmente en redes de gran ancho de banda. Por ello es imprescindible disminuir la carga de procesamiento y el volumen de los datos, para ello se filtra el tráfico de interés y sólo se almacenan algunos bytes de los paquetes, por ejemplo las cabeceras.

Los monitores basados en PCs son muy comunes en los entornos LAN y muchos de ellos ejecutan el conocido programa tcpdump que está basado en la librería libpcap [15]. Este programa permite analizar las prestaciones recibidas por los usuarios ya que permite filtrar, por ejemplo, conexiones TCP y obtener las marcas de tiempo para calcular los retardos, el throughput, entre otros indicadores de rendimiento. Otro famoso programa para la captura, filtrado y análisis de tráfico, también basado en la librería libpcap, es Ethereal [6], el cual posee una interfaz más gráfica que tcpdump.

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.168.1.5	200.48.225.130	DNS	standard query A www.google.com.pe
2	0.038317	200.48.225.130	192.168.1.5	DNS	standard query response CNAME www.google.com CNAME
3	0.128404	192.168.1.5	216.239.37.104	TCP	1527 > http [SYN] Seq=0 Len=0 MSS=1460
4	0.244337	216.239.37.104	192.168.1.5	TCP	http > 1527 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=8190 Len=0 M
5	0.244423	192.168.1.5	216.239.37.104	TCP	1527 > http [ACK] Seq=1 Ack=1 win=65535 Len=0
6	0.264547	192.168.1.5	216.239.37.104	HTTP	GET / HTTP/1.1
7	0.398336	216.239.37.104	192.168.1.5	TCP	http > 1527 [ACK] Seq=1 Ack=299 win=6432 Len=0
8	0.402305	216.239.37.104	192.168.1.5	TCP	[TCP Window Update] http > 1527 [ACK] Seq=1 Ack=299
9	0.462562	216.239.37.104	192.168.1.5	TCP	[TCP segment of a reassembled PDU]
10	0.462782	192.168.1.5	216.239.37.104	TCP	1527 > http [ACK] Seq=299 Ack=1413 win=65535 Len=0
11	0.522571	216.239.37.104	192.168.1.5	TCP	[TCP segment of a reassembled PDU]
12	0.522782	192.168.1.5	216.239.37.104	TCP	1527 > http [ACK] Seq=299 Ack=2825 win=65535 Len=0
13	0.582575	216.239.37.104	192.168.1.5	TCP	[TCP segment of a reassembled PDU]
14	0.582800	192.168.1.5	216.239.37.104	TCP	1527 > http [ACK] Seq=299 Ack=4237 win=65535 Len=0
15	0.586343	216.239.37.104	192.168.1.5	TCP	[TCP segment of a reassembled PDU]
16	0.728338	192.168.1.5	216.239.37.104	TCP	1527 > http [ACK] Seq=299 Ack=4249 win=65523 Len=0

[+] Frame 1 (77 bytes on wire, 77 bytes captured)	
[+] Ethernet II, Src: Elitegra_27:68:5e (00:16:ec:27:68:5e), Dst: XaviTech_62:1b:2a (00:01:38:62:1b:2a)	
[+] Internet Protocol, Src: 192.168.1.5 (192.168.1.5), Dst: 200.48.225.130 (200.48.225.130)	
[+] User Datagram Protocol, Src Port: 1064 (1064), Dst Port: domain (53)	
[+] Domain Name System (query)	

**Figura 2.5: Captura de paquetes con Ethereal**

Otras herramientas de supervisión de uso específico son Optiview Protocol Expert y Link Analyzer de Fluye, las cuales cuantifican la calidad de la red de Telefonía IP y descubren sus distintos problemas. Sus principales atributos son brindar un conjunto de mediciones relacionadas al protocolo RTP y al establecimiento de llamadas: almacena un registro de llamadas con los identificadores (dirección IP, número telefónico u otros indicadores) del que realiza y responde la llamada, realiza estadísticas diversas y determina la calidad de la comunicación. Los principales factores de rendimiento (el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes) son medidos y almacenados para ser comparados luego de modificar algunos de los parámetros de la red. Toda esta información puede ser graficada y exportada a una base de datos [8].

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE SUPERVISOR**

#### **3.1 Objetivos**

##### **3.1.1 Objetivo general**

Diseñar e implementar un software supervisor del tráfico de voz de la red de Telefonía IP de la Pontificia Universidad Católica del Perú para conocer su nivel de calidad, de tal manera que se aproveche al máximo las características de la red y se incremente la satisfacción de los usuarios.

##### **3.1.2 Objetivos específicos**

- Calcular los principales parámetros de la calidad de voz de la red de Telefonía IP de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Lograr que la interfaz del software sea amigable, de tal manera que sea fácil de manejar para sus futuros usuarios y la presentación de resultados sea de acuerdo a sus necesidades.
- Ser fácilmente portable a otras arquitecturas y sistemas operativos.
- Ser extensible, de tal manera que se pueda incorporar nuevos parámetros de medición.
- Servir como piloto para la implementación de un software supervisor del tráfico de voz en caso de desplegarse una red de Telefonía IP de mayor cobertura, por ejemplo para la ciudad de Lima.

##### **3.2. Universo y muestra**

El universo está formado por todas las redes de Telefonía IP a nivel mundial. La muestra utilizada fue la red de Telefonía IP de la Pontificia Universidad Católica del Perú porque era factible el acceso a la misma.

##### **3.3 Modelo teórico**

Para diseñar el software planteado es necesario conocer los parámetros de rendimiento de una red de Telefonía IP tales como los distintos tipos de retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes; así como la influencia que tienen los códecs, los protocolos y la arquitectura de red (terminales, gatekeepers y gateways) sobre dichos parámetros.

Con el fin de implementar el diseño realizado se deben tener conocimientos de la pila de protocolos TCP/IP, Telefonía IP, programación estructurada, programación orientada a objetos y sistemas operativos.

Para corroborar la validez de los indicadores de calidad obtenidos se planteó compararlos con las estadísticas realizadas anteriormente en la Dirección de Informática, pero luego de una entrevista con el Jefe de la Oficina de Soporte Informático se supo que no sólo éstas no existían sino que se carecía de un software supervisor del tráfico de voz de la red de Telefonía IP. Debido a este inconveniente sólo fue posible validar los resultados de la captura de paquetes comparándolos con los obtenidos por un conocido software de análisis de tráfico.

### **3.4 Metodología de diseño**

El software implementado en la presente tesis debe ser lo suficiente eficiente para analizar una gran cantidad de paquetes y consumir muy pocos recursos computacionales. Para lograrlo se necesita una interfaz de software para manipular la configuración de la tarjeta de red, un lenguaje de programación potente y portable (independiente de la plataforma) para desarrollar los cálculos y otro lenguaje de programación que le brinde al usuario un entorno gráfico amigable y genere los reportes de los resultados obtenidos.

Dado que la solución planteada será una alternativa más en el mercado, se debe lograr que los resultados obtenidos sean mejores o parecidos a los de software con similares características, si además de esto logramos que su costo de desarrollo sea bajo se habrá obtenido un producto muy competitivo, el cual se convertiría en una de las mejores opciones actuales. Para el desarrollo del software se utilizó el enfoque de ingeniería de software denominado Extreme Programming [7].

### **3.5 Etapas de desarrollo**

#### **3.5.1 Análisis de la Telefonía IP**

- Estudio de los procesos de la Telefonía IP.
- Análisis detallado de los problemas que disminuyen la calidad de voz de una red de Telefonía IP.
- Identificación de los indicadores de calidad de la Telefonía IP.
- Análisis de los requerimientos y variables a monitorear.

### **3.5.2 Investigación sobre las aplicaciones existentes**

- Revisión de la documentación de las aplicaciones supervisoras de tráfico en redes IP.
- Identificación de las fortalezas y debilidades de las referidas aplicaciones.

### **3.5.3 Análisis de la aplicación**

- Definición de los objetivos de la solución.
- Definición del modelo teórico.
- Definición de las herramientas y equipos de desarrollo, e identificación del servidor donde se instalará la aplicación.
- Modelamiento del proceso de supervisión del tráfico, elaboración de los diagramas de flujo del proceso e identificación de los principales parámetros de los módulos a desarrollarse.

### **3.5.4 Implementación de la solución**

- Desarrollo, pruebas y correcciones de los siguientes módulos:
  - Reconocimiento, elección y configuración de la tarjeta de red.
  - Captura y almacenamiento de los paquetes.
  - Interpretación de los paquetes.
  - Cálculo de los factores de calidad: retardo, variación del retardo y pérdida de paquetes.
  - Cálculo del factor R,  $MOS_{CQ}$ , GoB y PoW.
- Desarrollo, pruebas y correcciones de la interfaz de usuario.
- Desarrollo, pruebas y correcciones del módulo de presentación de resultados.
- Integración de la interfaz de usuario con todos los módulos desarrollados.

### **3.5.5 Puesta en marcha**

- Validación del software implementado comparando los resultados de la captura de paquetes con los obtenidos por otro software de análisis de tráfico.
- Pruebas del software.
- Análisis de los resultados obtenidos.
- Elaboración del programa de instalación.
- Elaboración de la documentación del software.

### 3.6 Calendario de actividades

Actividad	Duración (días)
<b>Software supervisor del tráfico de voz de la red de Telefonía IP de la Pontificia Universidad Católica del Perú</b>	<b>125</b>
<b>Análisis de la Telefonía IP</b>	<b>18</b>
Estudio de los procesos de la Telefonía IP.	3
Análisis detallado de los problemas que disminuyen la calidad de voz de una red de Telefonía IP.	6
Identificación de los indicadores de calidad de la Telefonía IP.	6
Análisis de los requerimientos y variables a monitorear.	3
<b>Investigación sobre las aplicaciones existentes</b>	<b>20</b>
Revisión de la documentación de las aplicaciones supervisoras de tráfico en redes IP.	10
Identificación de las fortalezas y debilidades de las referidas aplicaciones.	10
<b>Análisis de la aplicación</b>	<b>30</b>
Definición de los objetivos de la solución.	3
Definición del modelo teórico.	2
Definición de las herramientas y equipos de desarrollo, e identificación del servidor donde se instalará la aplicación.	10
Modelamiento del proceso de supervisión del tráfico, elaboración de los diagramas de flujo del proceso e identificación de los principales parámetros de los módulos a desarrollarse.	15
<b>Implementación de la solución</b>	<b>45</b>
Desarrollo, pruebas y correcciones del módulo de reconocimiento, elección y configuración de la tarjeta de red.	5
Desarrollo, pruebas y correcciones del módulo de captura y almacenamiento de los paquetes.	5
Desarrollo, pruebas y correcciones del módulo de interpretación de los paquetes.	5
Desarrollo, pruebas y correcciones del módulo de cálculo de los factores de calidad: retardo, variación del retardo y pérdida de paquetes.	5
Desarrollo, pruebas y correcciones del módulo de cálculo del factor R, MOS <sub>CQ</sub> , GoB y PoW.	5
Desarrollo, pruebas y correcciones de la interfaz de usuario.	10
Desarrollo, pruebas y correcciones del módulo de presentación de resultados.	5
Integración de la interfaz de usuario con todos los módulos desarrollados.	5
<b>Puesta en marcha</b>	<b>12</b>
Validación del software implementado comparando sus resultados con los obtenidos por otro software de análisis de tráfico.	3
Análisis de los resultados obtenidos.	3



Elaboración del programa de instalación	2
Elaboración de la documentación del software.	4
Manual de usuario.	2
Manual de instalación.	2

### 3.7 Herramientas de desarrollo

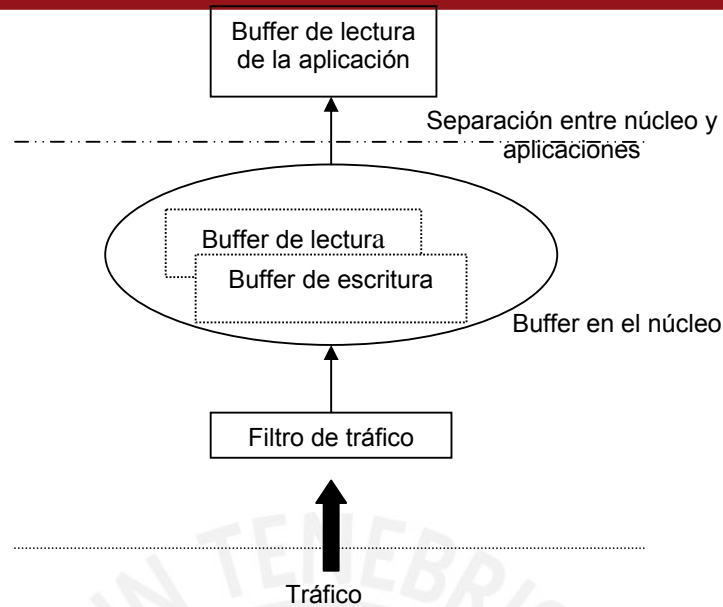
#### 3.7.1 Libpcap

La librería libpcap ofrece una interfaz portable de alto nivel para la captura de tráfico mediante una API (Application Programming Interface) en lenguaje C y se distribuye con licencia GNU. Libpcap se considera el estándar dentro de la captura de tráfico a nivel 2 de la capa OSI ya que es la única librería multiplataforma disponible para la mayoría de sistemas operativos. La versión actual de esta librería es la 3.1.

Libpcap ofrece un interfaz de alto nivel que permite al programador no complicarse con los detalles del proceso de captura específicos de cada sistema. Las prestaciones que se consiguen dependen directamente del sistema operativo y del mecanismo de captura sobre el que se está ejecutando.

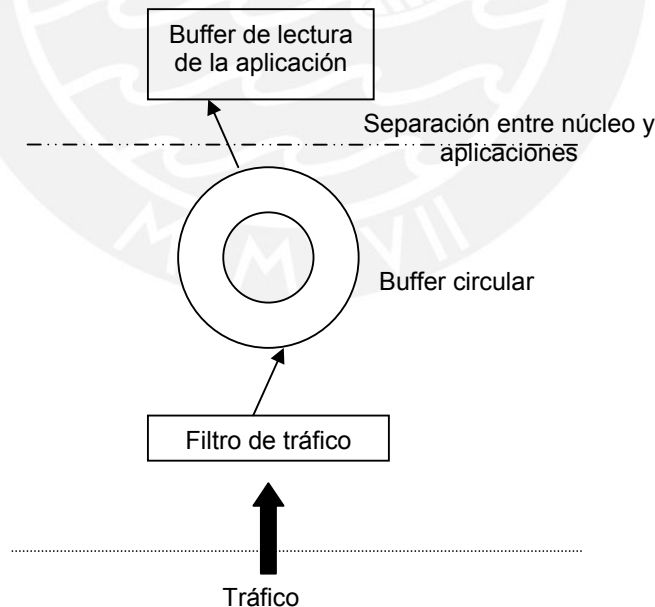
A continuación se describen los mecanismos de captura que utiliza libpcap en los sistemas operativos más importantes, ya sea por su libre distribución o por la disponibilidad de su licencia.

- Solaris: Utiliza el controlador Data Link Provider Interface (DLPI) junto con el módulo de streams bufmod. Este módulo provee un buffer y permite retrasar el procesamiento del tráfico por parte del programa, consiguiendo reducir el número de llamadas al sistema. No se encontró información detallada sobre este controlador.
- BSD (NetBSD, FreeBSD, OpenBSD): Estos sistemas operativos utilizan el controlador BPF que permite especificar el tamaño del buffer de captura en el núcleo, así como retrasar el procesamiento de los paquetes para reducir el número de llamadas al sistema cuando el programa lee el tráfico entrante. En la figura 3.1 se muestra cómo este controlador requiere una copia del tráfico entre el núcleo y el espacio de direcciones de la aplicación. El buffer del núcleo se implementa mediante dos bloques para permitir lecturas y escrituras en el buffer de forma asíncrona, realizándose eventualmente el intercambio de los bloques.



**Figura 3.1: Controlador BPF de BSD**

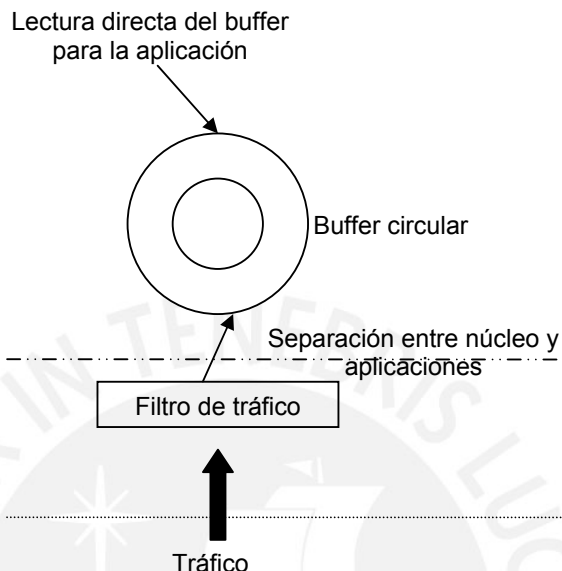
- Win32 (Windows 9X, Windows XP y Windows NT 5.x): Se utiliza el controlador WinPCAP que al igual que en el caso de BSD requiere una copia entre el buffer del núcleo y el espacio de usuario, aunque en este caso se puede aprovechar mejor ya que el reparto del buffer para lectura y escritura no está asignado de forma estática. En la siguiente figura se muestra su esquema:



**Figura 3.2: Controlador WinPCAP de Win32**

- Linux: El controlador más avanzado en Linux para la captura de tráfico es el socket AF\_PACKET junto con la opción PACKET\_MMAP. Éste ofrece un buffer circular en el núcleo implementado directamente en el espacio de direcciones de

la aplicación. De tal forma que el núcleo puede ir volcando el tráfico capturado a la aplicación sin necesidad de realizar llamadas al sistema, a excepción de las funciones de control. Con este diseño se evita realizar una copia adicional del tráfico tal como sucede con los controladores explicados anteriormente.



**Figura 3.3: Controlador AF\_PACKET+PACKET\_MMAP de Linux**

### 3.7.2 Lenguaje C

Es un lenguaje de programación creado en 1969 por Ken Thompson y Dennis M. Ritchie en los Laboratorios Bell. C es apreciado por la eficiencia del código que produce y es el lenguaje de programación más popular para crear software de sistemas y aplicaciones.

Se trata de un lenguaje de nivel medio, que dispone a su vez de las estructuras típicas de los lenguajes de alto nivel, así como de las construcciones del lenguaje que permiten un control a bajo nivel. Los compiladores suelen ofrecer extensiones al lenguaje que hacen posible mezclar código en ensamblador con código C o acceder directamente a la memoria o dispositivos periféricos.

La primera estandarización del lenguaje C fue en ANSI, con el estándar X3.159-1989. El lenguaje que define este estándar fue conocido como ANSI C. Posteriormente, en 1990, fue ratificado como estándar ISO (ISO/IEC 9899:1990). La adopción de este estándar es muy amplia por lo que el código es portable entre plataformas y/o arquitecturas.

Para la implementación de los módulos de cálculo se utilizó el entorno de desarrollo Dev-C++ 4.9.9.2 con el compilador estándar GCC 3.2. Esta elección se debió a la

portabilidad (independencia del sistema operativo) que ofrece el compilador y a la cómoda interfaz del entorno de desarrollo.

### **3.7.3 Lenguaje Java**

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por James Gosling y otros trabajadores de Sun Microsystems al inicio de la década de 1990. A diferencia de los lenguajes de programación convencionales que generalmente están diseñados para ser compilados en código nativo, Java es compilado en un bytecode que es ejecutado por una máquina virtual Java. El lenguaje en sí mismo toma mucha de su sintaxis de C y C++, pero tiene un modelo de objetos mucho más simple y elimina herramientas de bajo nivel como punteros.

Para lograr todos los requerimientos de comunicación con el usuario se usó la máquina virtual JDK 1.5.0, el entorno de desarrollo Eclipse SDK 3.2.0, el editor Visual Editor for Java 1.2.0 y el generador de reportes iReport 1.2.8.

### **3.7.4 IzPack**

Es un proyecto distribuido bajo la licencia Apache Software License 2.0 que permite producir instaladores livianos que pueden ser ejecutados bajo cualquier sistema operativo en una computadora que tenga instalada la máquina virtual de Java. Su uso más común es el de distribuir aplicaciones para la plataforma Java pero también puede utilizarse para otro tipo de proyectos.

El mayor beneficio de IzPack es ofrecer un modo claro de distribuir un proyecto para los usuarios que utilizan diferentes sistemas operativos. Entre muchas otras características, cuenta con una gran flexibilidad y modularidad, no requiere código adicional y crea un desinstalador automático de forma sencilla y rápida.

Este paquete fue utilizado para crear el instalador y el desinstalador del software implementado en la presente tesis. Su elección se debió a que satisfacía los requerimientos de poder ser ejecutado en diversos sistemas operativos y de poseer una interfaz de fácil uso.

## **3.8 Alcance**

Se presenta el software Tiger Network que permite conocer los indicadores de calidad de voz en una red de Telefonía IP que utilice el protocolo de señalización SCCP (Skinny Client Control Protocol) y el códec de voz G.729 especificados en el capítulo 1 de este documento.

Esto se logra gracias al cálculo de los principales factores que disminuyen la calidad: el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes. Es a partir del

cálculo de dichos factores que se sigue el algoritmo descrito en la norma UIT-T G.107 para obtener los indicadores de calidad de la red: el factor R, el MOS<sub>CO</sub> (Mean Opinion Score Call Quality), la estimación GoB (buena o mejor) y la estimación PoW (mediocre o peor).

El software implementado tiene las ventajas de ser portable (compatible con varias arquitecturas de cómputo y sistemas operativos), extensible (es posible incorporar nuevos parámetros de medición) y de fácil uso debido a su cómoda interfaz gráfica que permite escoger diversas formas de presentación de los resultados obtenidos, de acuerdo a la necesidad del usuario.

### **3.9 Requerimientos mínimos**

#### **3.9.1 Hardware**

- Procesador de 1.8 GHz
- Memoria RAM de 128 MB
- Dos tarjetas de red y conexión entre la computadora de supervisión y la red de Telefonía IP si se desea utilizar el software completo.
- Una tarjeta de red si sólo se desea utilizar el monitor de paquetes (sniffer) incluido en el software.

#### **3.9.2 Software**

- Sistema operativo Windows, Linux, Solaris o BSD.
- Java Runtime Environment (JRE) 1.5.

### **3.10 Licencia de instalación**

Este software no requiere licencia ya que aún no estará disponible para su venta. La instalación de Tiger Network se hará por medio del programa de instalación proporcionado en el CD, el cual ha sido probado en los sistemas operativos Windows, Linux, Solaris y BSD. Si se realiza la instalación de una forma diferente a la sugerida el correcto funcionamiento del programa no está asegurado.

### **3.11 Descripción del usuario**

Los usuarios están familiarizados directamente con el uso de una computadora y de una aplicación sobre ella. Los usuarios de este software son los encargados de supervisar el nivel de calidad de la red de Telefonía IP de su institución, por lo cual están familiarizados con los parámetros de calidad de dicha tecnología.

### 3.12 Posicionamiento

#### 3.12.1 El problema

El problema	Desconocimiento del nivel de calidad de la red de Telefonía IP.
Afecta a	Los usuarios del servicio de Telefonía IP.
El impacto	Los clientes pueden desanimarse de usar esta nueva tecnología y continuar utilizando la telefonía tradicional.
Solución exitosa	Desarrollar un software para calcular el nivel de calidad de la red de Telefonía IP.

#### 3.12.2 El producto

Para	las instituciones que utilizan Telefonía IP.
Quienes	están permanentemente preocupadas de la eficiencia de su red.
El sistema	es una herramienta software permite calcular los principales indicadores de calidad de una red de Telefonía IP.
A diferencia de	los software comerciales ya existentes, es más preciso por su carácter específico y puede ser ejecutado en múltiples plataformas de cómputo y sistemas operativos. Además posee una interfaz gráfica de fácil uso.

### 3.13 Visión general

El software obtiene el retardo, la variación del retardo (jitter) y la pérdida de paquetes. A partir de estos tres parámetros calcula el factor R, el  $MOS_{CO}$ , la estimación GoB (buena o mejor) y la estimación PoW (mediocre o peor).

#### 3.13.1 Perspectiva

El desarrollo del sistema Tiger Network está enfocado en la necesidad de los administradores de la Telefonía IP de conocer en qué medida están satisfaciendo al usuario de esta tecnología. El sistema permite al usuario capturar paquetes IP (sniffeo) y conocer el nivel de calidad de la red, para posteriormente tener la posibilidad de visualizar, almacenar o imprimir los resultados obtenidos.

Como ventaja importante con respecto a los software ya existentes, Tiger Network puede ser ejecutado en múltiples sistemas operativos y diversas plataformas de cómputo. Se han realizado las pruebas de captura de paquetes en los sistemas operativos Windows, Linux, Solaris y BSD; y la medición del nivel de calidad de una red de Telefonía IP en Windows 2000 Server, esta restricción se debió a que el



servidor de la Dirección de Informática, donde se realizaron las pruebas de calidad sólo tenía este sistema operativo.

### 3.13.2 Funciones

**Tabla 3.1: Funciones principales de Tiger Network**

Función	Descripción
Captura de paquetes	Captura y muestra los datos de los paquetes que llegan a la tarjeta de red de la computadora.
Cálculo de los parámetros de rendimiento	Halla el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes.
Cálculo de los indicadores cuantitativos de calidad	A partir de los parámetros hallados se calcula el factor R, el $MOS_{CO}$ , el GoB y el PoW siguiendo el algoritmo descrito en la norma UIT-T G.107.
Muestra de los resultados	Se presentan los resultados rotulados en una ventana y el retardo por paquete en un gráfico de barras.
Almacenamiento de los resultados	Se puede almacenar los datos de los paquetes en una hoja de cálculo y los resultados del rendimiento de la red en forma gráfica en diversos formatos: PDF, RTF, HTML, XML, XLS y CSV.

### 3.14 Instalación

En el CD proporcionado encontrará un directorio llamado “Tiger Network” que contiene el archivo “generar.bat”, el cual genera el archivo ejecutable de instalación “Tiger Network.jar”. Este paso intermedio es necesario debido a que debe producirse el instalador de acuerdo a la plataforma de cómputo y sistema operativo en el que se esté ejecutando la aplicación.

Al ejecutar “Tiger Network.jar” se empieza la instalación mostrando la siguiente ventana para el elegir el idioma deseado.



**Figura 3.4: Elección del lenguaje de instalación**

Al hacer click en el botón “OK” aparecerá la ventana mostrada a continuación con los datos del software y de su autor.

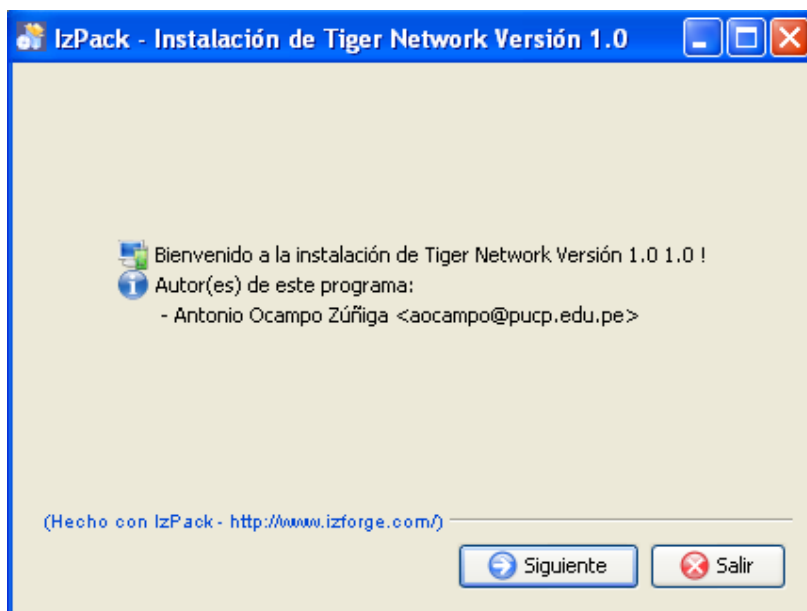


Figura 3.5: Datos del software y de su autor

Seguidamente se muestra una ventana con una breve descripción de Tiger Network.

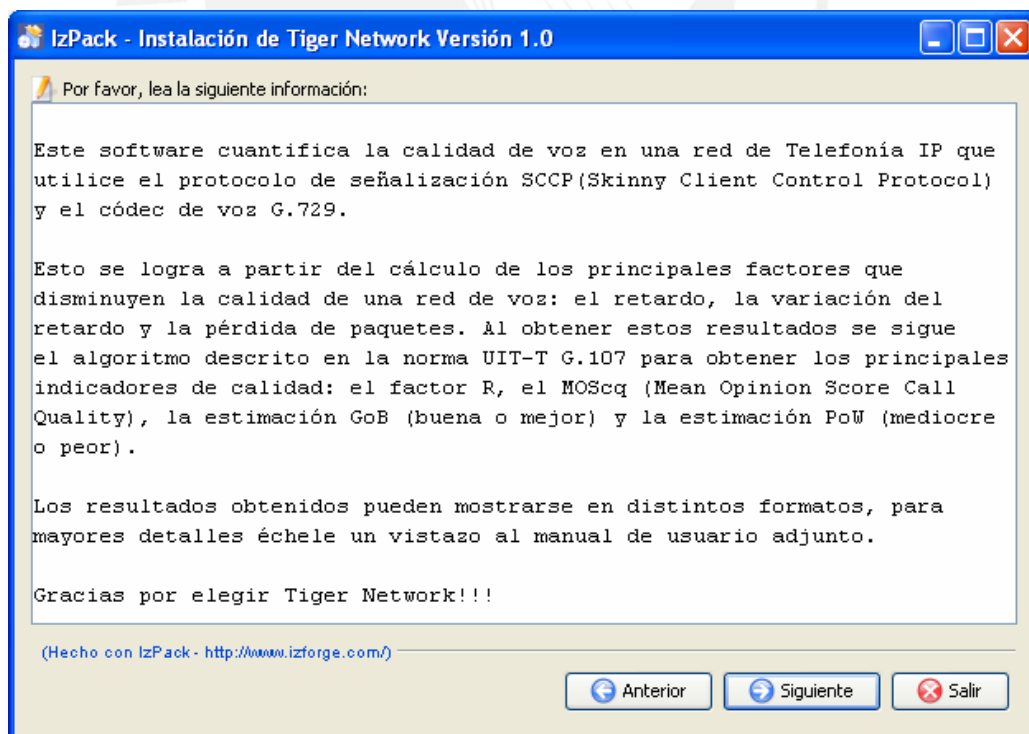
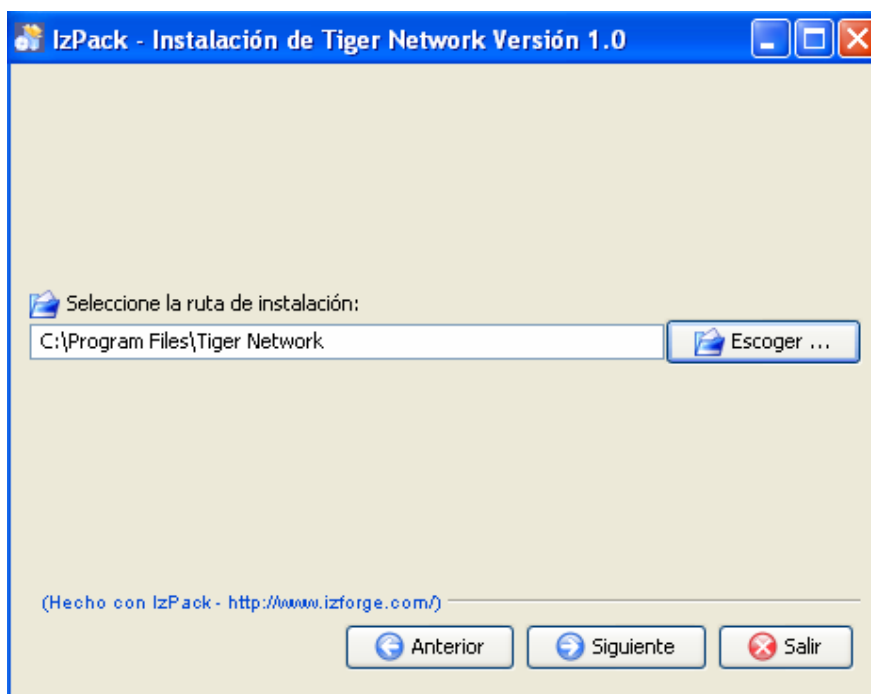


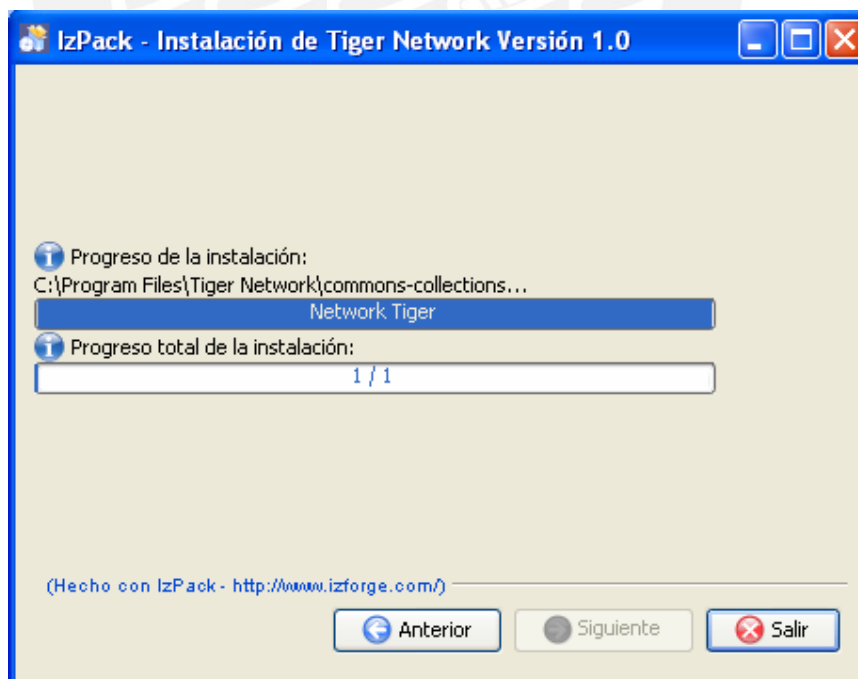
Figura 3.6: Descripción de Tiger Network

A continuación se debe escoger el directorio donde se instalará Tiger Network.



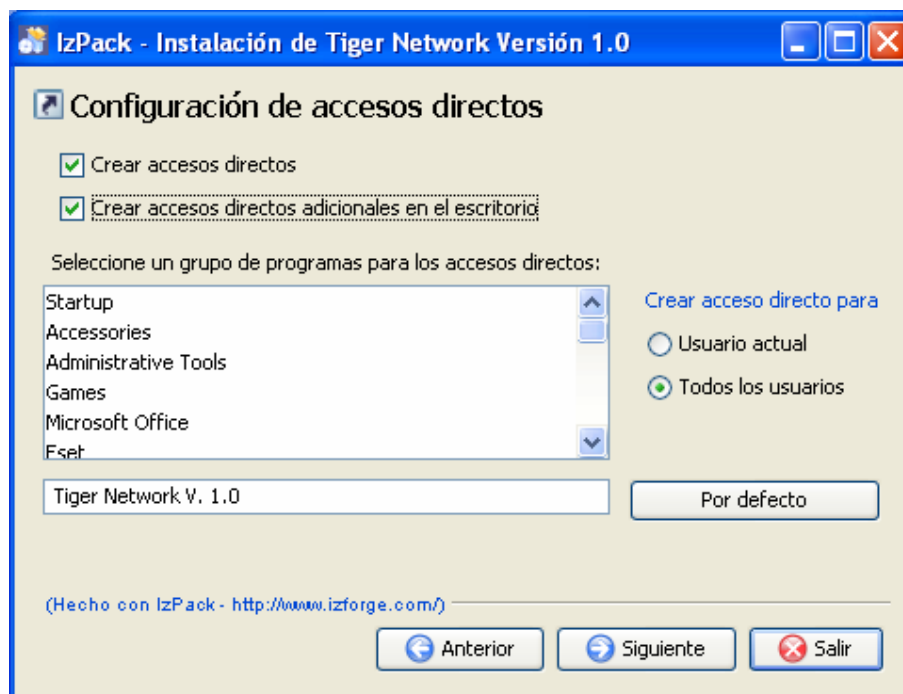
**Figura 3.7: Elección del directorio de instalación**

Luego se muestran los archivos que se instalarán, así como el espacio disponible para el almacenamiento. Posteriormente se apreciará la evolución de la instalación.



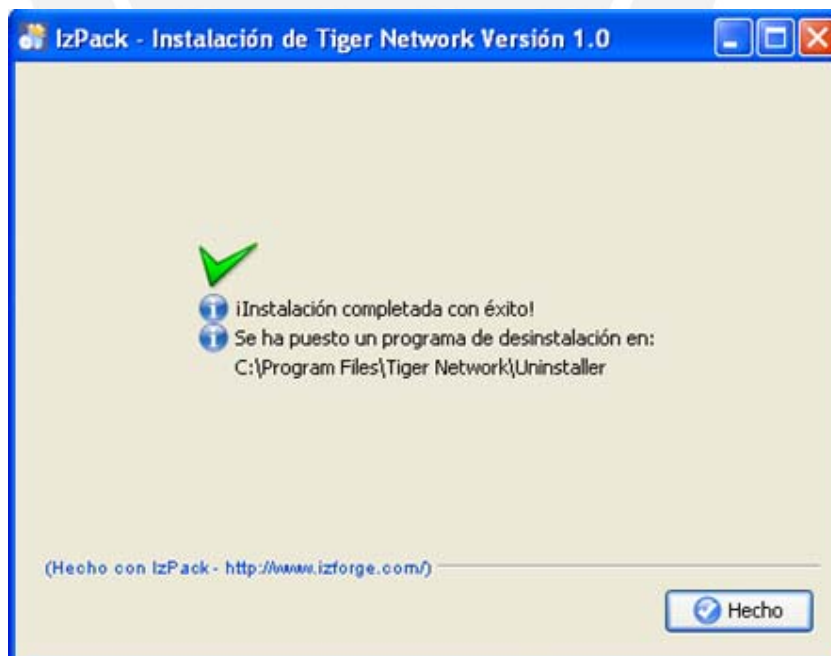
**Figura 3.8: Evolución de la instalación**

El siguiente paso es escoger las opciones relacionadas a la generación de un acceso directo en el escritorio y otro en la barra de programas.



**Figura 3.9: Configuración de accesos directos**

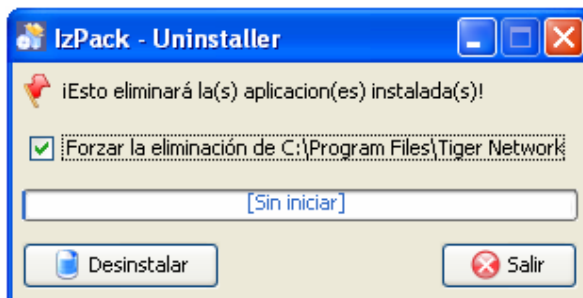
Finalmente una ventana indica que la instalación de Tiger Network ha concluido satisfactoriamente.



**Figura 3.10: Fin del proceso de instalación**

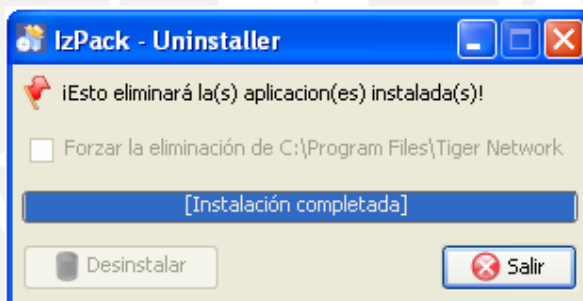
### 3.15 Desinstalación

Si desea desinstalar Tiger Network diríjase al acceso creado en la barra de programas y elija la opción “Desinstalar Tiger Network”. Al hacerlo se mostrará la siguiente ventana:



**Figura 3.11: Opciones de desinstalación de Tiger Network**

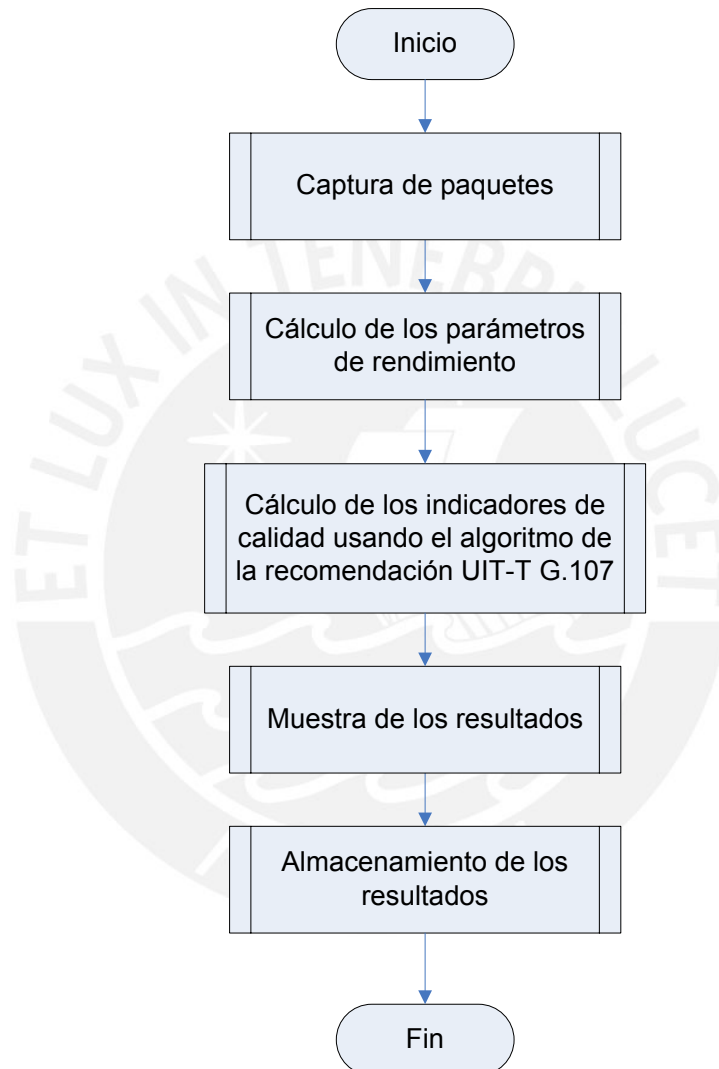
En caso de que también se quiera eliminar la carpeta donde se instaló el software se debe escoger la opción “forzar la eliminación de...”. Al escoger la opción “Desinstalar” se procederá a desinstalar “Tiger Network” y a eliminar sus accesos directos. Luego de terminado el proceso aparecerá la siguiente ventana:



**Figura 3.12: Desinstalación completa**

### 3.16 Diagrama de flujo principal

El diagrama de flujo presentado a continuación muestra el conjunto de procesos realizados por el software para mostrarle al usuario el nivel de calidad de la red de Telefonía IP.



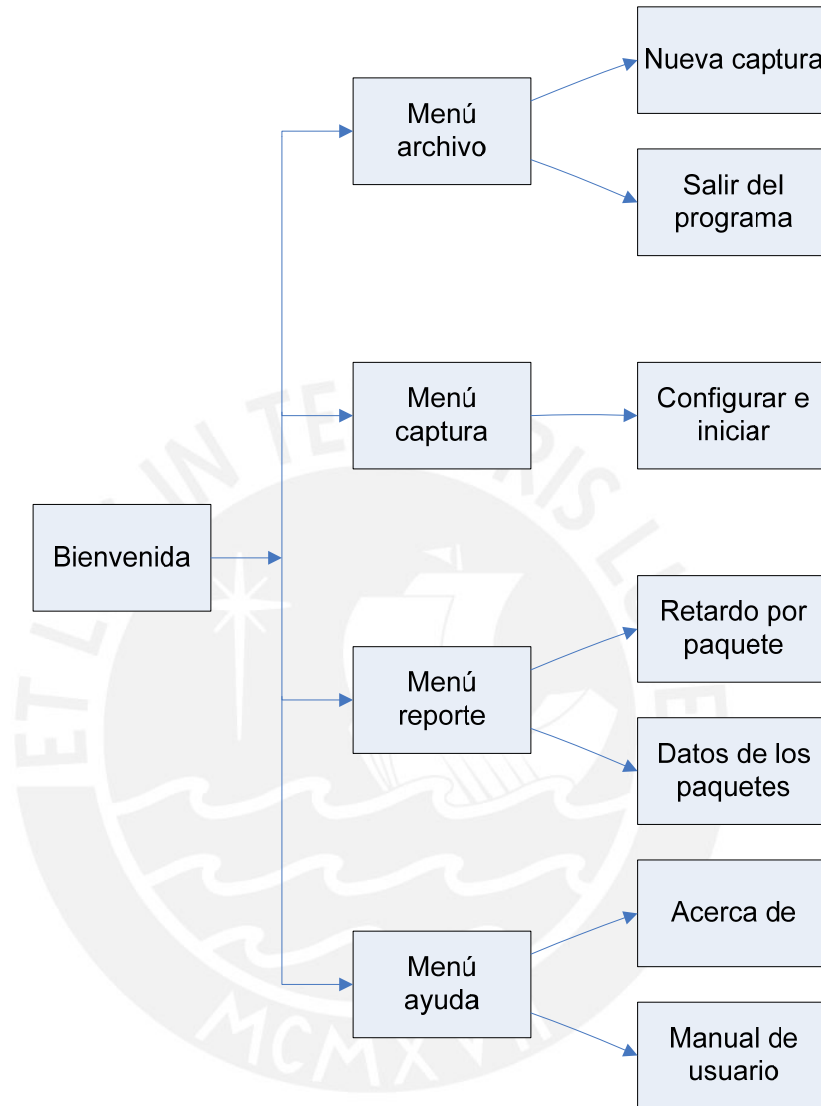
**Figura 3.13: Diagrama de flujo principal**

En el CD adjunto al presente documento se encuentra la recomendación UIT-T G.107 que describe minuciosamente el algoritmo para calcular los indicadores de calidad. Los demás procesos que constituyen el software son detallados en los puntos 3.17.3 y 3.17.4.



### 3.17 Interfaz del usuario

El siguiente diagrama muestra la organización de la interfaz del usuario:



**Figura 3.14: Organización de la interfaz del usuario**

#### 3.17.1 Bienvenida

Al iniciar Tiger Network se despliega la ventana de la figura 3.15 con una barra de color gris que muestra el progreso de los procesos iniciales, mientras tanto los demás menús están inactivos. Luego de concluidos los procesos iniciales de acondicionamiento del sistema se muestra la ventana principal que se aprecia en la figura 3.16.

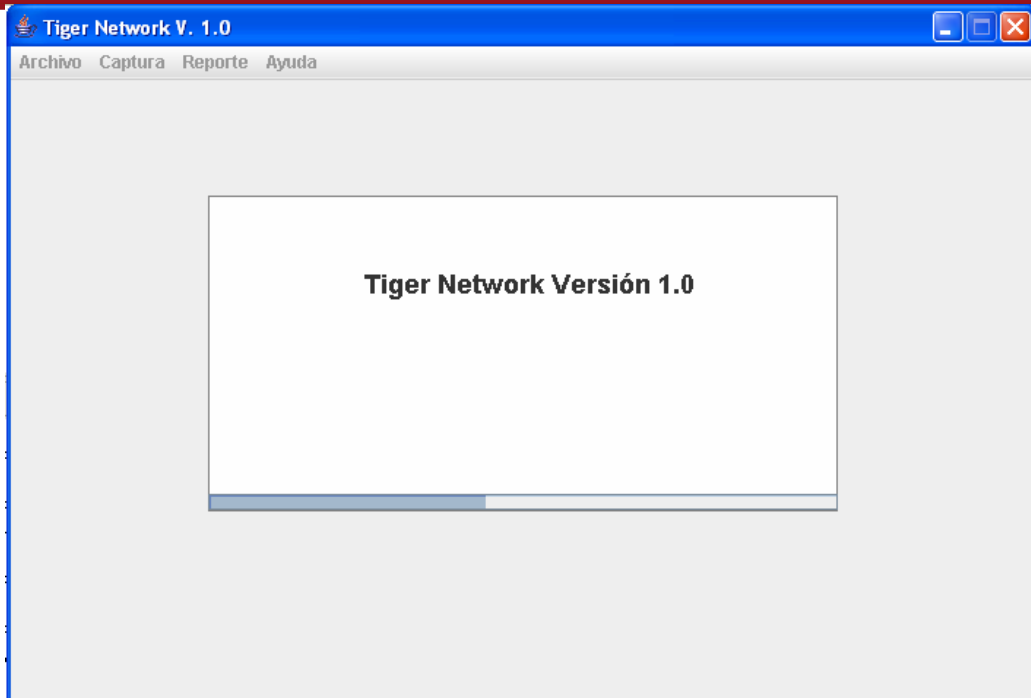


Figura 3.15: Bienvenida al usuario

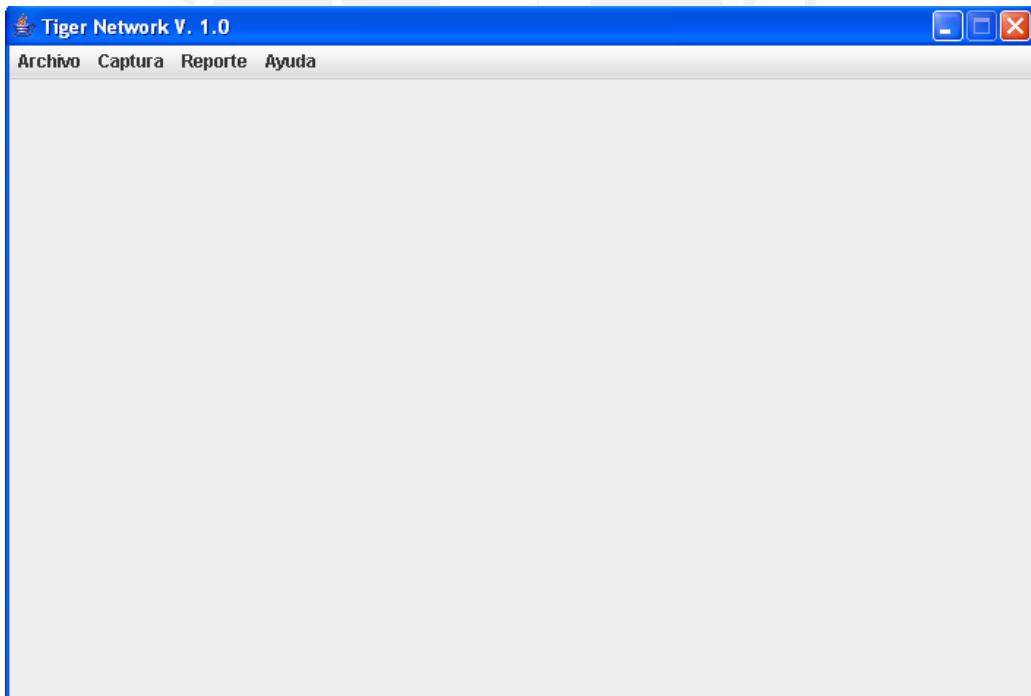


Figura 3.16: Ventana principal de Tiger Network

### 3.17.2 Menú archivo

La siguiente figura muestra el menú archivo y sus dos opciones:

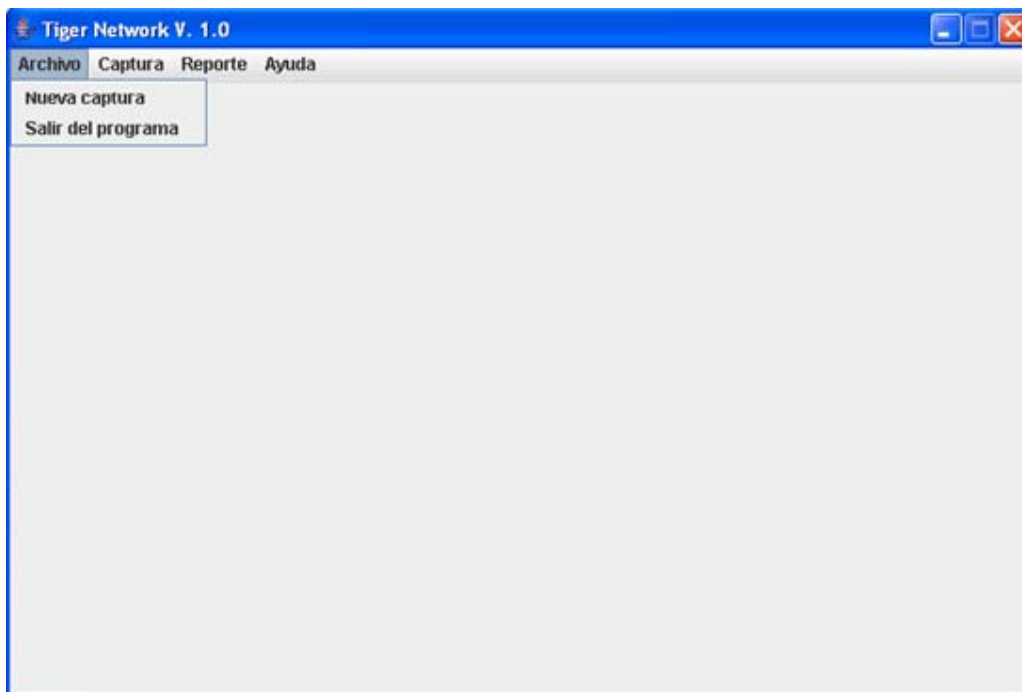


Figura 3.17: Menú Archivo

#### 3.17.2.1 Nueva captura

Limpia la pantalla si se están mostrando los resultados de una ejecución anterior del programa. En caso de no haberse salvado los resultados se muestra el mensaje de advertencia de la figura 3.18.

#### 3.17.2.2 Salir del programa

Cierra la ventana principal de Tiger Network y termina su ejecución. De igual manera que la opción anterior, muestra el mensaje de advertencia que se muestra en la figura 3.18.

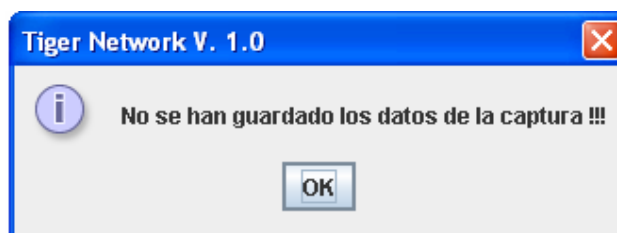


Figura 3.18: Mensaje de advertencia

### 3.17.3 Menú captura

Al hacer click sobre la opción “configurar e iniciar” aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 3.19. En él se debe escoger la tarjeta de red de la cual se supervisará el tráfico IP.

También existe un cuadro de texto en el que se debe ingresar el número de paquetes que se desea capturar. Una vez llenado este cuadro y si se desea iniciar la captura de los paquetes se debe hacer click en “Capturar”, en caso contrario se debe hacer click en “Cancelar” para deshacer las acciones realizadas en el cuadro de diálogo. En este último caso aparecerá el mensaje de advertencia de la figura 3.20.

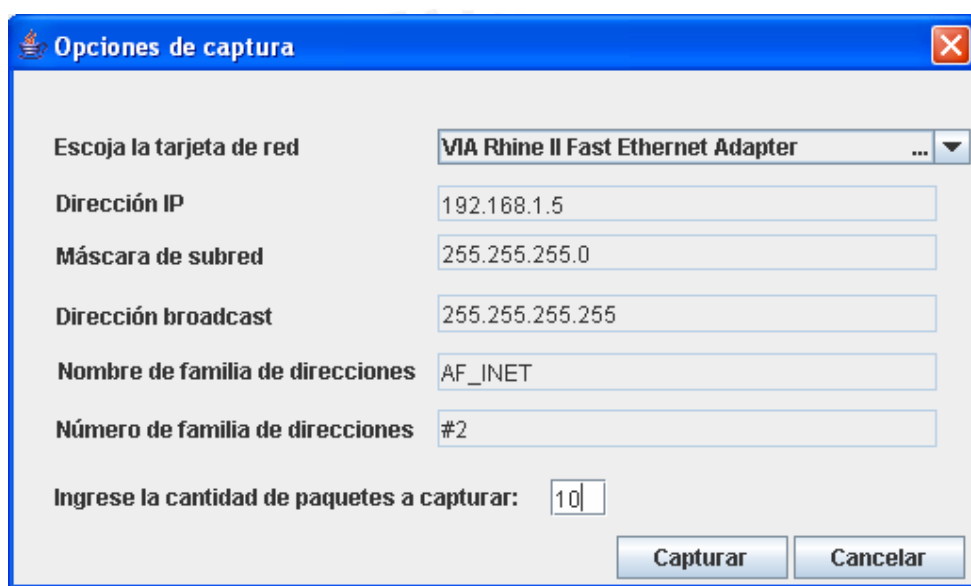


Figura 3.19: Opción configurar e iniciar del menú captura

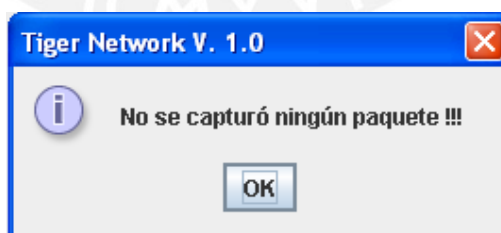


Figura 3.20: Mensaje de advertencia del menú captura

Al empezar la captura se realizan los siguientes procesos:

- Elección de la tarjeta de red: Se detectan todas las tarjetas de red conectadas a la computadora y se le muestra al usuario un menú desplegable con la descripción de dichas tarjetas, de tal manera que pueda escoger la tarjeta de la cual desea capturar los paquetes. Al escoger la tarjeta deseada se muestran

sus principales datos: dirección IP, máscara de subred, dirección broadcast, nombre y número de familia de direcciones.

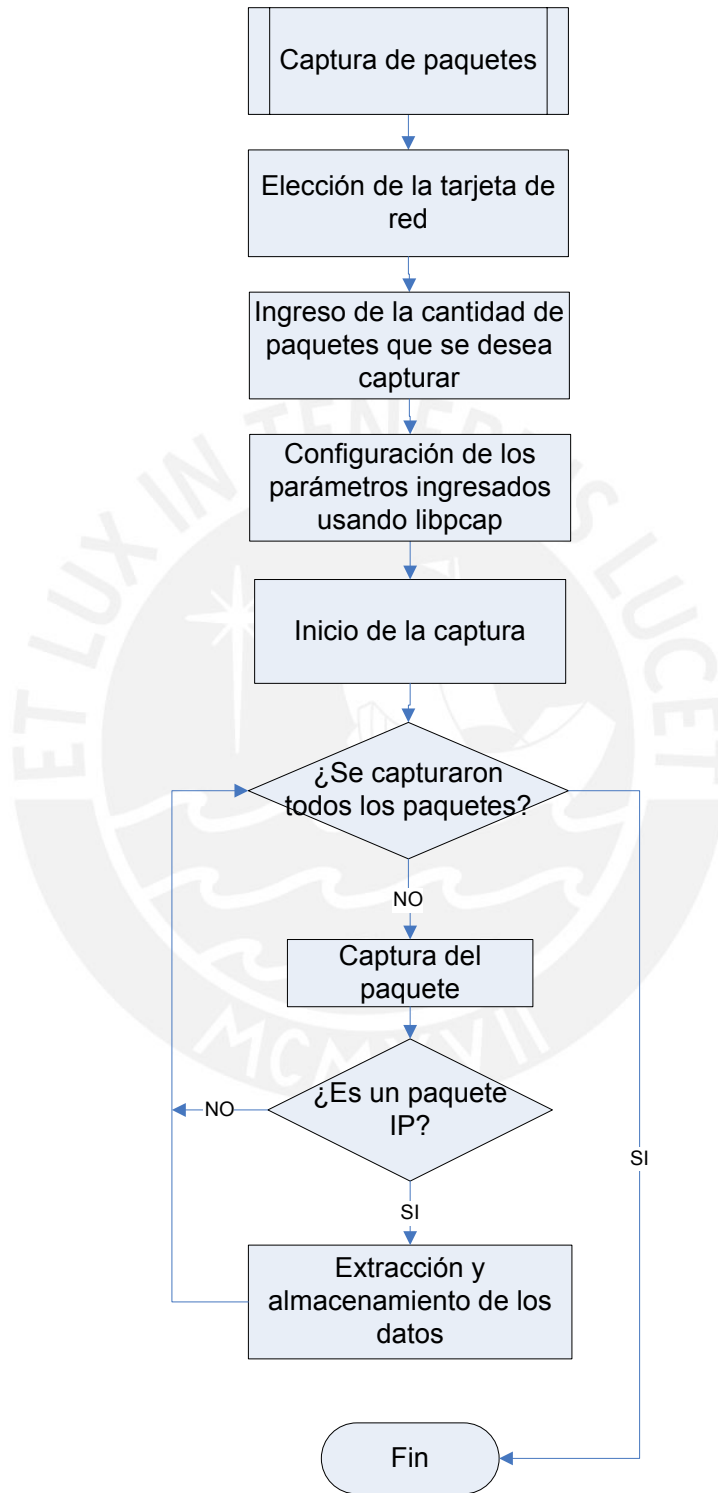


Figura 3.21: Diagrama de flujo de la captura de paquetes

- Ingreso de la cantidad de paquetes que se desea capturar: Se debe ingresar este número en el cuadro de texto, el cual debe estar en el rango de 1 a 2147483647 ( $2^{31} - 1$ ) inclusive, esta última cota es debida a la representación de los números en formato binario con signo de 32 bits.
- Configuración de los parámetros ingresados usando libpcap: Además del número de paquetes a capturar, se configura automáticamente en modo promiscuo la tarjeta de red elegida por el usuario (captura de todos los paquetes que llegan así no estén dirigidos hacia ella), el tamaño máximo del paquete a capturar y el timeout (intervalo de tiempo para trasladar los paquetes capturados de la zona de kernel a la de usuario). Adicionalmente se crea un buffer para almacenar los posibles errores producidos durante la ejecución del programa.
- Inicio de la captura: Una vez configurada completamente la tarjeta de red se empieza a capturar el número de paquetes indicado por el usuario.
- Filtrado de los paquetes IP: Luego de capturar el paquete se analiza si se trata de un paquete IP, si no lo es se descarta. Este proceso es de vital importancia para disminuir la cantidad de memoria utilizada y el tiempo de procesamiento debido a que el costo computacional para pasar desde la zona de kernel a la de usuario es muy alto.
- Extracción y almacenamiento de los datos: Una vez filtrados los paquetes se extraen sus datos más importantes: identificador, dirección MAC de origen, dirección MAC de destino, versión del protocolo IP, protocolo encapsulado en el paquete, dirección IP de origen, dirección IP de destino, puerto de origen, puerto de destino, marca de tiempo y tiempo actual del procesador. Todos estos datos se almacenan en un archivo de texto para su posterior procesamiento. Una vez finalizado el proceso de captura se continúa con la obtención de los parámetros de calidad, cuyo diagrama de flujo se encuentra en la figura 3.23.

El retardo total está dado por la media de los retardos de cada paquete y la variación del retardo por la desviación estándar muestral de los mismos. Para calcularlos se almacenan dos acumuladores: uno de la suma y otro de la suma de los cuadrados de los retardos de cada paquete. Se almacena este último ya que así no será necesario guardar en memoria todos los retardos individuales para el cálculo de la desviación estándar, con lo que se ahorra tiempo de cómputo y memoria. Considerando lo anteriormente descrito, estos parámetros se obtienen a partir de las siguientes expresiones:



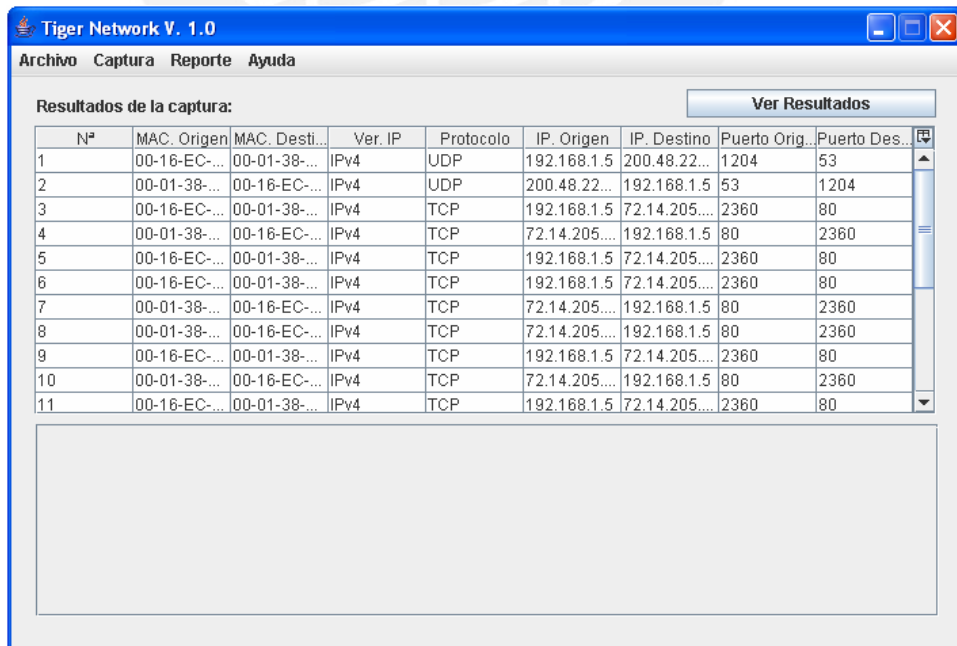
$$\text{retardo} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \text{variación del retardo} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n * \text{retardo}^2}{n - 1}}$$

Donde: n = número de paquetes que el usuario desea procesar

Xi = retardo de cada paquete = tiempo actual - marca de tiempo.

Por otro lado, se debe considerar que el adaptador de la tarjeta de red realiza una petición de servicio de interrupción cada vez que un paquete se pierde. Es por ello que el porcentaje de pérdida de paquetes se obtiene dividiendo la cantidad de peticiones realizadas entre el número de paquetes totales y multiplicando este resultado por 100%.

Luego del cálculo de estos 3 parámetros se sigue el algoritmo descrito en la recomendación UIT-T G.107, que figura en el CD adjunto a este documento, para el cálculo del factor R, el MOS<sub>CO</sub>, la estimación GoB y la estimación PoW. Terminado el proceso de captura se muestra una ventana similar a la de la figura 3.22 con los datos de los paquetes capturados, de tal manera que al hacer click en los datos de algún paquete se muestra el contenido del mismo. En la esquina superior derecha de los datos hay un botón que al ser presionado muestra el menú desplegable de la figura 3.24, el cual permite ocultar o mostrar alguna de las columnas de los datos, así como ajustar el ancho de una o más de estas columnas de acuerdo a su contenido. Además se puede ordenar los datos de forma ascendente o descendente de acuerdo al contenido de alguna de las columnas, para esto sólo es necesario hacer click sobre el título de la columna respectiva.



**Tiger Network V. 1.0**  
Archivo Captura Reporte Ayuda

Resultados de la captura: Ver Resultados

N°	MAC. Origen	MAC. Desti...	Ver. IP	Protocolo	IP. Origen	IP. Destino	Puerto Orig...	Puerto Des...
1	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	UDP	192.168.1.5	200.48.22...	1204	53
2	00-01-38-...	00-16-EC-...	IPv4	UDP	200.48.22...	192.168.1.5	53	1204
3	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205...	2360	80
4	00-01-38-...	00-16-EC-...	IPv4	TCP	72.14.205...	192.168.1.5	80	2360
5	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205...	2360	80
6	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205...	2360	80
7	00-01-38-...	00-16-EC-...	IPv4	TCP	72.14.205...	192.168.1.5	80	2360
8	00-01-38-...	00-16-EC-...	IPv4	TCP	72.14.205...	192.168.1.5	80	2360
9	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205...	2360	80
10	00-01-38-...	00-16-EC-...	IPv4	TCP	72.14.205...	192.168.1.5	80	2360
11	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205...	2360	80

Figura 3.22: Datos de los paquetes capturados

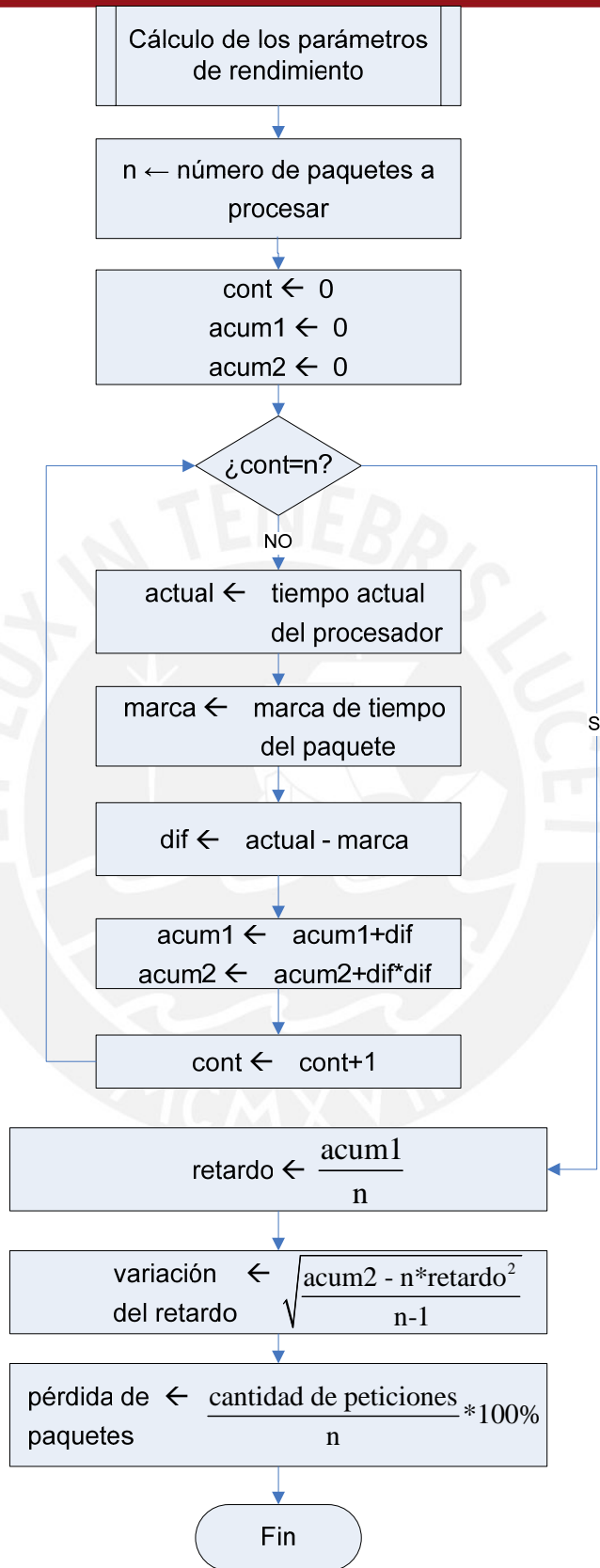
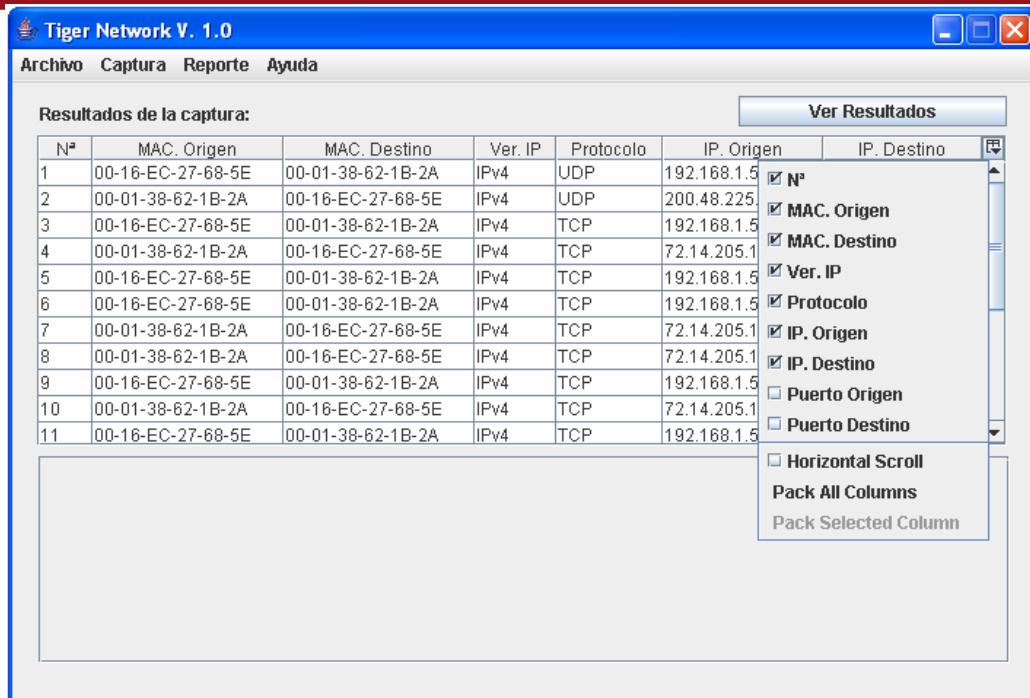
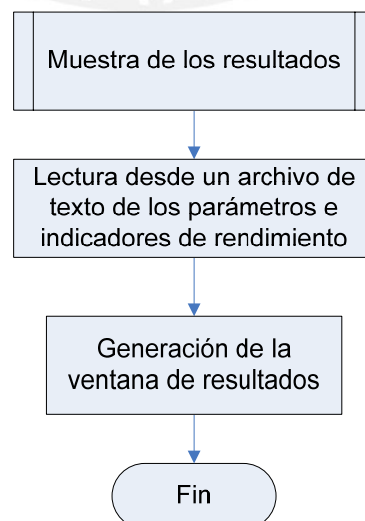


Figura 3.23: Diagrama de flujo del cálculo de los parámetros de rendimiento



**Figura 3.24: Opciones de presentación de los datos**

En la esquina superior derecha de la ventana anterior se aprecia el botón “Ver Resultados” que al ser presionado permite visualizar los factores (retardo, variación del retardo y pérdida de paquetes) e indicadores de rendimiento (el factor R, el  $MOS_{CQ}$ , la estimación GoB y la estimación PoW). Dichos resultados son reales si la computadora está conectada a una red de Telefonía IP, en caso contrario son generados aleatoriamente. Como puede apreciarse en el siguiente diagrama de flujo, para mostrar estos resultados primero se lee un archivo de texto que contiene los valores obtenidos luego de procesar los datos y a continuación se genera la ventana que se muestra en la figura 3.26.



**Figura 3.25: Diagrama de flujo de la muestra de resultados**

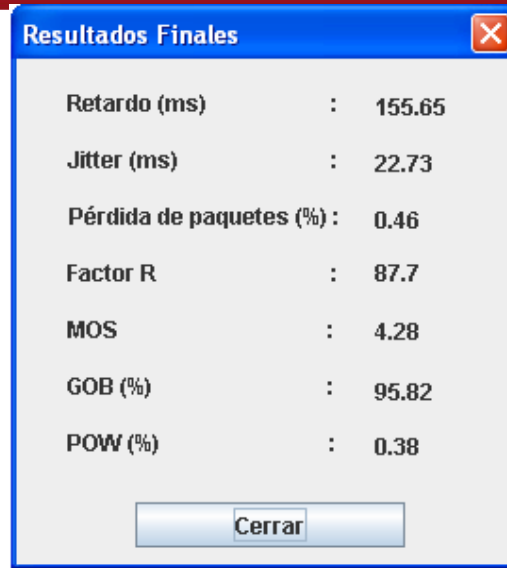


Figura 3.26: Resultados brindados por el software

### 3.17.4 Menú reporte

Para el almacenamiento de los resultados se siguen los siguientes pasos:

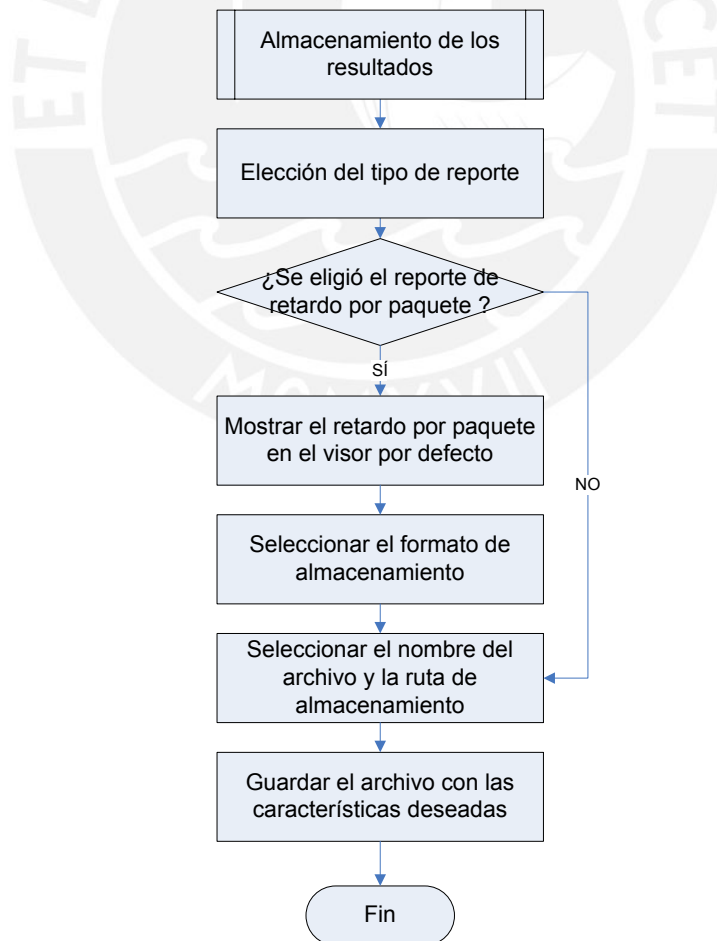
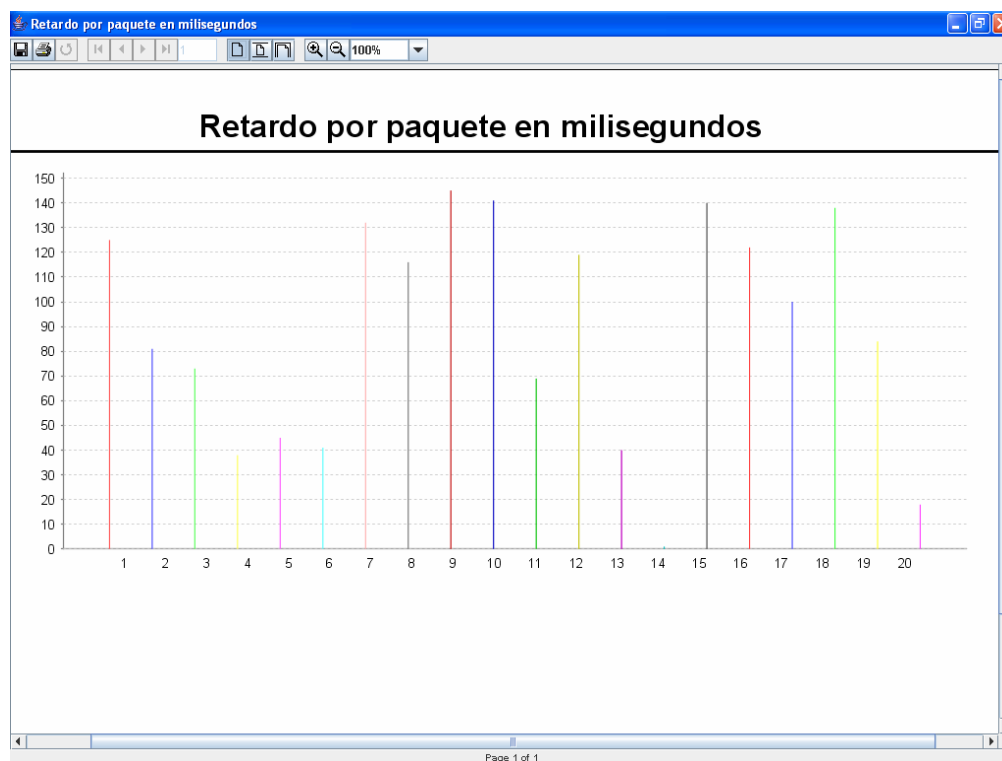


Figura 3.27: Diagrama de flujo del almacenamiento de los resultados

### 3.17.4.1 Retardo por paquete

Al elegir esta opción se muestra una nueva ventana con un gráfico de barras del retardo de cada paquete. Dicho gráfico se muestra en el visor por defecto del generador de reportes utilizado tal como se observa en la figura 3.28.

En la ventana existen las opciones de guardar, imprimir, vista preliminar, ajustar el contenido al tamaño a la página, ajustar el contenido al tamaño de la pantalla, aumentar la escala a intervalos fijos, reducir la escala a intervalos fijos y un cuadro para cambiar el tamaño a cualquier escala deseada.



**Figura 3.28: Reporte de retardo por paquete en milisegundos**

Entre todas estas opciones la más importante es la de “guardar”, pues gracias a ella el gráfico puede ser accedido con distintos visores ya que existe la posibilidad de almacenarlo en el directorio que se desee y en cualquiera de los siguientes formatos: PDF (Portable Document Format), RTF (Rich Text Format), HTML (HyperText Markup Language), XML (eXtensible Markup Language), XLS (Excel) y CSV (Comma Separated Values). Estos dos últimos formatos pueden ser accedidos tanto por las hojas de cálculo del entorno Windows como por las de otros sistemas operativos. Esta opción se muestra en la siguiente figura:

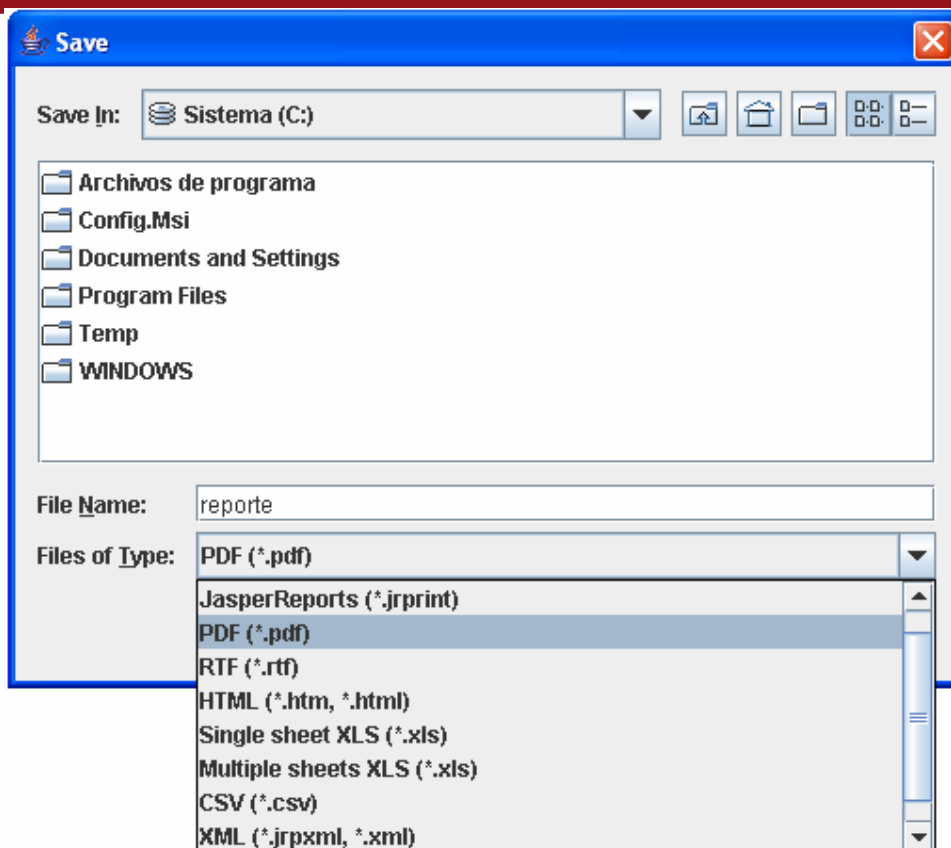


Figura 3.29 Opciones de almacenamiento del reporte de retardo por paquete

### 3.17.4.2 Datos de los paquetes

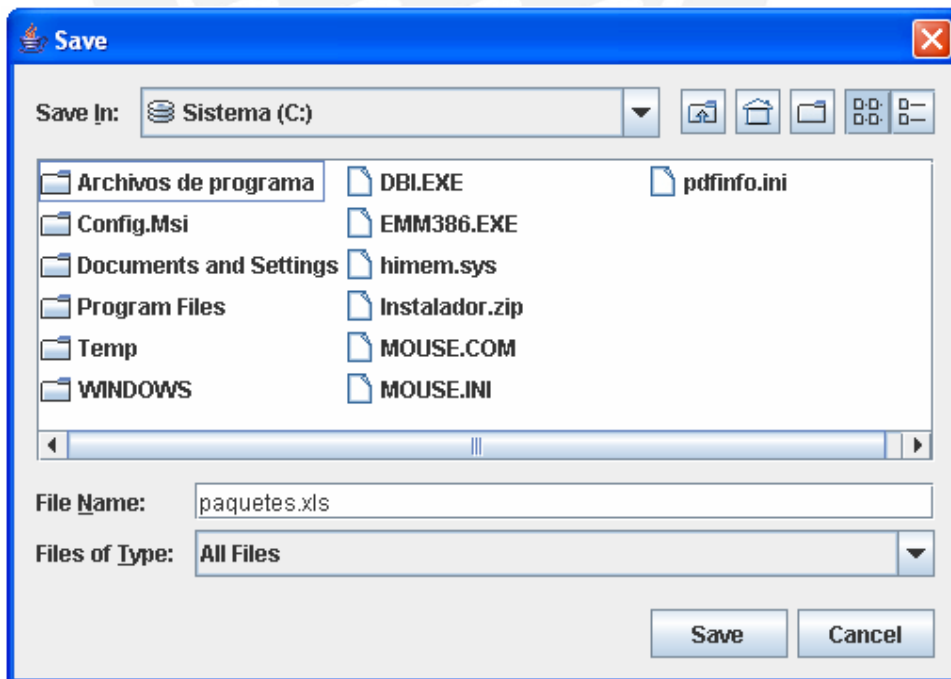


Figura 3.30: Almacenamiento de los datos de los paquetes



La tabla de datos mostrada en la etapa de captura puede ser almacenada en una hoja de cálculo de formato XLS. Tal como se observa en la figura anterior, el usuario puede elegir el nombre y la ubicación del archivo a guardar. Luego de almacenar los datos se muestra el siguiente mensaje de confirmación:

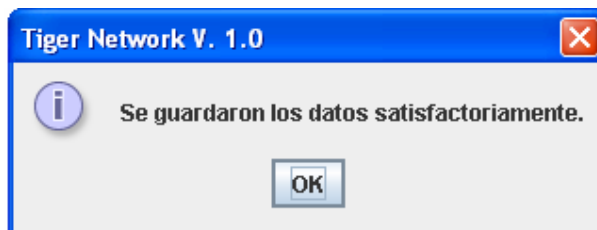


Figura 3.31: Mensaje de confirmación del almacenamiento de los datos

### 3.17.5 Menú ayuda

#### 3.17.5.1 Acerca de

Se muestra el nombre y versión del software, así como el autor, el mes y año de la última revisión. Se cierra esta ventana pulsando una tecla o haciendo click en el botón de la esquina superior derecha destinado para tal fin.

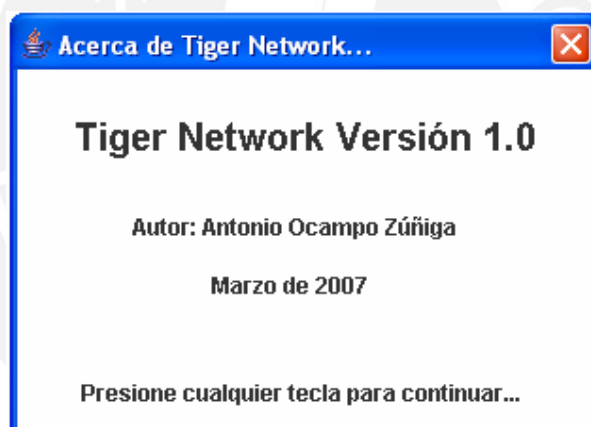


Figura 3.32: Acerca de Tiger Network

#### 3.17.5.2 Manual de usuario

Haciendo click en esta opción se accede al manual de usuario que se instala conjuntamente con el software.

### 3.18 Rangos de calidad

Esta sección define los rangos de calidad para la disponibilidad y uso del sistema Tiger Network.

### **3.18.1 Disponibilidad**

El sistema estará disponible en cualquier momento que el usuario lo requiera, siempre y cuando la red funcione correctamente.

### **3.18.2 Uso**

El sistema tiene un entorno gráfico amigable y dispone tanto de un manual de usuario como de un manual de instalación.

### **3.19 Mantenimiento**

El sistema está debidamente documentado y diseñado, lo que hace fácil su mantenimiento tanto por la persona encargada del desarrollo del software como por otras que no estuvieron involucradas.

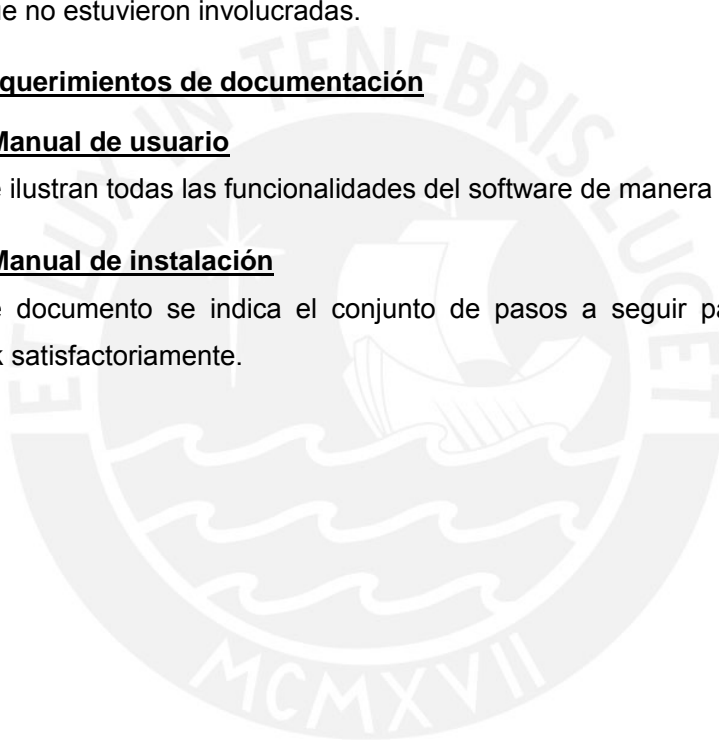
### **3.20 Requerimientos de documentación**

#### **3.20.1 Manual de usuario**

En él se ilustran todas las funcionalidades del software de manera clara y concisa.

#### **3.20.2 Manual de instalación**

En este documento se indica el conjunto de pasos a seguir para instalar Tiger Network satisfactoriamente.



## **CAPÍTULO 4: PRUEBAS REALIZADAS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

### **4.1 Pruebas realizadas**

#### **4.1.1 Pruebas de la captura de paquetes**

El monitor de paquetes (sniffer), desarrollado como parte del software implementado en esta tesis, fue probado en 5 computadoras personales y en 2 servidores que satisfacían los requerimientos mínimos que se indican en el punto 3.9 de la página 50 de este documento. Además, cada una de éstas contaba con un sniffer con el cual se compararon los resultados obtenidos, los cuales fueron idénticos en cuanto a contenido se refiere, mientras que las únicas diferencias importantes fueron la forma de presentación de los datos. En la siguiente tabla se muestran las características de las computadoras en las que se realizaron las pruebas de captura de paquetes:

**Tabla 4.1: Computadoras en las que se probó la captura de paquetes**

<b>Tipo</b>	<b>Sistema operativo</b>	<b>Sniffer</b>	<b>Controlador</b>	<b>Tarjeta de red</b>
Personal	Windows XP SP2	Ethereal	WinPCAP	DLink 10/100 DFE-520 TX
Personal	Windows XP SP2	Wireshark	WinPCAP	DLink 10/100 DFE-530 TX
Personal	Linux 2.6	RealSecure	AF_PACKET	DLink 10/100 DFE-538 TX
Personal	Linux 2.6	KSniff	AF_PACKET	3Com 3C905B-TX
Personal	FreeBSD 6.2	SniffIt	BPF	DLink 10/100 DFE-528 TX
Servidor	Solaris 2.5	PPTP-sniff	DLPI	3Com Server 3C980-TX
Servidor	Windows 2000 Server	Ethereal	WinPCAP	3Com Server 3C985-SX

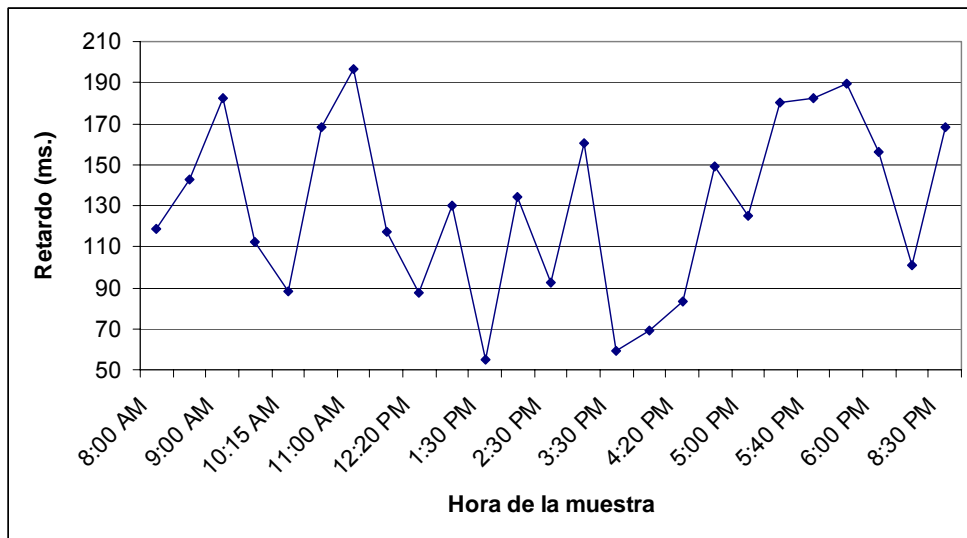
#### **4.1.2 Pruebas de la calidad de la red**

Las pruebas de la calidad de la red de Telefonía IP de la PUCP se efectuaron en el servidor "Publisher" de la Dirección de Informática que cuenta con el sistema operativo Windows 2000 Server. Dichas pruebas se realizaron en el mes de diciembre de 2006 durante un solo día debido a que no se contó con el apoyo suficiente por parte de la Dirección de Informática. El número total de muestras consideradas fue de 25, las cuales fueron adquiridas en intervalos regulares de tiempo entre las 8:00 de la mañana y 8:30 de la noche.

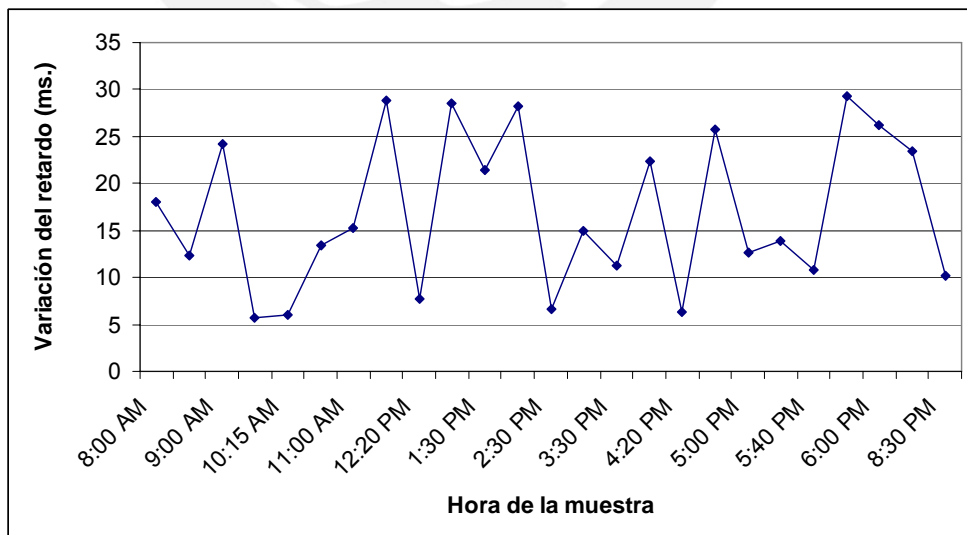
En la tabla 4.2 se muestra al detalle los resultados de las muestras tomadas: los parámetros de calidad (retardo, variación del retardo y pérdida de paquetes), los

indicadores de calidad (el factor R, el  $MOS_{CQ}$ , la estimación GoB y la estimación PoW) obtenidos a partir de los anteriores parámetros siguiendo el algoritmo descrito en la recomendación UIT-T G.107 y la satisfacción del usuario de acuerdo a la tabla 1.2 de la página 23, la cual también figura en la recomendación UIT-T G.107. No se pudo comparar estos resultados con los de un software similar porque la universidad carece de él y no fue posible adquirir uno debido a su elevado precio.

Las siguientes gráficas muestran el comportamiento de los distintos parámetros e indicadores de calidad de la red durante el día de las pruebas:



**Figura 4.1: Comportamiento del retardo de la red de Telefonía IP de la PUCP durante el día de las pruebas**



**Figura 4.2: Comportamiento de la variación del retardo de la red de Telefonía IP de la PUCP durante el día de las pruebas**

**Tabla 4.2: Pruebas realizadas de la calidad de la red de Telefonía IP de la PUCP**

<b>Hora de la muestra</b>	<b>Retardo (ms.)</b>	<b>Variación del retardo (ms.)</b>	<b>Pérdida de paquetes (%)</b>	<b>Factor R</b>	<b>MOS<sub>CQ</sub></b>	<b>GoB (%)</b>	<b>PoW (%)</b>	<b>Satisfacción del usuario</b>
8:00 AM	118.98	18.05	0.42	91	4.37	97.38	0.20	Muy satisfecho
8:20 AM	142.99	12.37	0.41	92	4.37	97.56	0.18	Muy satisfecho
9:00 AM	182.10	24.13	0.49	85	4.20	94.18	0.60	Satisfecho
9:20 AM	112.56	5.71	0.50	84	4.18	93.57	0.69	Satisfecho
10:15 AM	88.30	6.00	0.11	78	3.93	86.43	2.07	Algunos insatisfechos
10:20 AM	168.52	13.47	0.50	84	4.17	93.45	0.71	Satisfecho
11:00 AM	196.87	15.20	0.57	80	4.02	89.25	1.50	Algunos insatisfechos
11:30 AM	117.30	28.84	0.66	74	3.78	81.06	3.51	Algunos insatisfechos
12:20 PM	87.20	7.72	0.04	79	4.00	88.69	1.58	Algunos insatisfechos
1:15 PM	130.24	28.54	0.46	88	4.28	95.73	0.39	Satisfecho
1:30 PM	55.30	21.45	0.45	88	4.30	96.25	0.34	Satisfecho
2:10 PM	134.08	28.14	0.58	79	3.99	88.49	1.62	Algunos insatisfechos
2:30 PM	92.26	6.56	0.63	76	3.86	83.89	2.68	Algunos insatisfechos
3:15 PM	160.12	14.91	0.60	77	3.92	85.99	2.17	Algunos insatisfechos
3:30 PM	58.88	11.27	0.58	79	3.98	87.90	1.74	Algunos insatisfechos
3:50 PM	68.91	22.29	0.56	81	4.04	89.97	1.32	Satisfecho
4:20 PM	83.44	6.36	0.51	84	4.17	93.45	0.73	Satisfecho
4:30 PM	149.22	25.75	0.45	89	4.30	96.33	0.33	Satisfecho
5:00 PM	124.85	12.68	0.47	87	4.25	95.25	0.45	Satisfecho
5:20 PM	180.48	13.80	0.48	86	4.24	95.05	0.48	Satisfecho
5:40 PM	182.23	10.86	0.49	85	4.20	94.18	0.60	Satisfecho
5:45 PM	189.27	29.36	0.65	75	3.80	81.86	3.29	Algunos insatisfechos
6:00 PM	156.05	26.16	0.65	75	3.80	81.86	3.22	Algunos insatisfechos
8:15 PM	100.73	23.51	0.19	93	4.40	97.98	0.14	Muy satisfecho
8:30 PM	168.33	10.23	0.41	92	4.39	97.78	0.16	Muy satisfecho

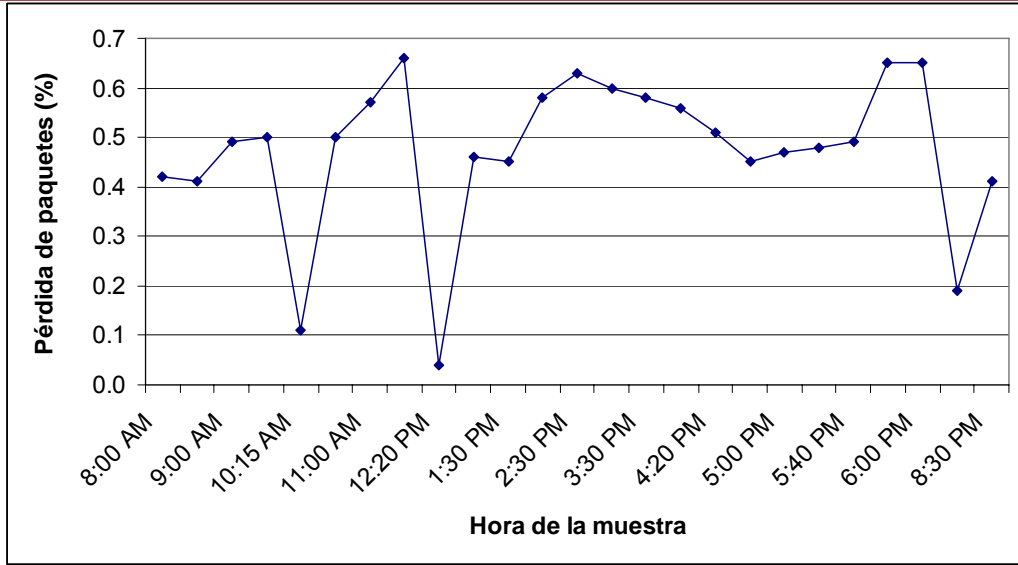


Figura 4.3: Comportamiento de la pérdida de paquetes de la red de Telefonía IP de la PUCP durante el día de las pruebas

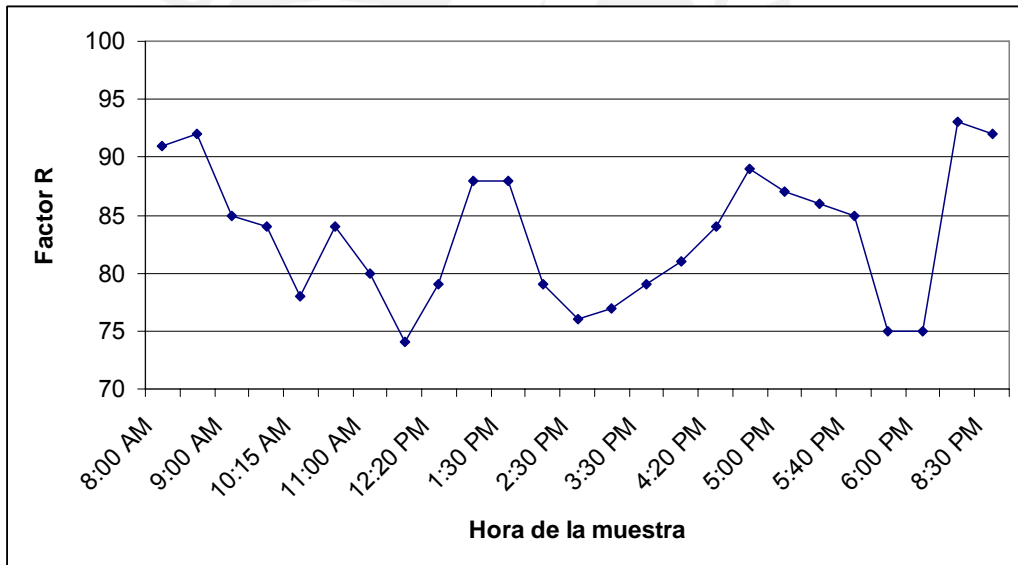
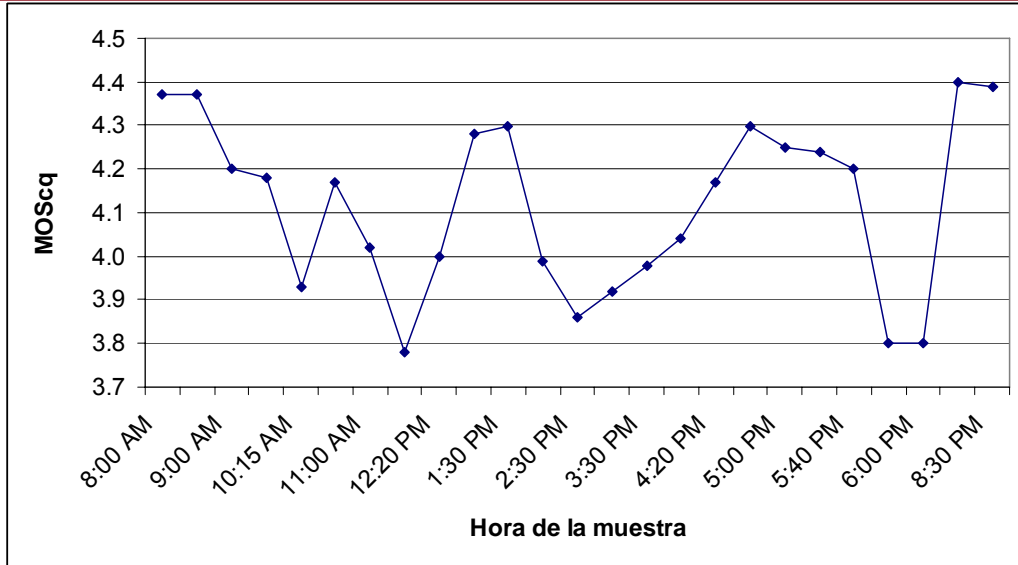


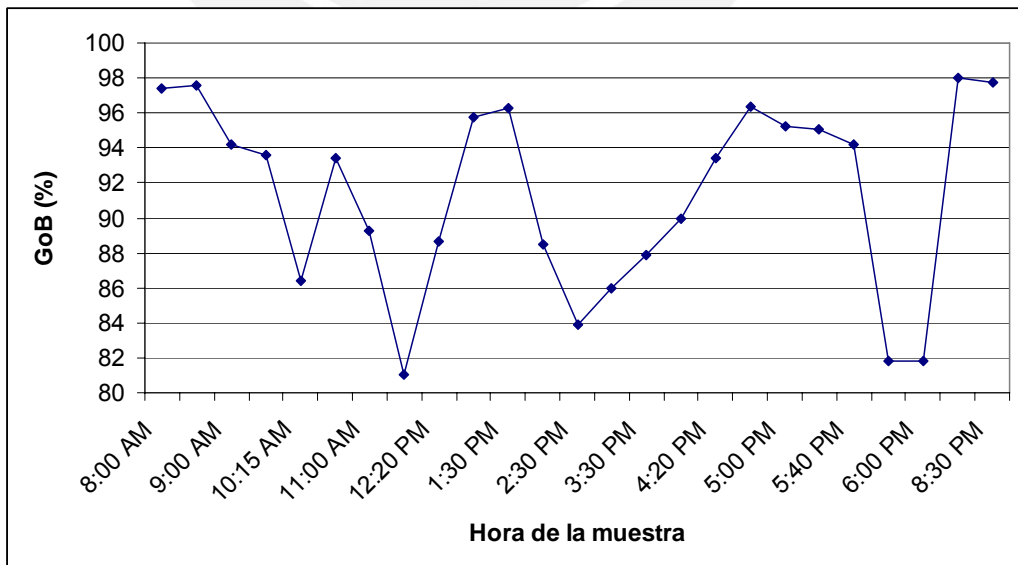
Figura 4.4: Comportamiento del factor R de la red de Telefonía IP de la PUCP durante el día de las pruebas



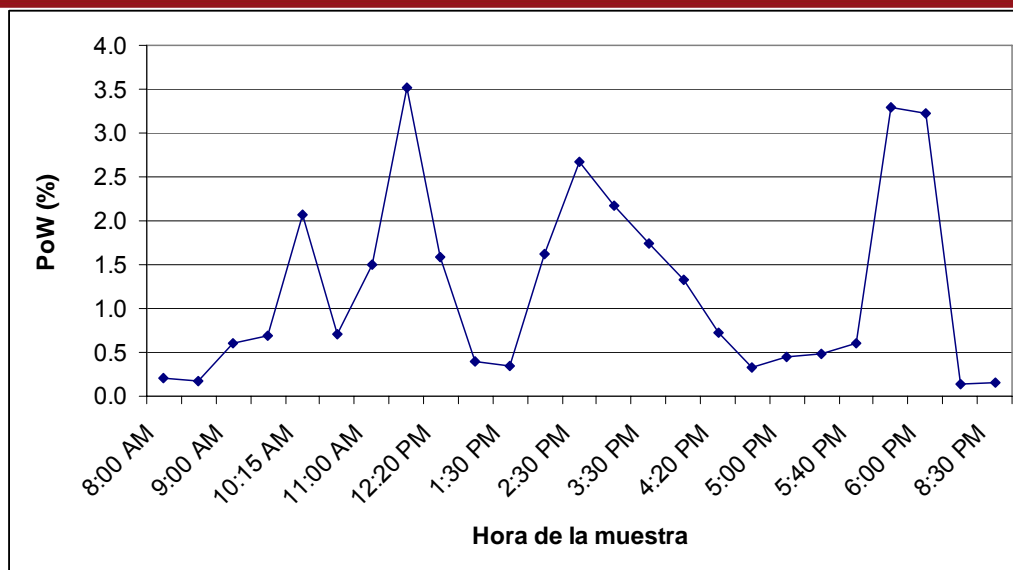


**Figura 4.5: Comportamiento del MOS<sub>cq</sub> de la red de Telefonía IP de la PUCP durante el día de las pruebas**

Tal como se observa en la figura anterior, al inicio y fin de las actividades en la universidad la calidad de la red de Telefonía IP es excelente. Durante el resto del día se observa un comportamiento dinámico con dos picos: el primero al inicio de la hora de almuerzo del personal y el otro a las 5 de la tarde. También existen dos caídas abruptas: la primera a las 2:30 de la tarde (reinicio de las actividades luego del almuerzo) y la otra entre las 5:30 de la tarde y 7:00 de la noche (cierre de las actividades). Este comportamiento es el esperado ya que mientras existan más usuarios del servicio es razonable que la calidad de la red disminuya.



**Figura 4.6: Comportamiento del GoB de la red de Telefonía IP de la PUCP durante el día de las pruebas**



**Figura 4.7: Comportamiento del PoW de la red de Telefonía IP de la PUCP durante el día de las pruebas**

#### 4.2 Análisis de los resultados

Para hallar el nivel de calidad exacto de la red de Telefonía IP de la PUCP se debería considerar la densidad de usuarios en la hora de cada muestra. Lamentablemente no se tuvo acceso a esta información, por lo cual se aproximó el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes equivalentes mediante la media de los valores de las muestras tomadas.

$$\text{Retardo equivalente} = \frac{\sum_{i=1}^{25} \text{Retardo}_i}{25} = 129.97 \text{ ms.}$$

$$\text{Variación del retardo equivalente} = \frac{\sum_{i=1}^{25} \text{Variación del retardo}_i}{25} = 16.93 \text{ ms.}$$

$$\text{Pérdida de paquetes equivalente} = \frac{\sum_{i=1}^{25} \text{Pérdida de paquetes}_i}{25} = 0.47\%$$

A partir de estos parámetros y utilizando el módulo de cálculo de los indicadores de calidad, según el algoritmo explicado en la recomendación UIT-T G.107, se obtuvieron los siguientes resultados:

Factor R = 87

MOS<sub>CQ</sub> = 4.25

GoB = 95.35 %

PoW = 0.44 %

Considerando estos valores obtenidos y la tabla 1.2 de la página 23, se concluye que el usuario de la red de Telefonía IP de la PUCP está satisfecho en lo concerniente a su necesidad de comunicación mediante este servicio.

Se debe resaltar que los dos principales indicadores de calidad son el factor R y el  $MOS_{CQ}$  ya que son éstos los que definen el nivel de la calidad de voz de la red de Telefonía IP. Por otro lado, las estimaciones GoB y PoW son indicadores de carácter estadístico que se obtienen a partir del factor R, tal como se muestra en la página 24, que por lo general sólo son consideradas para fines técnicos debido a su carácter altamente especializado, esto último también se afirma en la página 14 de la recomendación UIT-T G.107 que figura en el CD adjunto.

### **4.3 Análisis de costos**

El presupuesto del software implementado, según algunas estimaciones, está descrito en el siguiente cuadro y es detallado a continuación del mismo. Cabe destacar que las herramientas de software utilizadas pertenecen a la categoría de software libre, por lo que su costo ha sido nulo.

	<b>Costo mensual (S/.)</b>	<b>Número de meses</b>	<b>Costo (S/.)</b>
Honorarios profesionales	5000	6	30000
Materiales de oficina	50	6	300
Servicios	200	6	1200
		<b>Costo Total</b>	<b>31500</b>

#### **4.3.1 Honorarios profesionales**

Los recursos humanos estuvieron conformados por una sola persona. Considerando como S/.30 el costo de la hora hombre y que aproximadamente fueron 165 el número de horas trabajadas mensualmente, la remuneración mensual percibida por el trabajador fue de S/. 5000. Ya que la duración total del proyecto fue de 6 meses, el costo total de este rubro ascendió a S/. 30000.

#### **4.3.2 Materiales de oficina**

Se toman en cuenta los gastos ocasionados por la compra de papeles, lapiceros, lápices, entre otros. El costo estimado mensual fue de S/ 50.

#### **4.3 Servicios**

En este rubro se consideran los gastos producidos por la conexión a Internet y los servicios de agua, luz y teléfono. El costo estimado mensual fue de S/. 200.

## CONCLUSIONES

- Se cumplió el objetivo principal de diseñar e implementar un software para supervisar el tráfico de voz de la red de Telefonía IP de la Pontificia Universidad Católica del Perú. En el desarrollo de este software se incluyó la implementación de un monitor de paquetes (sniffer) propio.
- Se calcularon los parámetros de calidad (retardo, variación del retardo y pérdida de paquetes) y los principales indicadores de calidad de la red de Telefonía IP de la universidad (el factor R, el  $MOS_{CO}$ , la estimación GoB y la estimación PoW). A partir de estos resultados y considerando lo indicado en la norma UIT-T G.107, se concluye que el usuario del servicio de Telefonía IP de la Pontificia Universidad Católica del Perú está satisfecho.
- El software desarrollado es portable (compatible con distintas arquitecturas de cómputo y sistemas operativos), esto se logró gracias a que sólo se utilizaron aplicaciones estándar en su implementación, aunque esto haya significado un tiempo de desarrollo mayor que si se hubiesen usado herramientas de software específicas de algunos sistemas operativos.
- La interfaz del usuario es de fácil uso, tal como se planteó inicialmente, y la presentación de los resultados es de acuerdo a las necesidades del usuario. Sin embargo, se hubiesen obtenido mejores resultados con mayores recursos humanos ya que el autor de la presente tesis fue el encargado tanto del diseño previo como de la implementación del software.
- El software desarrollado puede servir como piloto para la implementación de un software supervisor del tráfico de voz de una red de Telefonía IP de mayor cobertura.

## RECOMENDACIONES

- Se debe ejecutar el software desarrollado en un sistema operativo diferente a Windows para lograr una mayor precisión en el cálculo de los parámetros e indicadores de calidad. Esta recomendación se debe a que los sistemas operativos Windows sólo tienen una precisión de reloj de 2 milisegundos en el mejor caso, mientras que los otros sistemas operativos tienen una precisión de reloj del orden de los microsegundos, con lo cual los resultados mostrados por el software serían mucho más exactos.
- La cantidad de pruebas realizadas debe ser mayor para lograr una medición más exacta del nivel de la calidad de voz en la red de Telefonía IP de la Pontificia Universidad Católica Perú. Por ello, se recomienda la ejecución de la aplicación desarrollada durante una semana completa, de tal manera que se aprecien las diferencias de la calidad de voz entre los diferentes días laborables.
- Realizar un estudio para conocer los parámetros de transmisión de los equipos que conforman la red de Telefonía IP de la PUCP, ya que para el cálculo de los parámetros e indicadores de calidad de la red se utilizaron los valores por defecto brindados en las recomendaciones UIT-T G.107, G.108 y G.113. Conociendo estos parámetros de transmisión las mediciones del nivel de calidad de la red serán más precisas.
- Aumentar las capacidades gráficas de la interfaz de usuario y añadir la función de generar reportes de evolución histórica de los parámetros e índices de calidad medidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] América Sistemas Noticiero Digital  
[http://www.americasistemas.com.pe/noticiero\\_digital/catolica.htm](http://www.americasistemas.com.pe/noticiero_digital/catolica.htm)
- [2] Banda Ancha: Aplicaciones y contenido  
<http://www.itu.int/osg/spu/spunews/2003/oct-dec/applications-es.html>
- [3] Cisco Systems  
2002 NetFlow Services and Applications
- [4] Digital source coding of speech signals  
[http://www.ind.rwth-aachen.de/research/speech\\_coding.html](http://www.ind.rwth-aachen.de/research/speech_coding.html)
- [5] Echoping Home page.  
<http://echoping.sourceforge.net/>
- [6] Ethereal  
<http://www.ethereal.com/>
- [7] Extreme Programming: A Gentle Introduction  
<http://www.extremeprogramming.org/>
- [8] Fluke Networks VoIP  
<http://www.flukenetworks.com/es/Solutions/VoIP/voip.htm>
- [9] IPMP: IP Measurement Protocol  
<http://watt.nlanr.net/AMP/IPMP/>
- [10] One-way Active Measurement Protocol (OWAMP) Requirements  
<http://www.faqs.org/rfcs/rfc3763.html>
- [11] Postel J. et. al.  
1981 Internet Control Message Protocol, RFC 792
- [12] Protocolos en redes IP  
[http://www.pucp.edu.pe/fac/cing/telecom/docs/protocolos\\_IP.ppt](http://www.pucp.edu.pe/fac/cing/telecom/docs/protocolos_IP.ppt)
- [13] Quality Management: Troubleshooting Techniques for Voice over IP  
[http://portweb.flukenetworks.com/storage/efulfillment/2279730\\_6512\\_eng\\_a\\_eful\\_2193.pdf](http://portweb.flukenetworks.com/storage/efulfillment/2279730_6512_eng_a_eful_2193.pdf)
- [14] Schulzrinne H. et. al.  
1996 RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, RFC 1889.



[15] SIP vs H323

<http://www.filelodge.com/files/hdd7/165556/SIPvsH323pdf.pdf>

[16] Tcpdump

<http://www.tcpdump.org/>

[17] Unión Internacional de Telecomunicaciones

1989 Red telefónica y RDSI: calidad de servicio, gestión de la red e ingeniería de tráfico.

[18] Unión Internacional de Telecomunicaciones

2005 Recomendación G.107: El modelo E, un modelo informático para su utilización en planificación de la transmisión

[19] Unión Internacional de Telecomunicaciones

1999 Recomendación G.108: Aplicación del modelo E, directrices para la planificación.

[20] Unión Internacional de Telecomunicaciones

1999 Recomendación G.109: Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal.

[21] Unión Internacional de Telecomunicaciones

2002 Recomendación G.113: Atenuaciones debidas al proceso de transmisión de voz

[22] VoIP Troubleshooter: The Basics Measuring Voice Quality

<http://www.voiptroubleshooter.com/basics/mosr.html>

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.107**

(03/2005)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –  
Definiciones generales

---

**El modelo E, un modelo informático para  
utilización en planificación de la transmisión**

Recomendación UIT-T G.107

UIT-T



RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
<b>Definiciones generales</b>	<b>G.100–G.109</b>
Recomendaciones generales sobre la calidad de transmisión para una conexión telefónica internacional completa	G.110–G.119
Características generales de los sistemas nacionales que forman parte de conexiones internacionales	G.120–G.129
Características generales de la cadena a cuatro hilos formada por los circuitos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.130–G.139
Características generales de la cadena a cuatro hilos de los circuitos internacionales; tránsito internacional	G.140–G.149
Características generales de los circuitos telefónicos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.150–G.159
Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia	G.160–G.169
Aspectos del plan de transmisión relativos a los circuitos especiales y conexiones de la red de conexiones telefónicas internacionales	G.170–G.179
Protección y restablecimiento de sistemas de transmisión	G.180–G.189
Herramientas de soporte lógico para sistemas de transmisión	G.190–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

## **Recomendación UIT-T G.107**

### **El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión**

#### **Resumen**

La presente Recomendación describe el algoritmo para el denominado modelo E como el modelo común del UIT-T para la determinación de índices de transmisión. Este modelo informático puede resultar útil a los planificadores de sistemas de transmisión para contribuir a que los usuarios estén satisfechos de la calidad de la transmisión de extremo a extremo. El resultado primario del modelo es una cuantificación escalar de la calidad de transmisión. Una característica fundamental de este modelo es la utilización de factores de degradación de la transmisión que reflejen los efectos de los modernos dispositivos de procesamiento de señales.

En la revisión efectuada en el año 2000, se proporcionó una versión mejorada del modelo E con el fin de tener en cuenta mejor los efectos del ruido ambiente en el lado emisor y la distorsión de cuantificación. En la revisión de 2002 se ha incluido la degradación debida a la pérdida aleatoria de paquetes en una manera paramétrica para diferentes códecs. En relación con la versión de 2003, puede verse un modelado mejorado de la calidad para niveles bajos del efecto local del hablante. La presente revisión permite realizar predicciones más precisas sobre la calidad de los códecs en condiciones de pérdida de paquetes dependiente (a corto plazo).

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.107 fue aprobada el 1 de marzo de 2005 por la Comisión de Estudio 12 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2005

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Generalidades .....	1
1.1 Alcance .....	1
1.2 Referencias .....	1
2 Modelo E, un modelo informático para uso en planificación de la transmisión .....	2
2.1 Introducción.....	2
2.2 Código fuente .....	2
3 Estructura y algoritmos básicos del modelo E.....	2
3.1 Cálculo del factor de determinación de índices de transmisión, $R$ .....	3
3.2 Relación señal/ruido básica, $R_o$ .....	4
3.3 Factor de degradaciones simultáneas, $I_s$ .....	4
3.4 Factor de degradación por retardo, $I_d$ .....	5
3.5 Factor de degradación del equipo, $I_e$ .....	7
3.6 Factor de mejora, $A$ .....	7
3.7 Valores por defecto.....	8
Anexo A – Condiciones de uso del modelo E .....	9
A.1 Ejemplos de condiciones que requieren precaución cuando se utiliza el modelo E.....	9
A.2 Condiciones para las que se ha mejorado el modelo E actualizando la versión anterior.....	10
Anexo B – Medidas de calidad obtenidas a partir del factor de determinación de índices de transmisión $R$ .....	12
Anexo C – Código fuente para G.107_5 en BASIC .....	14
Apéndice I – Cálculo de $R$ a partir de los valores de $MOS_{CQE}$ .....	19
BIBLIOGRAFÍA .....	20





## Recomendación UIT-T G.107

### El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión

#### 1 Generalidades

##### 1.1 Alcance

La presente Recomendación describe un modelo informático, conocido como modelo E, que ha demostrado ser útil como herramienta de planificación de sistemas de transmisión, para evaluar los efectos combinados de las variaciones de diversos parámetros de transmisión que afectan a la calidad de la conversación<sup>1</sup> telefónica con microteléfono a 3,1 kHz. Este modelo informático puede ser utilizado, por ejemplo, por los planificadores de sistemas de transmisión para asegurar que los usuarios están satisfechos con las características de transmisión de extremo a extremo, a la vez que se evita el sobredimensionamiento de las redes. Hay que destacar que el resultado fundamental del modelo es el "factor de determinación de índices" R, aunque se puede transformar para obtener estimaciones de la opinión de los clientes. Estas estimaciones se hacen solamente a los efectos de la planificación de la transmisión y no para predecir la opinión real de los clientes (para lo cual no hay un modelo acordado recomendado por el UIT-T).

La presente revisión incluye la pérdida de paquetes como un nuevo parámetro y la mejora del modelo del efecto local del hablante.

El modelo E no ha sido verificado totalmente mediante mediciones en servicio real o pruebas de laboratorio para el gran número de posibles combinaciones de parámetros de entrada. En el caso de muchas combinaciones que son muy importantes para los planificadores de sistemas de transmisión, el modelo E se puede utilizar con confianza; pero para otras combinaciones de parámetros, las predicciones del modelo E han sido cuestionadas y se encuentran actualmente en estudio. En consecuencia, se ha de tener cuidado al utilizar el modelo E para determinadas condiciones; por ejemplo, el modelo E puede dar resultados inexactos para las combinaciones de ciertos tipos de degradaciones. El anexo A proporciona más información a este respecto.

##### 1.2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T G.100 (2001), *Definiciones utilizadas en las Recomendaciones sobre características generales de las conexiones y circuitos telefónicos internacionales*.
- [2] Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E: Directrices para la planificación*.

---

<sup>1</sup> En este contexto, la calidad de la conversación hace referencia a las características de transmisión, por ejemplo, tiempos de transmisión prolongados, efectos del eco para el hablante, etc. No obstante, el modelo E descrito en esta Recomendación no está destinado a modelar las degradaciones de transmisión en situaciones de conversación simultánea.

- [3] Recomendación UIT-T G.109 (1999), *Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal*.
- [4] Recomendación UIT-T G.113 (2001), *Degradaciones de la transmisión debido al tratamiento de las señales vocales*.
- [5] Recomendación UIT-T G.113 apéndice I (2002), *Valores provisionales de planificación para el factor de degradación de equipo, Ie, y el factor de robustez contra pérdida de paquetes, Bpl*.
- [6] Recomendación UIT-T P.833 ((2001), *Metodología para la obtención de los factores de degradación del equipo a partir de pruebas subjetivas de escucha solamente*.
- [7] Recomendación UIT-T P.834 (2002), *Metodología para la obtención de los factores de degradación del equipo a partir de modelos instrumentales*.
- [8] Recomendación UIT-T P.862 (2001), *Evaluación de la calidad vocal por percepción: Un método objetivo para la evaluación de la calidad vocal de extremo a extremo de redes telefónicas de banda estrecha y códecs vocales*.

## **2 Modelo E, un modelo informático para uso en planificación de la transmisión**

### **2.1 Introducción**

La complejidad de las redes modernas requiere que, para la planificación de transmisión, los numerosos parámetros de transmisión no sean considerados sólo individualmente, sino que también se tengan en cuenta sus efectos combinados. Aunque esto se puede hacer mediante "estimación basada en la experiencia" es deseable un planteamiento más sistemático, como la utilización de un modelo informático. El resultado del modelo descrito aquí es un valor escalar de determinación de índice de calidad, R, que varía linealmente con la calidad global de la conversación. La Rec. UIT-T G.113 [4] contiene orientaciones sobre las degradaciones específicas, incluidos los efectos combinados, basándose en una simplificación del modelo. Sin embargo, estos resultados pueden dar también estimaciones nominales de la reacción de los usuarios, por ejemplo en forma de porcentajes que consideran la conexión modelada "buena o mejor" o "mediocre o peor", como se describe en el anexo B. Además, en la Rec. UIT-T G.108 [2] se proporciona orientación detallada para la aplicación correcta del modelo E, descrito en la presente Recomendación, mientras que en la Rec. UIT-T G.109 [3] se definen las categorías de calidad de transmisión vocal.

### **2.2 Código fuente**

El anexo C incluye el código fuente en BASIC del modelo E que se describe en la presente Recomendación. El objeto de este código es asegurar que los usuarios del modelo E están utilizando implementaciones coherentes de las fórmulas.

## **3 Estructura y algoritmos básicos del modelo E**

El modelo E se basa en el método de factor de degradación del equipo, de acuerdo con modelos de determinación de índices de transmisión previos. Fue elaborado por un Grupo ad hoc del ETSI denominado "Calidad de transmisión de la voz de boca a oído".

Como se muestra en la figura 1, la conexión de referencia se divide entre un lado transmisión y un lado recepción. El modelo estima la calidad de comunicación de la conversación de boca a oído percibida por el usuario en el lado recepción, como oyente y como hablante.

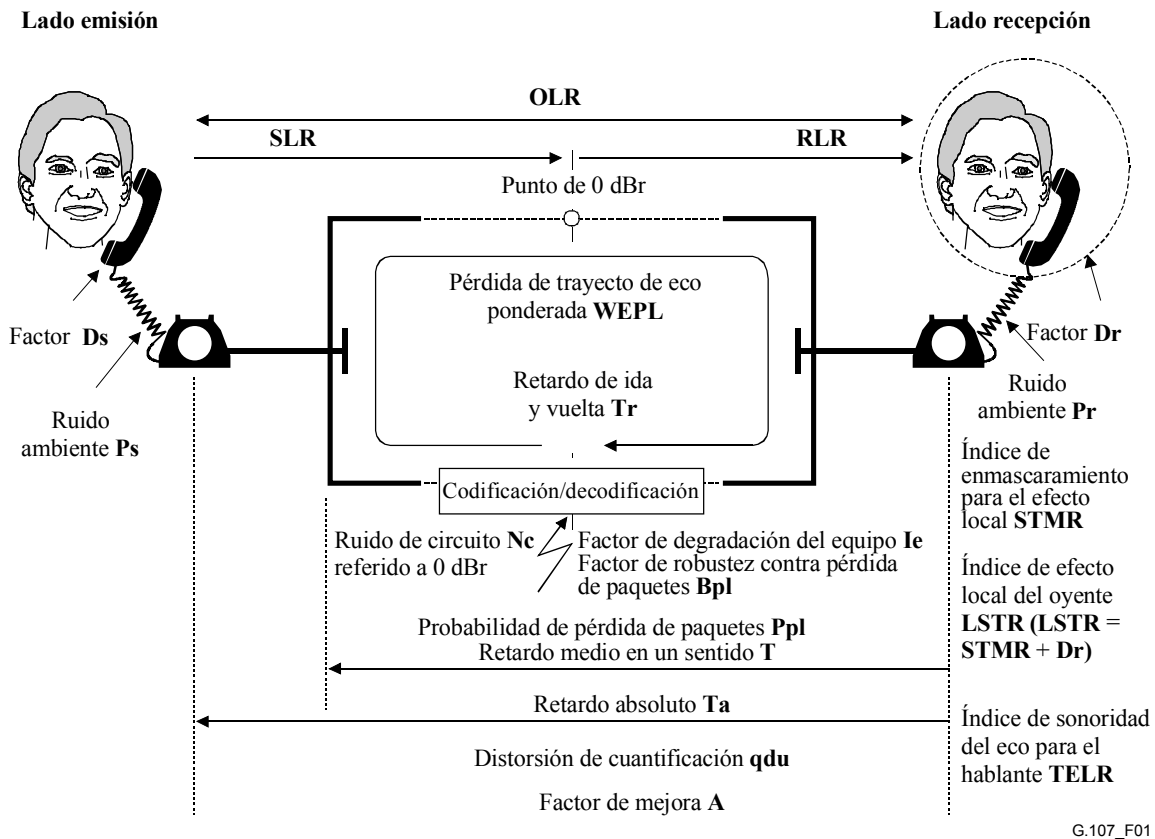


Figura 1/G.107 – Conexión de referencia del modelo E

Los parámetros de transmisión utilizados como entrada para el modelo informático se muestran en la figura 1. En el algoritmo se tratan por separado los valores de ruido ambiente y de los factores  $D$  para el lado emisión y el lado recepción y pueden tener valores diferentes. Los parámetros SLR, RLR y ruido de circuito  $N_c$  están referidos a un punto definido de 0 dBr. Los demás parámetros de entrada se consideran como valores para la conexión global, por ejemplo, OLR (en cualquier caso la suma de SLR y RLR), número de  $q_{du}$ , factores de degradación del equipo  $I_e$  y factor de mejora  $A$ , o se refieren únicamente al lado recepción, como  $STMR$ ,  $LSTR$ ,  $WEPL$  (para el cálculo del eco para el oyente) y  $TELR$ .

Hay tres parámetros diferentes asociados con el tiempo de transmisión. El retardo absoluto  $T_a$  representa el retardo total en un sentido entre el lado emisión y el lado recepción y se utiliza para estimar la degradación debida a retardos demasiado largos. El parámetro retardo medio en un sentido  $T$  representa el retardo entre el lado recepción (en estado hablante) y el punto de una conexión en el que aparece un acoplamiento de señales como una fuente de eco. El retardo de ida y vuelta  $T_r$  sólo representa el retardo en un bucle a 4 hilos en el que la señal "doblemente reflejada" producirá degradaciones debidas al eco para el oyente.

### 3.1 Cálculo del factor de determinación de índices de transmisión, $R$

Según el método del factor de degradación del equipo, el principio fundamental del modelo E se basa en un concepto dado en la descripción del modelo OPINE [véase la Bibliografía, Suplemento 3 a las Recomendaciones de la serie P]:

Los factores psicológicos y la escala psicológica son aditivos.

En una primera etapa, el resultado de cualquier cálculo con el modelo E es un factor de determinación de índices de transmisión  $R$ , que combina todos los parámetros de transmisión pertinentes para la conexión considerada. Este factor  $R$  está constituido por:

$$R = Ro - Is - Id - Ie-eff + A \quad (3-1)$$

$Ro$  representa en principio la relación señal/ruido básica que incluye fuentes de ruido, tales como ruido de circuito y ruido ambiente. El factor  $Is$  es una combinación de todas las degradaciones que aparecen de forma más o menos simultánea con la señal vocal. El factor  $Id$  representa las degradaciones producidas por el retardo y el factor de degradación efectiva del equipo  $Ie-eff$  representa las degradaciones producidas por códecs de velocidad binaria baja. Incluye también la degradación debida a pérdidas de paquetes de distribución aleatoria. El factor de mejora  $A$  permite compensar los factores de degradación cuando existen otras ventajas de acceso para el usuario. El término  $Ro$  y los valores  $Is$  e  $Id$  se subdividen en valores de degradación específicos más detallados. Las cláusulas siguientes muestran las fórmulas utilizadas en el modelo E.

### 3.2 Relación señal/ruido básica, $Ro$

La relación señal/ruido básica  $Ro$  está definida por:

$$Ro = 15 - 1,5(SLR + No) \quad (3-2)$$

El término  $No$  [en dBm0p] es la suma de las potencias de diferentes fuentes de ruido:

$$No = 10 \log \left[ 10^{\frac{Nc}{10}} + 10^{\frac{Nos}{10}} + 10^{\frac{Nor}{10}} + 10^{\frac{Nfo}{10}} \right] \quad (3-3)$$

$Nc$  [en dBm0p] es la suma de todas las potencias de ruido de circuito, referidas al punto de 0 dBr.

$Nos$  [en dBm0p] es el ruido de circuito equivalente en el punto de 0 dBr, producido por el ruido ambiente  $Ps$  en el lado emisión:

$$Nos = Ps - SLR - Ds - 100 + 0,004(Ps - OLR - Ds - 14)^2 \quad (3-4)$$

donde  $OLR = SLR + RLR$ . De igual manera, el ruido ambiente  $Pr$  en el lado recepción se transforma en un ruido de circuito equivalente  $Nor$  [en dBm0p] en el punto de 0 dBr.

$$Nor = RLR - 121 + Pre + 0,008(Pre - 35)^2 \quad (3-5)$$

El término  $Pre$  [en dBm0p] es el "ruido ambiente efectivo" producido por la amplificación de  $Pr$  en el trayecto de efecto local del oyente:

$$Pre = Pr + 10 \log \left[ 1 + 10^{\frac{(10-LSTR)}{10}} \right] \quad (3-6)$$

$Nfo$  [en dBm0p] representa el "nivel de ruido" en el lado recepción,

$$Nfo = Nfor + RLR \quad (3-7)$$

con  $Nfor$  fijado normalmente en  $-64$  dBmp.

### 3.3 Factor de degradaciones simultáneas, $Is$

El factor  $Is$  es la suma de todas las degradaciones que pueden producirse de forma más o menos simultánea con la transmisión de señales vocales. El factor  $Is$  se divide en tres factores de degradación específicos:

$$Is = Iolr + Ist + Iq \quad (3-8)$$

$I_{olr}$  representa la disminución de calidad producida por valores demasiado bajos de OLR y viene dada por:

$$I_{olr} = 20 \left[ \left\{ 1 + \left( \frac{X_{olr}}{8} \right)^8 \right\}^{\frac{1}{8}} - \frac{X_{olr}}{8} \right] \quad (3-9)$$

donde:

$$X_{olr} = OLR + 0,2(64 + N_o - RLR) \quad (3-10)$$

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

$$I_{st} = 12 \left[ 1 + \left( \frac{STMRO - 13}{6} \right)^8 \right]^{\frac{1}{8}} - 28 \left[ 1 + \left( \frac{STMRO + 1}{19,4} \right)^{35} \right]^{\frac{1}{35}} - 13 \left[ 1 + \left( \frac{STMRO - 3}{33} \right)^{13} \right]^{\frac{1}{13}} + 29 \quad (3-11)$$

donde:

$$STMRO = -10 \log \left[ 10^{-\frac{STM}{10}} + e^{-\frac{T}{4}} 10^{-\frac{TELR}{10}} \right] \quad (3-12)$$

El factor de degradación  $I_q$  representa la degradación producida por la distorsión de cuantificación:

$$I_q = 15 \log \left[ 1 + 10^Y + 10^Z \right] \quad (3-13)$$

donde:

$$Y = \frac{R_o - 100}{15} + \frac{46}{8,4} - \frac{G}{9} \quad (3-14)$$

$$Z = \frac{46}{30} - \frac{G}{40} \quad (3-15)$$

y:

$$G = 1,07 + 0,258Q + 0,0602Q^2 \quad (3-16)$$

$$Q = 37 - 15 \log(\text{qdu}) \quad (3-17)$$

En esta fórmula, qdu representa el número de qdu para toda la conexión entre el lado emisión y el lado recepción.

NOTA – Si se utiliza un factor de degradación  $I_e$  para una pieza del equipo, no se debe utilizar el valor qdu para esa misma pieza del mismo equipo.

### 3.4 Factor de degradación por retardo, $I_d$

El factor de degradación  $I_d$ , que representa todas las degradaciones debidas al retardo de las señales vocales, también se subdivide en tres factores  $I_{dte}$ ,  $I_{dle}$  e  $I_{dd}$ :

$$I_d = I_{dte} + I_{dle} + I_{dd} \quad (3-18)$$

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

$$I_{dte} = \left[ \frac{Roe - Re}{2} + \sqrt{\frac{(Roe - Re)^2}{4} + 100} - 1 \right] (1 - e^{-T}) \quad (3-19)$$

donde:

$$Roe = -1,5(No - RLR) \quad (3-20)$$

$$Re = 80 + 2,5(TERV - 14) \quad (3-21)$$

$$TERV = TELR - 40 \log \frac{1 + \frac{T}{10}}{1 + \frac{T}{150}} + 6e^{-0,3T^2} \quad (3-22)$$

Para valores de  $T < 1$  ms, el eco para el hablante debe ser considerado como efecto local, es decir,  $Idte = 0$ . El algoritmo de cálculo combina además la influencia de STMR en el eco para el hablante. Teniendo en cuenta que los valores bajos de STMR pueden tener cierto efecto de enmascaramiento en el eco para el hablante y que para valores muy altos de STMR el eco para el hablante puede ser más perceptible, los términos  $TERV$  e  $Idte$  se ajustan como sigue:

Para  $STMR < 9$  dB:

Se sustituye  $TERV$  en la ecuación 3-21 por  $TERVs$ , donde:

$$TERVs = TERV + \frac{Ist}{2} \quad (3-23)$$

Para  $9 \text{ dB} \leq STMR \leq 20$  dB:

se aplican las ecuaciones 3-19 a 3-22 indicadas anteriormente.

Para  $STMR > 20$  dB:

En la ecuación 3-18,  $Idte$  se sustituye por  $Idtes$ , donde:

$$Idtes = \sqrt{Idte^2 + Ist^2} \quad (3-24)$$

El factor  $Idle$  representa degradaciones debidas al eco para el oyente. Las ecuaciones son:

$$Idle = \frac{Ro - Rle}{2} + \sqrt{\frac{(Ro - Rle)^2}{4} + 169} \quad (3-25)$$

donde:

$$Rle = 10,5(WEPL + 7)(Tr + 1)^{-0,25} \quad (3-26)$$

El factor  $Idd$  representa la degradación producida por retardos absolutos demasiado largos  $Ta$ , que se producen incluso con compensación perfecta del eco.

Para  $Ta \leq 100$  ms:

$$Idd = 0$$

Para  $Ta > 100$  ms:

$$Idd = 25 \left\{ \left( 1 + X^6 \right)^{\frac{1}{6}} - 3 \left( 1 + \left[ \frac{X}{3} \right]^6 \right)^{\frac{1}{6}} + 2 \right\} \quad (3-27)$$



con:

$$X = \frac{\log\left(\frac{Ta}{100}\right)}{\log 2} \quad (3-28)$$

### 3.5 Factor de degradación del equipo, $I_e$

Los valores para el factor de degradación del equipo,  $I_e$ , de elementos que utilizan códecs de baja velocidad binaria no están relacionados con otros parámetros de entrada. Dependen de resultados de pruebas subjetivas con notas medias de opinión, así como de la experiencia de la red. Para los valores de  $I_e$  efectivamente recomendados, véase el apéndice I/G.113 [5].

Los valores específicos del factor de degradación para el funcionamiento de códecs en condiciones de pérdida de paquetes aleatoria<sup>2</sup> han sido tratados anteriormente utilizando los valores  $I_e$  tabulados, dependientes de la pérdida de paquetes. Ahora se define el factor de robustez contra pérdida de paquetes,  $Bpl$ , como un valor específico del códec. El factor de degradación efectiva del equipo que depende de la pérdida de paquetes,  $I_{e-eff}$ , se obtiene utilizando el valor específico del códec para el factor de degradación del equipo con pérdida de paquetes cero,  $I_e$ , y el factor de robustez contra pérdida de paquetes,  $Bpl$ , ambos enumerados en el apéndice I/G.113 para varios códecs. Con la probabilidad de pérdida de paquetes  $Ppl$ ,  $I_{e-eff}$  se calcula usando la fórmula:

$$I_{e-eff} = I_e + (95 - I_e) \cdot \frac{Ppl}{\frac{Ppl}{BurstR} + Bpl} \quad (3-29)$$

$BurstR$  es la así llamada relación de ráfaga, que se define como sigue:

$$BurstR = \frac{\text{Longitud media de las ráfagas observadas en una secuencia de llegada}}{\text{Longitud media de las ráfagas previstas en la red en condiciones de pérdida "arbitraria"}}$$

Cuando la pérdida de paquetes sea aleatoria (esto es, independiente),  $BurstR = 1$ ; y cuando la pérdida de paquetes obedezca a las ráfagas (es decir, sea dependiente),  $BurstR > 1$ .

Por ejemplo, tratándose de distribuciones de la pérdida de paquetes correspondientes a un modelo de Markov con dos estados y las siguientes probabilidades de transición:  $p$  entre un estado de paquetes "localizados" y otro de "pérdida", y  $q$  entre un estado de "pérdida" y otro de paquetes "localizados", la relación de ráfaga es la siguiente:

$$BurstR = \frac{1}{p+q} = \frac{Ppl/100}{p} = \frac{1-Ppl/100}{q} \quad (3-30)$$

De acuerdo con la fórmula 3-29, el factor de degradación efectiva del equipo en caso de  $Ppl = 0$  (no hay pérdida de paquetes) es igual al valor  $I_e$  definido en el apéndice I/G.113.

Sírvanse consultar el anexo A/G.107 en lo que respecta a la gama de valores de los parámetros para la cual se ha validado el algoritmo.

### 3.6 Factor de mejora, $A$

Debido al significado específico del factor de mejora  $A$ , no existe, por consiguiente, ninguna relación con los demás parámetros de transmisión. El cuadro 1 ofrece algunos valores provisionales.

<sup>2</sup> Se considera que la probabilidad de perder un paquete es independiente del estado de recepción (recibido/perdido) del paquete anterior.

**Cuadro 1/G.107 – Ejemplos provisionales del factor de mejora  $A$**

Ejemplo de sistema de comunicación	Valor máximo de $A$
Convencional (alámbrico)	0
Movilidad mediante redes celulares en un edificio	5
Movilidad en una zona geográfica o en un vehículo en movimiento	10
Conexión con lugares de difícil acceso, por ejemplo, mediante conexiones de múltiples saltos por satélite	20

Cabe destacar que los valores del cuadro 1, tomados de la Rec. UIT-T G.113 [4], son sólo provisionales. La utilización del factor  $A$  y la selección de su valor para una aplicación específica es una decisión del planificador. No obstante, los valores del cuadro 1 se han de considerar como límites superiores absolutos para  $A$ .

### 3.7 Valores por defecto

El cuadro 2 enumera los valores por defecto para todos los parámetros de entrada utilizados en el algoritmo del modelo E. Se recomienda encarecidamente la utilización de estos valores por defecto para todos los parámetros que no son modificados durante el cálculo para la planificación. Si se fijan todos los parámetros a los valores por defecto, el resultado del cálculo es una calidad muy alta (factor de evaluación  $R = 93,2$ ).

**Cuadro 2/G.107 – Valores por defecto y gamas permitidas para los parámetros**

Parámetro	Abre- viatura	Unidad	Valor por defecto	Gama permitida	Comentarios
Índice de sonoridad en emisión	SLR	dB	+8	0 ... +18	(Nota 1)
Índice de sonoridad en recepción	RLR	dB	+2	-5 ... +14	(Nota 1)
Índice de enmascaramiento para el efecto local	STMR	dB	15	10 ... 20	(Nota 2)
Índice de efecto local para el oyente	LSTR	dB	18	13 ... 23	(Nota 2)
Valor D del teléfono, lado emisor	Ds	-	3	-3 ... +3	(Nota 2)
Valor D del teléfono, lado recepción	Dr	-	3	-3 ... +3	(Nota 2)
Índice de sonoridad del eco para el hablante	TELR	dB	65	5 ... 65	
Pérdida de trayecto de eco ponderado	WEPL	dB	110	5 ... 110	
Retardo medio en un sentido del trayecto de eco	T	ms	0	0 ... 500	
Retardo de ida y vuelta en un bucle a 4 hilos	Tr	ms	0	0 ... 1000	
Retardo absoluto en conexiones sin eco	Ta	ms	0	0 ... 500	
Número de unidades de distorsión de cuantificación	qdu	-	1	1 ... 14	
Factor de degradación de equipo	Ie	-	0	0 ... 40	
Factor de robustez contra pérdida de paquetes	Bpl	-	1	1 ... 40	(Nota 3)
Probabilidad de pérdida de paquetes aleatoria	Ppl	%	0	0 ... 20	(Nota 3)
Relación de ráfaga	BurstR	-	1	1 ... 2	(Nota 3)

**Cuadro 2/G.107 – Valores por defecto y gamas permitidas para los parámetros**

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Valor por defecto	Gama permitida	Comentarios
Ruido de circuito referido al punto de 0 dBr	Nc	dBm0p	-70	-80 ... -40	
Nivel de ruido en el lado recepción	Nfor	dBmp	-64	-	(Nota 3)
Ruido ambiente en el lado emisor	Ps	dB(A)	35	35 ... 85	
Ruido ambiente en el lado recepción	Pr	dB(A)	35	35 ... 85	
Factor de mejora	A	-	0	0 ... 20	
NOTA 1 – Valores totales entre el micrófono o el receptor y el punto de 0 dBr. NOTA 2 – Relación fija: LSTR = STMR + D. NOTA 3 – Actualmente en estudio.					

La revisión de esta Recomendación efectuada en 2000 proporcionó una versión mejorada del algoritmo del modelo E (véase el anexo A).

Debido a esta revisión del año 2000, el índice  $R$  resultante, con todos los valores por defecto de los parámetros, ha variado ligeramente (de  $R = 94,2$  a  $R = 93,2$ ). No obstante, a los efectos prácticos de la planificación, esta ligera desviación debe considerarse insignificante.

## Anexo A

### Condiciones de uso del modelo E

NOTA – La evaluación y mejora del algoritmo del modelo E está en estudio. Los resultados se incluirán tan pronto estén disponibles.

#### A.1 Ejemplos de condiciones que requieren precaución cuando se utiliza el modelo E

- *Nivel global de los factores de degradación del equipo*  
 Algunas investigaciones experimentales sugieren que la tendencia general de los factores de degradación del equipo es demasiado pesimista, por lo que se puede incorporar un margen de seguridad oculto.
- *Propiedad de aditividad global del modelo*  
 El modelo E presupone que diferentes tipos de degradaciones son aditivos en la escala del factor de determinación de índices de transmisión  $R$ . Esta característica no se ha comprobado de forma satisfactoria. En particular, se dispone de muy pocas investigaciones respecto a la interacción de códecs de baja velocidad binaria con otros tipos de degradaciones, por ejemplo, con ruido ambiente. Además, permanecen inciertos los efectos de orden de la puesta en cascada de varios códecs de baja velocidad binaria.
- *Cobertura del efecto local del hablante*  
 Algunos experimentos muestran que el modelo E descarta algunos efectos de enmascaramiento que se producen en el efecto local del hablante, a saber, junto con el ruido de circuito, el ruido ambiente en el lado recepción y el eco para el hablante de retardo bajo (< 10 ms).

– *Factor de mejora A*

Hasta la fecha no se ha aclarado en qué condiciones deben aplicarse los valores dados para el factor de mejora. Se supone que estos valores pueden depender, por ejemplo, del grupo de usuarios, y que los valores absolutos cambiarán a largo plazo.

– *Metodología para obtener los factores de degradación de equipos nuevos*

La Rec. UIT-T P.833 [6] contiene la nueva metodología adoptada para obtener los factores de degradación de los equipos a partir de pruebas subjetivas de calidad de escucha y la Rec. UIT-T P.834 [7] contiene la nueva metodología adoptada para obtener los factores de degradación de los equipos a partir de modelos instrumentales, tales como los descritos en la Rec. UIT-T P.862 [8].

– *Predicciones para diferentes tipos de ruido ambiente y diferentes conformaciones de frecuencia en el canal de comunicación, en el trayecto de efecto local y en el trayecto de eco*

El modelo E considera el efecto del ruido ambiente solo mediante un nivel ponderado A. La opinión real sobre la calidad de la comunicación vocal puede depender incluso del tipo y de la perturbación del ruido ambiente. Las características de frecuencia del canal de comunicación, del trayecto de efecto local y del eco no se consideran explícitamente en el modelo E, sino sólo de forma implícita mediante los índices de sonoridad. Sin embargo, pueden afectar a la calidad de transmisión percibida.

## A.2 Condiciones para las que se ha mejorado el modelo E actualizando la versión anterior

– *Efecto del ruido ambiente en el lado emisor*

Con el actual algoritmo del modelo E mejorado (revisión del año 2000), ahora se tiene en cuenta el efecto Lombard (es decir, el hecho de que el hablante adapta su pronunciación y nivel de voz al entorno de ruido), que se pasó por alto en la versión de 1998 y que condujo a predicciones del modelo E demasiado pesimistas para altos niveles de ruido ambiente, *Pr.*

– *Predicciones para la distorsión de cuantificación*

En el caso de la versión de 1998 del modelo E, los resultados de pruebas subjetivas para las condiciones de la unidad de referencia de ruido modulado (MNRU) muy a menudo eran más pesimistas que las predicciones del modelo E. Los gráficos de la figura A.1 se han obtenido a partir de la versión de 1998 y de la revisión del año 2000 del modelo E con los demás parámetros en sus valores por defecto.

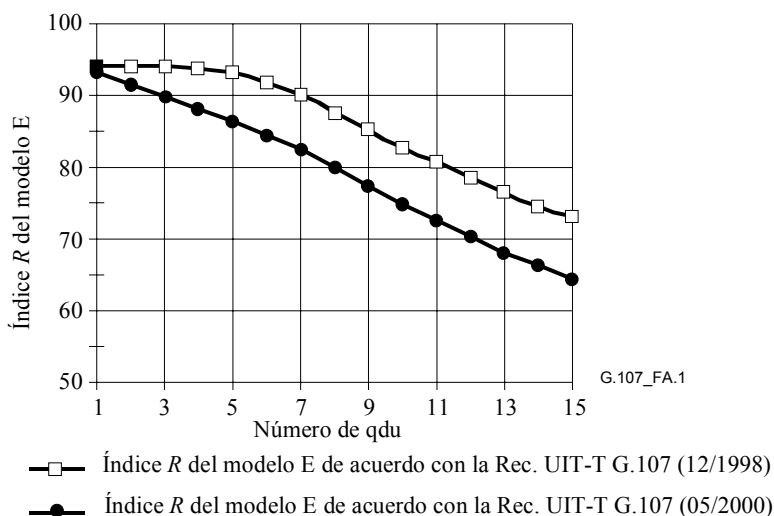


Figura A.1/G.107 – Relación entre el número de qdu y el índice R del modelo E

Con respecto al algoritmo ligeramente mejorado del modelo E que se da en la presente Recomendación, se ha cambiado la relación entre el parámetro  $qdu$  y el índice  $R$  del modelo E para alinear mejor el algoritmo con los resultados de pruebas subjetivas disponibles.

– *Predicciones para el funcionamiento del códec en condiciones de pérdida de paquetes aleatoria*

Las degradaciones debidas a los códecs en condiciones de pérdida de paquetes fueron tratadas anteriormente utilizando factores de degradación del equipo tabulados dependientes del códec para diferentes tasas de pérdidas de paquetes (en versiones anteriores del apéndice I/G.113). Como la finalidad declarada es reducir la cantidad de datos tabulados para uso con el modelo E, se ha investigado las posibilidades de sustituir los factores  $Ies$  tabulados para pérdida de paquetes por las correspondiente fórmulas. El método elegido produce resultados muy similares a los definidos previamente como  $Ie$  para todos los códecs tratados en la versión de 2001 del apéndice I/G.113.

*Predicciones para la calidad de funcionamiento del códec en condiciones de pérdida de paquetes dependiente*

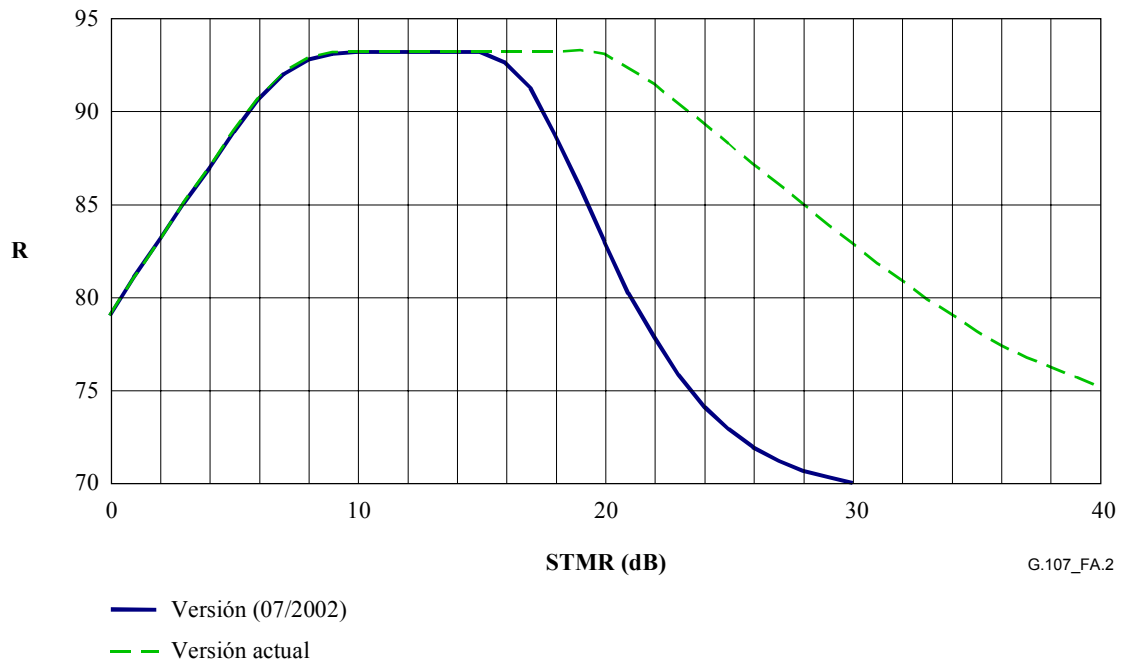
A la vista de esta versión del algoritmo, en el modelo E se han integrado las distribuciones de pérdida caracterizadas por dependencias de las pérdidas a mediano plazo (corto plazo), caso que es el contrario al que se caracteriza por dependencia de las pérdidas a largo plazo. Hasta el presente, el enfoque incluido se ha evaluado únicamente para el códec G.729(A), pero se supone que podría aplicarse también al códec G.723.1 y también a otros. A reserva de mayor verificación, el algoritmo no debe utilizarse con relaciones de pérdida superiores a  $BurstR = 2,0$ . Asimismo, el modelo podría aplicarse a relaciones de pérdida superiores a 2,0, si los porcentajes de pérdida de paquetes,  $Ppl$ , son inferiores a un 2%.

– *El efecto local del hablante*

Las estimaciones de la calidad vocal en función de STMR para valores  $>15$  dB calculadas de acuerdo con la versión anterior de la Rec. UIT-T G.107 (07/2002) son demasiado pesimistas y no corresponden con exactitud a los resultados de las pruebas de audición. Esto es especialmente importante para los teléfonos de América del Norte, los cuales normalmente tienen especificado un valor nominal de STMR comprendido entre 16 y 18 dB.

En la presente revisión del algoritmo para el modelo E, esto queda recogido en la modificación de la correspondiente fórmula del factor  $Ist$  como función del efecto local (STMR), véase la ecuación 3-11.

Según se dice en el cuerpo principal de esta Recomendación, el eco para el hablante es más perceptible a valores de STMR correspondientes al silencio. Para solucionar esto  $Idte$  se sustituye por  $Idtes$ , ecuación 3-24. Para mantener la coherencia, el umbral del eco para el hablante para  $STMR > 15$  dB (G.107, 07/2002) se amplió a  $STMR > 20$  dB (G.107, versión revisada). Las modificaciones no afectan a los valores de  $STMR < 15$  dB. Por consiguiente, la predicción de la calidad para el factor de velocidad de la transmisión  $R$  en la configuración por defecto ( $STMR = 15$  dB) no difiere de la correspondiente a la versión anterior del modelo (07/2002). El valor por defecto de  $R$  es 93,2 para las dos versiones. En la figura A.2 se ilustra lo anterior.



**Figura A.2/G.107 – Comparación de  $R$  en función de STMR entre la versión actual y la anterior del algoritmo del modelo E**

## Anexo B

### Medidas de calidad obtenidas a partir del factor de determinación de índices de transmisión $R$

El factor de determinación de índices de transmisión  $R$  puede variar entre 0 y 100, donde  $R = 0$  representa una calidad extremadamente mala y  $R = 100$  representa una calidad muy alta. El modelo E proporciona una estimación estadística de las medidas de calidad. Los porcentajes para una estimación buena o mejor (GoB, *good or better*) o mediocre o peor (PoW, *poor or worse*) se obtienen del factor  $R$  mediante la función de error Gaussiana:

$$E(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (\text{B-1})$$

Las ecuaciones son:

$$GoB = 100E\left(\frac{R-60}{16}\right)\% \quad (\text{B-2})$$

$$PoW = 100E\left(\frac{45-R}{16}\right)\% \quad (\text{B-3})$$

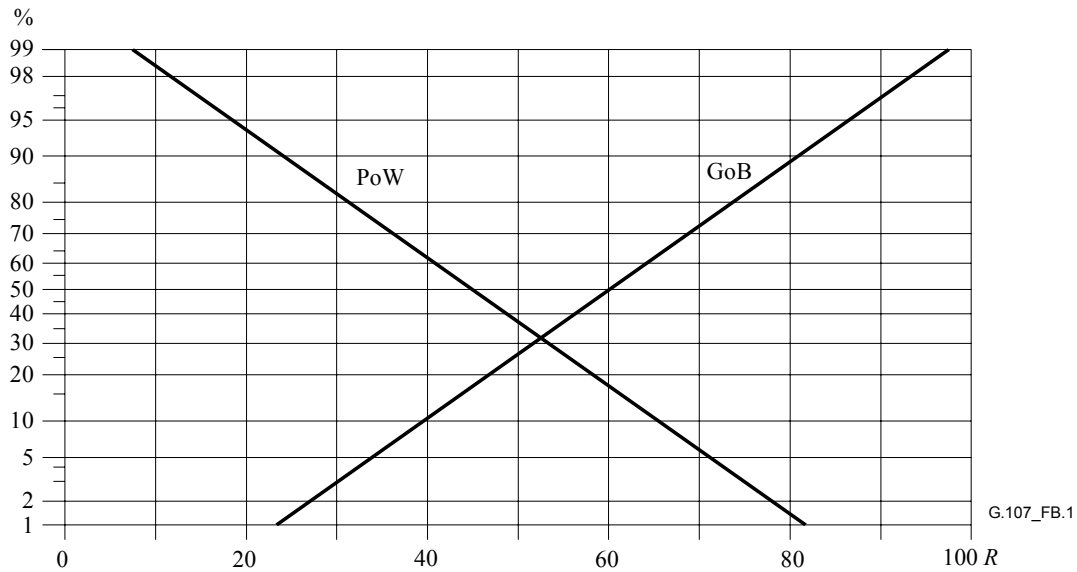
Se puede obtener una estimación de las notas medias de opinión ( $MOS_{CQE}$ ) en la escala de 1 a 5 a partir del factor  $R$  utilizando las fórmulas:

Para  $R < 0$ :  $MOS_{CQE} = 1$

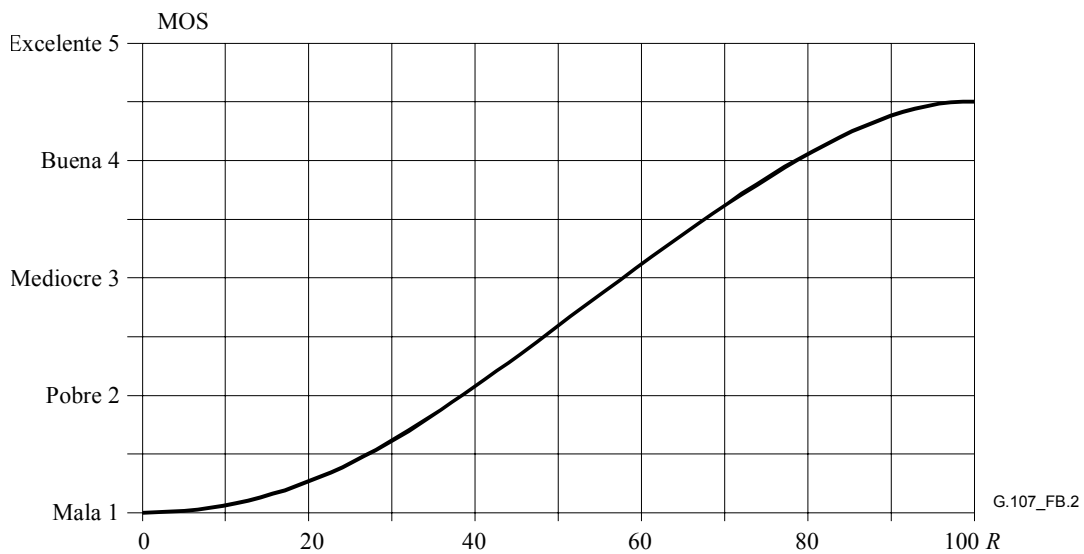
Para  $0 < R < 100$ :  $MOS_{CQE} = 1 + 0,035R + R(R - 60)(100 - R)7 \cdot 10^{-6}$  (B-4)

Para  $R > 100$ :  $MOS_{CQE} = 4,5$

Esta fórmula puede ser invertida en la gama  $6,5 \leq R \leq 100$  para calcular  $R$  a partir de  $MOS_{CQE}$ , véase el apéndice I. Las figuras B.1 y B.2 describen respectivamente GoB, PoW y  $MOS_{CQE}$  en función de  $R$ .



**Figura B.1/G.107 – GoB (buena o mejor) y PoW (mediocre o peor) en función del factor de determinación de índices  $R$**



**Figura B.2/G.107 –  $MOS_{CQE}$  en función del factor de determinación de índices  $R$**



Es probable que, en algunos casos, los planificadores de sistemas de transmisión no estén familiarizados con la utilización de medidas de calidad tales como el factor de determinación de índices  $R$  obtenido a partir de cálculos de planificación y, por este motivo, en el cuadro B.1<sup>3</sup> figura una orientación provisional para interpretar los factores  $R$  calculados a efectos de planificación. Este cuadro contiene también valores de  $R$  equivalentes transformados en valores  $MOS_{CQE}$ , GoB y PoW de conversación.

**Cuadro B.1/G.107 – Orientación provisional para la relación entre el valor  $R$  y la satisfacción del usuario**

<b>Valor <math>R</math> (límite inferior)</b>	<b><math>MOS_{CQE}</math> (límite inferior)</b>	<b>GoB(%) (límite inferior)</b>	<b>PoW(%) (límite superior)</b>	<b>Satisfacción del usuario</b>
90	4,34	97	~0	Muy satisfecho
80	4,03	89	~0	Satisfecho
70	3,60	73	6	Algunos usuarios insatisfechos
60	3,10	50	17	Muchos usuarios insatisfechos
50	2,58	27	38	Casi todos los usuarios insatisfechos

## Anexo C

### Código fuente para G.107\_5 en BASIC

```

1 CLS
2 PRINT "PROGRAM g107_4"
3 REM THIS VERSION IS CONFORM WITH THE ALGORITHM
4 REM DESCRIBED IN REC. G.107
5 REM PROGRAM WRITTEN BY N.O. JOHANNESON
6 REM MODIFIED BY S. MOELLER, 1999; A. RAAKE, 2003, 2005
7 PRINT
8 PRINT "E-model, algorithm according to ITU-T Rec. G.107 (2003) Annex C,"
9 PRINT "for voice communication between side (S) and (R)."

```

<sup>3</sup> La fuente del cuadro B.1 es el cuadro 1/G.109 [3].

```

29 REM Default Parameter Values, according to Tab.3/G.107 (lines 29-60)
30 SLR = 8
31 RLR = 2
32 STMRs = 15
33 Ds = 3
34 STMR = 15
35 Dr = 3
36 LSTRr = 18
37 TELR = 65
38 T = 0
39 WEPL = 110
40 Tr = 0
41 Ta = 0
42 Ie = 0
43 Bpl = 1
44 Ppl = 0
45 BurstR = 1
46 A = 0
47 Nc = -70
48 Ps = 35
49 Pr = 35
50 qdu = 1
55 Nfor = -64
60 RETURN

```

```

198 REM Main menu (lines 198-370)
199 PRINT
200 PRINT "Print current parameter values ", "=1"
210 PRINT "Input new parameter values      ", "=2"
220 PRINT "Compute table, one parameter      ", "=3"
230 PRINT "Set parameter at default values", "=4"
240 PRINT "Exit program                          ", "=5"
250 PRINT
260 INPUT Y1
270 CLS
280 IF Y1 = 1 THEN GOSUB 500
290 IF Y1 = 2 THEN GOSUB 1000
300 IF Y1 = 3 THEN GOSUB 2000
310 IF Y1 = 4 THEN GOSUB 30
320 IF Y1 = 5 THEN GOTO 9999
330 CLS
340 IF Y1 = 4 THEN PRINT , "Parameters set at default values !"
350 GOTO 199

```

```

500 REM SUB Print current parameter values (lines 500-700)
510 PRINT , "SLR="; SLR, "RLR="; RLR, "OLR= SLR + RLR="; SLR + RLR
520 PRINT , "Side (S): Ds="; Ds
530 PRINT , "Side (R): STMR="; STMR, "Dr="; Dr, "LSTR="; STMR + Dr
540 PRINT
550 PRINT , "TELR="; TELR, "Mean One-way Delay T ms="; T
560 PRINT , "WEPL="; WEPL, "Round-trip Delay Tr ms="; Tr
570 PRINT , "One-way Absolute Delay Ta ms="; Ta
580 PRINT
590 PRINT , "Noise Floor at Side (R) Nfor dBmp="; Nfor
600 PRINT , "Circuit Noise Nc dBm0p="; Nc
610 PRINT , "Room Noise, Side (S), Ps dB(A)="; Ps
620 PRINT , "Room Noise, Side (R), Pr dB(A)="; Pr
630 PRINT
640 PRINT , "qdu="; qdu
650 PRINT
660 PRINT , "Equipment Impairment Factor Ie="; Ie
661 PRINT

```

```

662 PRINT , "Packet-loss Robustness Factor Bpl="; Bpl
663 PRINT
664 PRINT , "Packet-loss Rate Ppl % ="; Ppl
665 PRINT
666 PRINT , "Burst Ratio ="; BurstR
667 PRINT
670 PRINT , "Advantage Factor A="; A
680 PRINT
690 INPUT C$
700 RETURN

1000 REM SUB Input Parameters (lines 1000-1270)
1020 CLS
1030 PRINT "Type designation of parameter for which the value is to be changed
!"
1031 PRINT
1032 PRINT "Note 1. New value of OLR is obtained indirectly, i.e. by new"
1033 PRINT "value of SLR or RLR. (OLR=SLR+RLR.)"
1034 PRINT
1035 PRINT "Note 2. New value of LSTR is obtained indirectly, i.e. by new"
1036 PRINT "value of STMR or Dr. (LSTR=STMR+Dr.)"
1037 PRINT
1040 INPUT "Parameter:"; A$
1050 INPUT "New Value="; Px
1060 PRINT A$; "="; Px
1070 IF ((A$ = "SLR") OR (A$ = "slr") OR (A$ = "Slr")) THEN SLR = Px
1080 IF ((A$ = "RLR") OR (A$ = "rlr") OR (A$ = "Rlr")) THEN RLR = Px
1090 IF ((A$ = "STMR") OR (A$ = "stmr") OR (A$ = "Stmr")) THEN STMR = Px
1100 IF ((A$ = "Dr") OR (A$ = "DR") OR (A$ = "dr")) THEN Dr = Px
1110 IF ((A$ = "Ds") OR (A$ = "DS") OR (A$ = "ds")) THEN Ds = Px
1120 IF ((A$ = "TELR") OR (A$ = "telr") OR (A$ = "Telr")) THEN TELR = Px
1130 IF ((A$ = "T") OR (A$ = "t")) THEN T = Px
1140 IF ((A$ = "WEPL") OR (A$ = "wepl") OR (A$ = "WepL")) THEN WEPL = Px
1150 IF ((A$ = "Tr") OR (A$ = "TR") OR (A$ = "tr")) THEN Tr = Px
1160 IF ((A$ = "Ta") OR (A$ = "TA") OR (A$ = "ta")) THEN Ta = Px
1170 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
1171 IF ((A$ = "Bpl") OR (A$ = "BPL") OR (A$ = "bpl")) THEN Bpl = Px
1172 IF ((A$ = "Ppl") OR (A$ = "PPL") OR (A$ = "ppl")) THEN Ppl = Px
1173 IF ((A$ = "BurstR") OR (A$ = "BURSTR") OR (A$ = "burstr")) THEN BurstR = Px
1180 IF ((A$ = "A") OR (A$ = "a")) THEN A = Px
1190 IF ((A$ = "Nc") OR (A$ = "NC") OR (A$ = "nc")) THEN Nc = Px
1200 IF ((A$ = "Ps") OR (A$ = "PS") OR (A$ = "ps")) THEN Ps = Px
1210 IF ((A$ = "Pr") OR (A$ = "PR") OR (A$ = "pr")) THEN Pr = Px
1220 IF ((A$ = "qdu") OR (A$ = "QDU") OR (A$ = "Qdu")) THEN qdu = Px
1230 IF ((A$ = "Nfor") OR (A$ = "NFOR") OR (A$ = "nfor")) THEN Nfor = Px
1240 PRINT
1250 IF Y1 = 2 THEN INPUT "More parameters changed, Yes(1) or No(0)"; Ypar
1260 IF Ypar = 1 THEN GOTO 1020
1270 RETURN

2000 REM SUB Tabulate (lines 2000-3000)
2020 INPUT "Variable Parameter:"; A$
2030 PRINT "(To exit tabulation, put parameter value = 1000 !)"
2040 PRINT TAB(8); A$; TAB(18); "R"; TAB(28); "GOB %"; TAB(38); "POW %";
TAB(48); "MOS"
2050 INPUT Px
2060 IF Px = 1000 THEN GOTO 3000
2070 IF ((A$ = "SLR") OR (A$ = "slr") OR (A$ = "Slr")) THEN SLR = Px
2080 IF ((A$ = "RLR") OR (A$ = "rlr") OR (A$ = "Rlr")) THEN RLR = Px
2090 IF ((A$ = "STMR") OR (A$ = "stmr") OR (A$ = "Stmr")) THEN
2100     STMR = Px
2110     LSTR = STMR + Dr
2120 END IF
2130 IF ((A$ = "Dr") OR (A$ = "DR") OR (A$ = "dr")) THEN

```

```

2140   Dr = Px
2150   LSTR = STMR + Dr
2160 END IF
2170 IF ((A$ = "TELR") OR (A$ = "telr") OR (A$ = "Telr")) THEN TELR = Px
2180 IF ((A$ = "T") OR (A$ = "t")) THEN T = Px
2190 IF ((A$ = "WEPL") OR (A$ = "wepl") OR (A$ = "Wep1")) THEN WEPL = Px
2200 IF ((A$ = "Tr") OR (A$ = "TR") OR (A$ = "tr")) THEN Tr = Px
2210 IF ((A$ = "Ta") OR (A$ = "TA") OR (A$ = "ta")) THEN Ta = Px
2220 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
2221 IF ((A$ = "Bpl") OR (A$ = "BPL") OR (A$ = "bpl")) THEN Bpl = Px
2222 IF ((A$ = "Ppl") OR (A$ = "PPL") OR (A$ = "ppl")) THEN Ppl = Px
2223 IF ((A$ = "BurstR") OR (A$ = "BURSTR") OR (A$ = "burstr")) THEN BurstR = Px
2230 IF ((A$ = "A") OR (A$ = "a")) THEN A = Px
2240 IF ((A$ = "Nc") OR (A$ = "NC") OR (A$ = "nc")) THEN Nc = Px
2245 IF ((A$ = "Nfor") OR (A$ = "NFOR") OR (A$ = "nfor")) THEN Nfor = Px
2250 IF ((A$ = "Ps") OR (A$ = "PS") OR (A$ = "ps")) THEN Ps = Px
2260 IF ((A$ = "Pr") OR (A$ = "PR") OR (A$ = "pr")) THEN Pr = Px
2270 IF ((A$ = "qdu") OR (A$ = "QDU") OR (A$ = "Qdu")) THEN qdu = Px
2280 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
2290 IF ((A$ = "Ds") OR (A$ = "DS") OR (A$ = "ds")) THEN Ds = Px
2300 GOSUB 3500
2400 GOSUB 4000
2500 GOSUB 4100
2600 GOSUB 4200
2700 R = INT(R * 10 + .5) / 10
2800 PRINT TAB(8); Px; TAB(18); R; TAB(28); GOB; TAB(38); POW; TAB(48); MOS
2900 GOTO 2050
3000 RETURN

3500 REM Compute R (lines 3500-3880)

3509 REM Noise Summation, formulas (3) to (7)
3510 Nr1 = Ps - SLR - Ds - 100
3520 Nr1 = Nr1 + .004 * (Ps - SLR - RLR - Ds - 14) ^ 2
3530 LSTR = STMR + Dr
3540 Pro = Pr + 10 * LOG(1 + 10 ^ ((10 - LSTR) / 10)) / LOG(10)
3550 Pr1 = Pro + .008 * (Pro - 35) ^ 2
3560 Nr2 = Pr1 - 121 + RLR
3570 Nfo = Nfor + RLR
3580 No = 10 * LOG(10 ^ (Nr1 / 10) + 10 ^ (Nr2 / 10) + 10 ^ (Nc / 10) + 10 ^
(Nfo / 10)) / LOG(10)
3590 Nt = No - RLR

3599 REM Ro, formula (2)
3600 Ro = 15 - 1.5 * (SLR + No)

3609 REM Iolr, formulas (9) and (10)
3610 Xolr = SLR + RLR + .2 * (64 + Nt)
3620 Iolr = 20 * ((1 + (Xolr / 8) ^ 8) ^ (1 / 8) - Xolr / 8)

3629 REM Ist, formulas (11) and (12)
3630 STMRO = -10 * LOG(10 ^ (-STMR / 10) + 10 ^ (-TELR / 10) * EXP(-T / 4)) /
LOG(10)
3640 Ist = 12 * (1 + ((STMRO - 13) / 6) ^ 8) ^ (1 / 8)
3645 Ist = Ist - 28 * (1 + ((STMRO + 1) / 19.4) ^ 35) ^ (1 / 35)
3650 Ist = Ist - 13 * (1 + ((STMRO - 3) / 33) ^ 13) ^ (1 / 13) + 29

3659 REM Iq, formulas (13) to (17)
3660 IF qdu < 1 THEN qdu = 1
3670 Q = 37 - 15 * LOG(qdu) / LOG(10)
3680 G = 1.07 + .258 * Q + .0602 * Q ^ 2
3690 Iq = 15 * LOG(1 + 10 ^ ((Ro - 100) / 15) * 10 ^ (46 / 8.4 - G / 9) + 10 ^
(46 / 30 - G / 40)) / LOG(10)

```

```

3699 REM Is, formula (8)
3700 Isyn = Iolr + Ist + Iq

3709 REM TERV, formula (22)
3710 TERV = TELR + 6 * EXP(-.3 * T ^ 2) - 40 * LOG((1 + T / 10) / (1 + T / 150))
/ LOG(10)
3719 REM Modifications to satisfy formula (23)
3720 IF STMR < 9 THEN TERV = TERV + .5 * Ist

3729 REM Idte, formulas (19) to (21)
3730 Re = 80 + 2.5 * (TERV - 14)
3740 Roe = -1.5 * (No - RLR)
3750 Xdt = (Roe - Re) / 2
3760 Idte = Xdt + SQR(Xdt ^ 2 + 100)
3770 Idte = (Idte - 1) * (1 - EXP(-T))

3779 REM Modifications to satisfy formula (24)
3780 IF STMR > 20 THEN Idte = SQR(Idte ^ 2 + Ist ^ 2)

3789 REM Idle, formulas (25) and (26)
3790 Rle = 10.5 * (WEPL + 7) * (Tr + 1) ^ (-1 / 4)
3800 Xdl = (Ro - Rle) / 2
3810 Idle = Xdl + SQR(Xdl ^ 2 + 169)

3819 REM Idd, formulas (27) and (28)
3820 IF Ta < 100 THEN Idd = 0
3830 IF Ta = 100 THEN Idd = 0
3840 IF Ta > 100 THEN
      X = (LOG(Ta / 100)) / LOG(2)
      Idd = 25 * ((1 + X ^ 6) ^ (1 / 6) - 3 * (1 + (X / 3) ^ 6) ^ (1 / 6) + 2)
3850 END IF

3859 REM Id
3860 Id = Idte + Idle + Idd

3864 REM Inclusion of packet-loss: Ieef, formula (29)
3865 Ieef = Ie + (95 - Ie) * (Ppl / ((Ppl / BurstR) + Bpl))

3869 REM R, formula (1)
3870 R = Ro - Isyn - Id - Ieef + A
3880 RETURN

4000 REM Compute GOB, formula (B.2) (lines 4000-4050)
4010 Z# = (R - 60) / 16
4020 GOSUB 5000
4030 GOB = 100 * F#
4040 GOB = INT(GOB * 10 + .5) / 10
4050 RETURN

4100 REM Compute POW, formula (B.3) (lines 4100-4150)
4110 Z# = (R - 45) / 16
4120 GOSUB 5000
4130 POW = 100 * (1 - F#)
4140 POW = INT(POW * 10 + .5) / 10
4150 RETURN

4200 REM Compute MOS, formula (B.4) (lines 4200-4260)
4210 MOS = 1 + R * .035 + R * (R - 60) * (100 - R) * 7 * 10 ^ (-6)
4220 MOS = INT(MOS * 100 + .5) / 100
4230 IF R < 0 THEN MOS = 1
4240 IF MOS < 1 THEN MOS = 1
4250 IF R > 100 THEN MOS = 4.5
4260 RETURN

```

```

5000 REM Norm Distr F(Z), formula (B.1) (lines 5000-5130)
5010 S# = 0
5020 N% = 0
5030 H# = Z#
5040 S# = S# + H#
5050 H# = H# * (-1) * (Z#) ^ 2 * (2 * N% + 1) / ((N% + 1) * 2 * (2 * N% + 3))
5060 N% = N% + 1
5070 IF ABS(H#) < 10 ^ (-6) THEN GOTO 5090
5080 GOTO 5040
5090 S# = S# / (SQR(2 * 3.14159265#))
5100 F# = .5 + S#
5110 F# = INT(F# * 10 ^ 5 + .5) / 10 ^ 5
5120 REM PRINT "Z="; Z#, "F(Z)="; F#, "N="; N%
5130 RETURN
9999 END

```

## Apéndice I

### Cálculo de $R$ a partir de los valores de $MOS_{CQE}$

En la gama  $6,5 \leq R \leq 100$ ,  $R$  puede ser calculado a partir de  $MOS_{CQE}$  usando la fórmula:

$$R = \frac{20}{3} \left( 8 - \sqrt{226} \cos \left( h + \frac{\pi}{3} \right) \right) \quad (\text{I-1})$$

con:

$$h = \frac{1}{3} \arctan2 \left( 18566 - 6750 MOS_{CQE}, 15 \sqrt{-903522 + 1113960 MOS_{CQE} - 202500 MOS_{CQE}^2} \right) \quad (\text{I-2})$$

y:

$$\arctan2(x,y) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y}{x}\right) & \text{para } x \geq 0 \\ \pi - \arctan\left(\frac{y}{-x}\right) & \text{para } x < 0 \end{cases} \quad (\text{I-3})$$

La función  $\arctan2(x, y)$  se implementa en ANSI C como la función  $\text{atan2}(y, x)$ . Los usuarios deben observar que el orden de los dos parámetros difiere en este caso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Recomendación UIT-T G.107 (1998), *El modelo E, un modelo informático para su utilización en la planificación de la transmisión.*
- Recomendación UIT-T G.107 (2000), *El modulo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión.*
- Recomendación UIT-T G.107 (2002), *El modulo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión.*
- Recomendaciones UIT-T de la serie P – Suplemento 3 (1993), *Modelos de predicción de la calidad de transmisión a partir de mediciones objetivas.*





## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.108**

(09/99)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –  
Definiciones generales

---

**Aplicación del modelo E: Directrices para la  
planificación**

Recomendación UIT-T G.108

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
<b>Definiciones generales</b>	<b>G.100–G.109</b>
Recomendaciones generales sobre la calidad de transmisión para una conexión telefónica internacional completa	G.110–G.119
Características generales de los sistemas nacionales que forman parte de conexiones internacionales	G.120–G.129
Características generales de la cadena a cuatro hilos formada por los circuitos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.130–G.139
Características generales de la cadena a cuatro hilos de los circuitos internacionales; tránsito internacional	G.140–G.149
Características generales de los circuitos telefónicos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.150–G.159
Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia	G.160–G.169
Aspectos del plan de transmisión relativos a los circuitos especiales y conexiones de la red de conexiones telefónicas internacionales	G.170–G.179
Protección y restablecimiento de sistemas de transmisión	G.180–G.189
Herramientas de soporte lógico para sistemas de transmisión	G.190–G.199
<b>SISTEMAS INTERNACIONALES ANALÓGICOS DE PORTADORAS</b>	
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLAÇES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
<b>EQUIPOS DE PRUEBAS</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN</b>	G.600–G.699
<b>SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DIGITAL</b>	
EQUIPOS TERMINALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## **RECOMENDACIÓN UIT-T G.108**

### **APLICACIÓN DEL MODELO E: DIRECTRICES PARA LA PLANIFICACIÓN**

#### **Resumen**

Esta Recomendación tiene por objeto explicar cómo se utiliza el modelo E (descrito en la Recomendación G.107 [3]) en la planificación de la transmisión de extremo a extremo de una gran variedad de redes: locales, nacionales, multinacionales y transcontinentales.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.108 ha sido preparada por la Comisión de Estudio 12 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 30 de septiembre de 1999.

#### **Palabras clave**

Calidad; extremo a extremo; interconexión; Internet; modelo E; PBX; planificación; red; terminal; transmisión; vocales.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2000

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

### Página

1	Alcance .....	1
2	Referencias.....	2
3	Abreviaturas.....	6
4	Definiciones.....	9
4.1	Red privada.....	9
4.2	Red pública.....	9
4.3	Aspectos relativos a la calidad.....	9
4.4	Red basada en el protocolo internet.....	11
4.5	Elementos de red.....	11
	4.5.1 Elementos terminales.....	11
	4.5.2 Elementos de conexión.....	12
	4.5.3 Elementos de transmisión.....	12
4.6	Tipos de conexiones.....	12
5	Configuraciones de referencia.....	13
6	Principio básico de la planificación – método del factor de degradación junto con el modelo E.....	16
7	Parámetros objeto de planificación y sus límites.....	21
7.1	Índice de sonoridad global.....	21
7.2	Eco.....	22
7.3	Tiempo de transmisión en conexiones carentes de eco.....	24
	7.3.1 Consideraciones generales.....	25
	7.3.2 Consideraciones con respecto a los codificadores de baja velocidad binaria.....	25
7.4	Estabilidad.....	27
7.5	Unidades de distorsión de cuantificación.....	28
7.6	Factor de degradación de equipo.....	29
	7.6.1 Factor de degradación de equipo de códecs en condiciones de pérdida de paquetes.....	31
7.7	Variación del retardo en función del tiempo.....	32
7.8	Factor de ventaja A.....	32
7.9	Límites en la interfaz red pública/red privada con respecto al eco.....	33
	7.9.1 Interfaces de redes públicas/privadas – Europa.....	33
	7.9.2 Interfaces de redes públicas/privadas – América del Norte.....	34



7.10	Parámetros que no son objeto de manera directa de la planificación de la transmisión.....	35
7.10.1	Respuesta en frecuencia.....	35
7.10.2	Ruido de circuito .....	35
7.10.3	Eco para el oyente.....	35
7.10.4	Efecto local .....	35
7.10.5	Ruido ambiente.....	36
7.10.6	Ruido de confort, detección de actividad vocal.....	36
7.10.7	Corrección de errores sin canal de retorno .....	37
7.11	Sincronización .....	38
8	Cálculo de los parámetros de extremo a extremo .....	38
8.1	Índice de sonoridad global .....	38
8.2	Eco para el hablante.....	41
8.2.1	Cálculo para conexiones con un trayecto de eco .....	41
8.2.2	Cálculo para conexiones con dos trayectos de eco .....	43
8.3	Tiempo de transmisión en conexiones carentes de eco .....	45
8.4	Unidades de distorsión de cuantificación .....	46
8.5	Factor de degradación de equipo .....	46
8.6	Factor de degradación de equipo de códecs en condiciones de pérdida de paquetes..	47
8.7	Variación del retardo en función del tiempo.....	47
9	Aplicación del modelo E en la práctica de la planificación.....	47
9.1	Consideraciones generales .....	47
9.2	Configuraciones de referencia .....	48
9.3	Tratamiento de los parámetros de entrada .....	52
9.4	Interpretación de los resultados.....	53
9.5	Aplicación del modelo E para configuraciones con dos trayectos de eco .....	53
9.6	Utilización de programas informáticos.....	56
9.7	Valores por defecto y gamas de parámetros .....	57
10	Reglas para la inserción de compensadores de eco.....	59
10.1	Introducción .....	59
10.2	Características de los compensadores de eco.....	60
10.3	Límites para la aplicación de los compensadores de eco.....	60
10.4	Determinación del emplazamiento .....	61
10.5	Tratamiento de los compensadores de eco en el modelo E.....	64
11	Realización de la planificación .....	65
11.1	Consideraciones generales .....	65

	<b>Página</b>
11.2	Determinación de los requisitos específicos ..... 65
11.3	Definición de las configuraciones de referencia ..... 66
11.4	Determinación de los parámetros de la transmisión ..... 67
11.5	Cálculo de extremo a extremo con el modelo E ..... 68
11.6	Análisis de los resultados..... 68
Anexo A – Parámetros de transmisión de elementos específicos ..... 70	
A.1	Elementos en redes privadas y/o basadas en el IP ..... 70
A.1.1	Aparatos telefónicos alámbricos..... 70
A.1.2	Aparatos telefónicos sin hilos (incluidos los aparatos sin cordón)..... 72
A.1.3	Equipos de conmutación..... 73
A.1.4	Pasarelas IP ..... 76
A.1.5	Líneas arrendadas y troncales de enlace ..... 77
A.1.6	Enlaces por cable de propiedad privada ..... 78
A.1.7	Enlaces por satélite ..... 78
A.1.8	Codificación a baja velocidad binaria..... 78
A.1.9	Voz por paquetes ..... 79
A.1.10	Compensadores de eco ..... 79
A.2	Parámetros de transmisión de redes públicas..... 82
A.2.1	Atenuación..... 84
A.2.2	Retardo medio en un sentido ..... 84
A.2.3	Atenuación del eco ..... 84
A.2.4	Inserción de compensadores de eco..... 85
A.2.5	Unidades de distorsión de cuantificación (qdu)..... 85
A.2.6	Valores de degradación de equipo (Ie) ..... 85
A.2.7	Parámetros relacionados con la transmisión IP ..... 85
A.3	Parámetro de transmisión de la terminación del extremo lejano ..... 86
A.3.1	Escenarios de terminación del extremo lejano de Europa ..... 86
A.3.2	Escenarios de terminación del extremo lejano de América del Norte ..... 88
Anexo B – Ejemplos de planificación..... 89	
B.1	Ejemplo de planificación para el contexto europeo ..... 90
B.1.1	Descripción de la red y demanda del usuario ..... 90
B.1.2	Definición de configuraciones de referencia ..... 91
B.1.3	Determinación de los parámetros de transmisión..... 93
B.1.4	Cálculos de extremo a extremo con el modelo E ..... 96
B.1.5	Análisis de los resultados ..... 105
B.1.6	Aplicación de compensadores de eco ..... 106

	<b>Página</b>
B.2	Ejemplo de planificación en el contexto de América del Norte ..... 108
B.2.1	Definición de configuraciones de referencia ..... 108
B.2.2	Determinación de los parámetros de transmisión ..... 109
B.2.3	Cálculos de extremo a extremo con el modelo E ..... 110
B.2.4	Configuración de referencia 1a (aparato analógico @ A, aparato analógico @ B) ..... 110
B.2.5	Configuración de referencia 1b (aparato digital @ A, aparato analógico @ B) ..... 115
B.2.6	Configuración de referencia 2 (escenario de conexión de portátil) ..... 120
B.2.7	Configuración de referencia 3a (aparato analógico @ B) ..... 125
B.2.8	Configuración de referencia 3b (aparato digital @ lado B) ..... 130
B.3	Ejemplo de planificación para escenarios basados en la transmisión IP ..... 135
Anexo C – Control del eco en aplicaciones específicas ..... 137	
C.1	Trayectos de eco efectivos ..... 138
C.1.1	Trayecto de eco 1: para el hablante en el teléfono sin hilos ..... 138
C.1.2	Trayecto de eco 2: para el hablante en el teléfono sin hilos ..... 138
C.1.3	Trayecto de eco 3: para el hablante en el teléfono sin hilos ..... 138
C.1.4	Trayecto de eco 4: para hablante de la red pública ..... 139
C.1.5	Trayecto de eco 5: para el hablante de la red pública ..... 139
C.1.6	Trayecto de eco 6: para el hablante de la red pública en una llamada internacional ..... 139
C.2	Funcionamiento de los compensadores de eco y los supresores programables ..... 140
C.3	Provisión de control del eco para el hablante de la red pública ..... 141

## Introducción

La planificación de la transmisión por la red se ha basado, tradicionalmente, en escenarios que reflejaban la tecnología imperante en cada momento (sobre todo la analógica), y los componentes (terminales, conmutadores y otros dispositivos) disponibles en la red.

En la actualidad, el entorno mundial de la transmisión por red telefónica está cambiando rápidamente. Factores que influyen en ese cambio son las interconexiones de redes que ya no se regulan de manera estricta, la liberalización de los parámetros de transmisión de las redes privadas (sobre todo en Europa), el aumento de la competencia entre redes públicas, la mundialización de las redes privadas y la utilización de la tecnología moderna en dichas redes, impulsada por la necesidad que tienen los clientes de que se les den soluciones de red económicas y flexibles.

En América del Norte, el enfoque tradicional de la planificación tenía que tomar en consideración el plan de atenuaciones prescrito por la industria para sistemas de telecomunicaciones multilínea (por ejemplo, para las centralitas privadas (PBX, *private branch exchange*), presentado en [40]); tal fue la primera condición para el desarrollo de una guía sobre la aplicación del plan de atenuaciones de las PBX digitales (DPBX, *digital PBX*) [43]. Además, la planificación estaba limitada por el plan de transmisión, así como por los requisitos relativos a las interconexiones, de la red telefónica pública conmutada (RTPC) de América del Norte.

En Europa, de manera similar, la planificación debía tener en cuenta no solamente los parámetros más importantes de las redes privadas sino también los de las principales redes públicas de los distintos países. La política de reglamentación en la mayoría de los países europeos prescribía un tratamiento estricto de las interconexiones de redes junto con unos límites, a veces muy severos, para los diferentes parámetros de la transmisión de llamadas por la red pública.

Cambios similares se pueden aplicar a otros países o regiones no mencionados más arriba.

En el UIT-T, y anteriormente en el CCITT, la planificación de la transmisión se basaba en el establecimiento de límites de parámetros únicos en secciones individuales de una conexión internacional, no considerando por tanto la posibilidad de que se interconectarán otras redes, por ejemplo redes privadas o incluso Internet.

Las metodologías y los documentos tradicionales relativos a la planificación de la transmisión ya no son lo bastante flexibles como para tener en cuenta todos estos factores nuevos. La planificación moderna de la transmisión exige que se consideren los siguientes temas:

- a) Las redes multinacionales (sobre todo las redes privadas) se están convirtiendo en redes comunes, por lo que es preciso una planificación que tenga en cuenta las diferencias regionales en los requisitos del plan de atenuaciones (si es que hay alguno) y en los planes de transmisión entre redes.
- b) Debido a la liberalización de los mercados de las telecomunicaciones (en Europa), ya no hay gamas de valores de parámetros de transmisión establecidas vía reglamento.
- c) El escenario cambiante en el dominio de los operadores de redes públicas está influyendo en la calidad de la transmisión.
- d) La planificación de las redes privadas es más compleja que las configuraciones a base de PBX simples, por lo que se ha de facilitar información suficiente (de tipo didáctico) sobre los métodos de planificación y los cálculos que conllevan.
- e) La Recomendación deberá ser aplicable a la utilización de tecnologías nuevas en las redes objeto de consideración, incluyendo secciones inalámbricas (sin hilos o móviles), transmisión de voz por paquetes, etc.
- f) La Recomendación deberá contener un número suficiente de métodos de planificación y toda la información necesaria y los medios que permitan al planificador diseñar el plan de transmisión de la red de manera que la calidad de transmisión de señales vocales se

mantenga dentro de los límites previstos cualesquiera que sean las conexiones de extremo a extremo.

- g) Es necesaria una mayor flexibilidad al adjudicar los parámetros de la transmisión y al establecer las disposiciones relativas a los parámetros de transmisión de la red con un margen de tolerancia mayor que el existente en las directrices, normas o reglamentos anteriores.
- h) Los ejemplos de directrices y planificación de la presente Recomendación se basan en la utilización del modelo E descrito en la Recomendación G.107 [3].

Se han de tener en cuenta todos los temas arriba mencionados. Un aspecto nuevo e importante, que ha de tener presente el planificador, es el alto grado de flexibilidad con que se adjudican ahora los parámetros de la transmisión. Debido a la liberalización de los mercados de las telecomunicaciones, no existen ya gamas estrictas de valores de parámetros de transmisión permitidos dentro de las redes consideradas. La utilización de tecnologías nuevas y la aplicación de nuevos servicios es, en la actualidad, muy frecuente en las diferentes redes. Por ello, el planificador ha de tener en cuenta los diversos efectos causados por la utilización de tecnologías distintas en un entorno de redes interconectadas.

Las directrices y los principios de la presente Recomendación reflejan esa flexibilidad, sobre todo en los ejemplos de planificación en los que se muestra cómo se aplica la adjudicación y selección de parámetros para optimizar la calidad de transmisión de señales vocales en diferentes escenarios de conexión.

Una de las características fundamentales de esta Recomendación es la información de carácter didáctico y las directrices que da al planificador. Lo que se pretende es que el planificador pueda elaborar un plan de transmisión que permita predecir la calidad de transmisión de señales vocales de extremo a extremo resultante en una conexión telefónica.

Las directrices y los principios de la presente Recomendación se basan en la utilización del modelo E, que es una herramienta útil de estimación de los efectos combinados de los diversos parámetros de la transmisión. Se recomienda emplear el modelo E como medio de planificación de la transmisión en el caso de conexiones de extremo a extremo dentro de una red (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.

Además, la presente Recomendación deberá permitir al planificador no sólo garantizar que no se superan los límites absolutos de los diversos parámetros de la transmisión en cualquier conexión dentro de una red o entre redes, sino también obtener una estimación de la calidad de transmisión de señales vocales esperada, según lo percibe el usuario medio (en términos de índice R del modelo E, nota media de opinión o porcentaje de "buena o mejor" y "mala o peor"), en la configuración que se investiga.

## Recomendación G.108

### APLICACIÓN DEL MODELO E: DIRECTRICES PARA LA PLANIFICACIÓN

(Ginebra, 1999)

#### 1 Alcance

La presente Recomendación es aplicable a la planificación de la calidad de transmisión de señales vocales por conexiones de extremo a extremo entre redes y dentro de una red. Debe considerarse como una especie de manual didáctico e ilustrativo, sobre la planificación de las redes con respecto, a la calidad de transmisión de señales vocales de la telefonía en tiempo real a 3,1 kHz en banda estrecha vía microteléfonos. Las redes diseñadas de acuerdo con esta Recomendación proporcionarán además una calidad de señales vocales lo bastante elevada como para la transmisión de anuncios grabados y señales vocales almacenadas.

Las directrices y los principios de la presente Recomendación se basan en la utilización del modelo E. Las estimaciones de la calidad de transmisión de señales vocales percibida efectuadas con el modelo E sólo son aplicables a conexiones de extremo a extremo que ofrezcan telefonía en tiempo real a 3,1 kHz en banda estrecha vía microteléfonos.

La transmisión de señales no vocales, por ejemplo la transmisión facsímil y por módem y la transmisión de datos totalmente digital, quedan fuera del alcance de esta Recomendación.

En la presente Recomendación no se abordan los siguientes temas:

- quién posee y explota la red;
- quién es responsable de la calidad de la transmisión de extremo a extremo;
- a quién se prestan los servicios.

Las redes de tamaño medio y grande formadas por varios sistemas de telecomunicaciones multilínea (MLTS, *multi-line telecommunications system*) interconectados son uno de los destinatarios de esta Recomendación. La expresión "red de empresa" se utiliza a veces para referirse a una red privada de gran tamaño; en algunos países, esa expresión se utiliza en un sentido jurídico para referirse a un grupo de redes privadas interconectadas. Desde el punto de vista de la planificación de la transmisión, no hay ninguna diferencia entre una red privada grande y varias redes más pequeñas interconectadas. Por ello, en esta Recomendación sólo se utilizará la expresión "red privada".

La Recomendación sólo se refiere, a título de muestra, a escenarios en los que la red considerada, por ejemplo, una "red privada", funciona como red de terminación (la red a la que están conectados los equipos terminales). No se tienen en cuenta otras situaciones en las que la red proporciona conexiones de tránsito entre otras redes.

A pesar de esas limitaciones, se recomienda aplicar los principios descritos y la información dada en esta Recomendación a otras conexiones de extremo a extremo que también soporten la telefonía en tiempo real a 3,1 kHz en banda estrecha vía microteléfonos. La presente Recomendación se puede aplicar a todo tipo de conexiones dentro de una red o entre redes. Se recomienda aplicar sus principios en la planificación de las conexiones de extremo a extremo con independencia del número de redes públicas o privadas que intervengan o la configuración específica de su interconexión.

A efectos de la presente Recomendación, no se impone ninguna restricción a la red con respecto a su tamaño, configuración, jerarquía o tecnología en ella utilizada ni a los elementos que componen la red. La transmisión puede efectuarse por medio de cable o fibra, o bien puede tratarse de transmisión radioeléctrica.

El análisis de la presente Recomendación se refiere sobre todo a la utilización de interfaces digitales (casi exclusivas en Europa) entre las redes consideradas, pero permite también las interconexiones de redes analógicas. La transmisión de las señales dentro de la red investigada puede ser analógica o digital.

La prevalencia de los medios de transmisión de señales digitales y el tratamiento de las señales digitales en los equipos de conmutación influyen en la importancia relativa de los diversos parámetros de la transmisión que hay que tener en cuenta en la planificación. Para mayor sencillez, los parámetros que sólo provocan degradaciones de orden menor en un entorno digital, tales como la forma de frecuencia de los cables, el ruido de circuito, la diafonía, las variaciones de la atenuación con el nivel o el tiempo, etc., quedan fuera de las directrices para la planificación de la presente Recomendación. Se insiste más en parámetros tales como el eco, el retardo, las degradaciones de los equipos de procesamiento de la señal y las características acústicas de los terminales.

Esta Recomendación no contiene requisitos de transmisión de elementos de red específicos tales como aparatos telefónicos, equipos de conmutación (por ejemplo, las PBX) o equipos de transmisión. Se supone que el diseño de tales elementos se atiene a las Recomendaciones, normas regionales o reglamentos aplicables.

## 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- [1] Recomendación UIT-T G.100 (1993), *Definiciones utilizadas en las Recomendaciones sobre características generales de las conexiones y circuitos telefónicos internacionales.*
- [2] Recomendación UIT-T G.101 (1996), *Plan de transmisión.*
- [3] Recomendación UIT-T G.107 (1998), *El modelo E, un modelo informático para su utilización en planificación de la transmisión.*
- [4] Recomendación UIT-T G.109 (1999), *Definición de categorías de calidad de transmisión de señales vocales.*
- [5] Recomendación UIT-T G.113 Apéndice I (1999), *Degradaciones de la transmisión – Apéndice I: Valores provisionales de planificación para el factor de degradación de equipo, Ie.*
- [6] Recomendación UIT-T G.114 (1996), *Tiempo de transmisión en un sentido.*
- [7] Recomendación UIT-T G.122 (1993), *Influencia de los sistemas nacionales en la estabilidad y el eco para la persona que habla en las conexiones internacionales.*
- [8] Recomendación UIT-T G.126 (1993), *Eco para el oyente en las redes telefónicas.*
- [9] Recomendación UIT-T G.131 (1996), *Control del eco para el hablante.*
- [10] Recomendación UIT-T G.164 (1988), *Supresores de eco.*
- [11] Recomendación UIT-T G.165 (1993), *Compensadores de eco.*
- [12] Recomendación UIT-T G.168 (1997), *Compensadores de eco de redes digitales.*
- [13] Recomendación UIT-T G.177 (1999), *Planificación de la transmisión para los servicios en la banda vocal por conexiones híbridas Internet/RTPC.*



- [14] Recomendaciones UIT-T de la serie G Suplemento 31 a la sección 1 (1993), *Principios para la determinación de una estrategia de impedancias para la red local.*
- [15] Recomendación UIT-T G.711 (1988), *Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias vocales.*
- [16] Recomendación UIT-T G.721 (1988), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) a 32 kbit/s.*
- [17] Recomendación UIT-T G.723.1 (1996), *Codificador de voz de doble velocidad para transmisión en comunicaciones multimedios a 5,3 y 6,3 kbit/s.*
- [18] Recomendación UIT-T G.726 (1990), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) a 40, 32, 24, 16 kbit/s.*
- [19] Recomendación UIT-T G.727 (1990), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) jerarquizada con 5, 4, 3 y 2 bits/muestra.*
- [20] Recomendación UIT-T G.728 (1992), *Codificación de señales vocales a 16 kbit/s utilizando predicción lineal con excitación por código de bajo retardo.*
- [21] Recomendación UIT-T G.728 Anexo H (1997), *Operaciones de la LD-CELP a velocidad binaria variable, especialmente para equipos digitales de multiplicación de circuitos a velocidades inferiores a 16 kbit/s.*
- [22] Recomendación UIT-T G.729 (1996), *Codificación de la voz a 8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada.*
- [23] Recomendación UIT-T G.729 Anexo D (1998), *Algoritmo de codificación de la voz a 6,4 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada.*
- [24] Recomendación UIT-T G.729 Anexo E (1998), *Algoritmo de codificación de la voz a 11,8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada.*
- [25] Recomendación UIT-T G.822 (1988), *Objetivos de tasa de deslizamientos controlados en una conexión digital internacional.*
- [26] Recomendación UIT-T H.323 (1998), *Sistemas de comunicación multimedios basados en paquetes.*
- [27] Recomendación UIT-T P.310 (1996), *Características de transmisión de los teléfonos digitales en banda telefónica (300-3400 Hz).*
- [28] Recomendación UIT-T P.50 (1993), *Voz artificial.*
- [29] Recomendación UIT-T P.79 (1993), *Cálculo de índices de sonoridad de aparatos telefónicos.*
- [30] Recomendación UIT-T P.800 (1996), *Métodos de determinación subjetiva de la calidad de transmisión.*
- [31] Recomendación UIT-T P.82 (1984), *Método para la evaluación del servicio desde el punto de vista de calidad de transmisión de la palabra.*
- [32] Recomendación UIT-T P.830 (1996), *Evaluación subjetiva de la calidad de funcionamiento de los códecs digitales de banda telefónica y de banda ancha.*
- [33] Recomendación UIT-T P.84 (1993), *Método de prueba de escucha subjetiva para la evaluación de equipos de multiplicación de circuitos digitales y de sistemas de voz por paquetes.*

- [34] Recomendación UIT-T P.561 (1996), *Dispositivo de medida en servicio no intrusivo – Medidas para los servicios vocales.*
- [35] Recomendación UIT-T P.861 (1998), *Medición objetiva de la calidad de los códecs vocales de banda telefónica (300-3400 Hz).*
- [36] Recomendación UIT-T Q.551 (1996), *Características de transmisión de las centrales digitales.*
- [37] Recomendación UIT-T Q.552 (1996), *Características de transmisión en las interfaces analógicas a dos hilos de una central digital.*
- [38] Recomendación UIT-T Q.553 (1996), *Características de transmisión en las interfaces analógicas a cuatro hilos de una central digital.*
- [39] Recomendación UIT-T Q.554 (1996), *Características de transmisión en las interfaces digitales de centrales digitales.*
- [40] TIA/EIA-464-B (1996), *Requirements for Private Branch Exchange (PBX) Switching Equipment.*
- [41] TIA/EIA-470-B (1997), *Telecommunications – Telephone Terminal Equipment – Performance and Compatibility Requirements for Telephone sets with Loop Signalling.*
- [42] TIA/EIA-579-A (1998), *Telecommunications Telephone Terminal Equipment Transmission Requirements for Digital Wireline Telephones.*
- [43] TIA/EIA TSB32-A (1998), *Overall Transmission Plan Aspects for Telephony in a Private Network.*
- [44] ANSI T1.508 (1998), *Telecommunications – Network Performance – Loss Plan for Evolving Digital Networks.*
- [45] EIA/TIA/IS-54-B (1992), *Cellular System Dual Mode Mobile-Station Base-Station Compatibility Standard* (upgraded to ANSI/TIA/EIA-627 in June 1996).
- [46] TIA/EIA-96-C (1998), *Speech Service Option Standard for Wideband Spread Spectrum Systems.*
- [47] TIA/EIA/IS-127 (1997), *Enhanced Variable Rate Codec, Speech Service Option 3 for Wideband Spread Spectrum Digital Systems.*
- [48] TIA/EIA/IS-641-A (1996), *TDMA Cellular/PCS-Radio Interface – Enhanced Full-Rate Speech Codec.*
- [49] ETSI TBR 008 ed.1 (1994), *Integrated Services Digital Network (ISDN); Telephony 3.1 kHz teleservice; Attachment requirements for handset terminals.*
- [50] ETSI TBR 010 ed.2 (1997), *Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); General terminal attachment requirements: Telephony applications.*
- [51] ETSI EG 201 377-1 V1.1.1 (1999), *Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); Specification and measurement of speech transmission quality; Part 1: Introduction to objective comparison measurement methods for one-way speech quality across networks.*
- [52] ETSI ES 201 168 V1.1.1 (1998), *Corporate telecommunication Networks (CN); Transmission characteristics of digital Private Branch eXchanges (PBXs).*
- [53] ETSI EN 300 175-8 V1.4.2 (1999), *Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Common Interface (CI); Part 8: Speech Coding and Transmission.*
- [54] ETSI ETS 300 283 ed.1 (1994): *Business Telecommunications (BTC); Planning of loudness rating and echo values for private networks digitally connected to the public network.*

- [55] ETSI: EN 300 462-series (1998), *Transmission and Multiplexing (TM); Generic requirements for synchronization networks*.
- [56] A los efectos de esta Recomendación las normas siguientes deben ser consideradas en su conjunto:
- ETSI EN 300 961 V7.0.2 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Full rate speech; Transcoding* (GSM 06.10 version 7.0.2 Release 1998).
- ETSI EN 300 962 V7.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Full rate speech; Substitution and muting of lost frames for full rate speech channels* (GSM 06.11 version 7.0.1 Release 1998).
- ETSI EN 300 963 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Full rate speech; Comfort noise aspect for full rate speech traffic channels* (GSM 06.12 version 6.0.1 Release 1997).
- ETSI EN 300 964 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Full rate speech; Discontinuous Transmission (DTX) for full rate speech traffic channels* (GSM 06.31 version 6.0.1 Release 1997).
- ETSI EN 300 965 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Full rate speech; Voice Activity Detector (VAD) for full rate speech traffic channels* (GSM 06.32 version 6.0.1 Release 1997).
- [57] A los efectos de esta Recomendación las normas siguientes deben ser consideradas en su conjunto:
- ETSI EN 300 969 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Half rate speech; Half rate speech transcoding* (GSM 06.20 version 6.0.1 Release 1997).
- ETSI EN 300 970 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Half rate speech; Substitution and muting of lost frames for half rate speech traffic channels* (GSM 06.21 version 6.0.1 Release 1997).
- ETSI EN 300 971 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Half rate speech; Comfort noise aspects for the half rate speech traffic channels* (GSM 06.22 version 6.0.1 Release 1997).
- ETSI EN 300 972 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Half rate speech; Discontinuous Transmission (DTX) for half rate speech traffic channels* (GSM 06.41 version 6.0.1 Release 1997).
- ETSI EN 300 973 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Half rate speech; Voice Activity Detector (VAD) for half rate speech traffic channels* (GSM 06.42 version 6.0.1 Release 1997).
- [58] A los efectos de esta Recomendación las normas siguientes deben ser consideradas en su conjunto:
- ETSI EN 300 726 V7.0.2 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Enhanced Full Rate (EFR) speech transcoding* (GSM 06.60 version 7.0.2 Release 1998).
- ETSI EN 300 727 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Substitution and muting of lost frames for Enhanced Full Rate (EFR) speech traffic channels* (GSM 06.61 version 6.0.1 Release 1997).
- ETSI EN 300 728 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Comfort noise aspects for Enhanced Full Rate (EFR) speech traffic channels* (GSM 06.62 version 6.0.1 Release 1997).

ETSI EN 300 729 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Discontinuous Transmission (DTX) for Enhanced Full Rate (EFR) speech traffic channels* (GSM 06.81 version 6.0.1 Release 1997).

ETSI EN 300 730 V6.0.1 (1999), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Voice Activity Detector (VAD) for Enhanced Full Rate (EFR) speech traffic channels* (GSM 06.82 version 6.0.1 Release 1997).

- [59] ETSI ETR 250 ed.1 (1996), *Transmission and Multiplexing (TM); Speech communication quality from mouth to ear for 3.1 kHz handset telephony across networks.*
- [60] ETSI ETR 275 ed.1 (1996), *Transmission and Multiplexing (TM); Considerations on transmission delay and transmission delay values for components on connections supporting speech communications over evolving digital networks.*
- [61] ISO/IEC 11573:1994, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Synchronization methods and technical requirements for Private Integrated Services Networks.*
- [62] ARIB: RCR STD-27 H, Fascicle 1 (Revision H, 2 de febrero de 1999), *Personal Digital Cellular Telecommunication System ARIB Standard.*

### 3 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

ACELP	Predicción lineal con excitación por código algebraico ( <i>algebraic code-excited linear prediction</i> )
ATM	Modo de transferencia asíncrono ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
CDMA	Acceso múltiple por división de código ( <i>code division multiple access</i> )
CLR	Índice de sonoridad del circuito ( <i>circuit loudness rating</i> )
CNG	Generador de ruido de confort ( <i>comfort noise generator</i> )
CRE	Equivalente de referencia corregido ( <i>corrected reference equivalent</i> )
CS-ACELP	Codificación de predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada ( <i>conjugate structure algebraic code-excited linear prediction</i> )
DAL	Línea de acceso digital ( <i>digital access line</i> )
DCME	Equipo digital de multiplicación de circuitos ( <i>digital circuit multiplication equipment</i> )
DECT	Telecomunicaciones inalámbricas digitales mejoradas ( <i>digital enhanced cordless telecommunication</i> )
DPBX	Centralita privada digital; PBX digital ( <i>digital PBX</i> )
EC	Compensador de eco ( <i>echo canceller</i> )
ECD	Dispositivo de control del eco ( <i>echo control device</i> )
EFR	Códec de velocidad plena mejorada ( <i>enhanced full rate codec</i> )
EL	Atenuación del eco ( <i>echo loss</i> )
ELE	Mejora de la atenuación del eco ( <i>echo loss enhancement</i> )
ERLE	Mejora de la atenuación de adaptación para el eco ( <i>echo return loss enhancement</i> )
ERP	Punto de referencia oído ( <i>ear reference point</i> )

ETSI	Instituto Europeo de Normas de las Telecomunicación ( <i>European Telecommunications Standards Institute</i> )
FDM	Multiplexación por división de frecuencia ( <i>frequency division multiplex</i> )
FEC	Corrección de errores sin canal de retorno ( <i>forward error correction</i> )
GoB	Buena o mejor ( <i>good or better</i> )
GSM	Sistema mundial de comunicaciones móviles ( <i>global system for mobile communications</i> )
IC	Empresa de explotación entre centrales ( <i>interexchange carrier</i> )
ICP	Punto de conexión internacional ( <i>international connection point</i> )
ICS	Estación compatible con RDSI ( <i>ISDN compatible station</i> )
INMD	Dispositivo de medición en servicio no intrusiva ( <i>in-service non-intrusive measurement device</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IST	Troncal de servicios integrados ( <i>integrated services trunk</i> )
IWF	Función de interfuncionamiento ( <i>interworking function</i> )
KTS	Sistema telefónico con pulsadores ( <i>key telephone system</i> )
LAN	Red de área local ( <i>local area network</i> )
LD-CELP	Predicción lineal con excitación por código de bajo retardo ( <i>low-delay code-excited linear prediction</i> )
LEC	Empresa de explotación de central local ( <i>local exchange carrier</i> )
LELR	Índice de sonoridad del eco para el oyente ( <i>listener echo loudness rating</i> )
LSTR	Índice de enmascaramiento del efecto local para el oyente ( <i>listener sidetone masking rating</i> )
MIC	Modulación por impulsos codificados
MICDA	Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa
MICU	Modulación por impulsos codificados uniforme; MIC uniforme
MLTS	Sistema de telecomunicaciones multilínea ( <i>multi-line telecommunications system</i> )
MOS	Nota media de opinión ( <i>mean opinion score</i> )
MRP	Punto de referencia boca ( <i>mouth reference point</i> )
NCP	Punto(s) de conexión de red [ <i>network connection point(s)</i> ]
NLP	Procesador no lineal ( <i>non-linear processor</i> )
OLL	Atenuación en bucle abierto ( <i>open-loop loss</i> )
OLR	Índice de sonoridad global ( <i>overall loudness rating</i> )
ONS	Estación en las instalaciones ( <i>on-premises station</i> )
OREM	Medición equivalente de referencia objetiva ( <i>objective reference equivalent measurement</i> )
PACS	Sistema de comunicaciones de acceso personal ( <i>personal access communications system</i> )
PBX	Centralita privada ( <i>private branch exchange</i> )

PCI	Interfaz de comunicaciones personales ( <i>personal communications interface</i> )
PoW	Mediocre o peor ( <i>poor or worse</i> )
PWT	Telecomunicaciones inalámbricas personales ( <i>personal wireless telecommunications</i> )
qdu	Unidad(es) de distorsión de cuantificación [ <i>quantization distortion unit(s)</i> ]
RDSI	Red digital de servicios integrados
RLR	Índice de sonoridad en recepción ( <i>receive loudness rating</i> )
RPE-LTP	Excitación por impulsos residuales – Predictor a largo plazo ( <i>residual pulse excitation – long term predictor</i> )
RTP	Protocolo en tiempo real ( <i>real time protocol</i> )
RTPC	Red telefónica pública conmutada
RPV	Red privada virtual
SLR	Índice de sonoridad en emisión ( <i>send loudness rating</i> )
SS	Supresor programable ( <i>soft suppressor</i> )
STMR	Índice de enmascaramiento del efecto local ( <i>sidetone masking rating</i> )
TBRL	Atenuación de equilibrado del terminal ( <i>terminal balance return loss</i> )
TCLw	Atenuación ponderada por acoplamiento de terminal ( <i>terminal coupling loss weighted</i> )
TCP	Protocolo de control de transmisión ( <i>transmission control protocol</i> )
TDM	Multiplexación por división en el tiempo ( <i>time division multiplex</i> )
TDMA	Acceso múltiple por división en el tiempo ( <i>time division multiple access</i> )
TELR	Índice de sonoridad del eco para el hablante ( <i>talker echo loudness rating</i> )
TIA	Telecommunications Industry Association
UDP	Protocolo de datos de usuario ( <i>user data protocol</i> )
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-T	Sector de Normalización de la Unión Internacional de Telecomunicaciones
VAD	Detección de actividad vocal ( <i>voice activity detection</i> )
VNL	Vía net loss
VSELP	Predicción lineal con excitación por vector suma ( <i>vector sum excited linear prediction</i> )
WAN	Red de área extensa ( <i>wide area network</i> )
WEPL	Atenuación ponderada del trayecto de eco ( <i>weighted echo path loss</i> )
WUPE	Equipo inalámbrico en las instalaciones de usuario ( <i>wireless user premises equipment</i> )

## 4 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

### 4.1 Red privada

La expresión "red privada" se utiliza en esta Recomendación para describir una red que sólo da servicio a un grupo restringido de usuarios, a diferencia de la red pública (RTPC) que está a disposición de todo el mundo. Por lo general, una red privada es una red de terminación y consta de varios nodos interconectados (es decir, varias PBX), con interconexiones con otras redes (sobre todo públicas).

Las características de la red privada son como sigue:

- 1) Normalmente consta de más de un elemento de equipo de conmutación PBX o sistema telefónico con pulsadores (KTS, *key telephone system*), conectados por medio troncales de enlace o líneas arrendadas o mediante una red privada virtual (RPV). La funcionalidad de la red es independiente de su estructura y jerarquía. El equipo de conmutación y los enlaces pueden ser analógicos o digitales.
- 2) Proporciona funciones de conmutación y todas las demás prestaciones a un solo cliente o a grupo de clientes, y no es accesible al público en general.
- 3) No tiene ninguna limitación con respecto al tamaño del área geográfica, ni se circunscribe a una zona o región nacional específica.
- 4) No tiene ninguna limitación con respecto al número de extensiones y puntos de acceso a otras redes.

### 4.2 Red pública

La expresión "red pública" se utiliza en esta Recomendación para referirse a cualquier red que proporcione funciones de transmisión y conmutación así como prestaciones a disposición del público en general, no limitadas a un grupo de usuarios específico. En este contexto, la palabra "pública" no se refiere a la situación jurídica del operador de la red.

En algunos casos, es posible que una red pública proporcione sólo un conjunto limitado de prestaciones. En un entorno competitivo, se puede hacer que una red pública se limite a dar servicio a un número restringido de clientes, o limitar su servicio a determinadas prestaciones o funciones. Por lo general, las redes públicas proporcionan puntos de acceso a otras redes o terminales sólo dentro de un área geográfica determinada.

Desde el punto de vista de una conexión de extremo a extremo, la red pública puede funcionar como una "red de tránsito" (un enlace entre otras dos redes) o como una combinación de "red de tránsito y red de terminación" en el caso en que la red pública proporcione conexiones a equipos terminales, tales como aparatos telefónicos o PBX. En América del Norte, las empresas de explotación entre centrales (IC, *interexchange carriers*) funcionan generalmente como redes de tránsito mientras que las funciones de una red de tránsito y terminación se asignan a empresas de explotación de central local (LEC, *local exchange carriers*).

### 4.3 Aspectos relativos a la calidad

Los métodos anteriores de planificación de las redes de terminación se basaban por lo general en valores límite para los diferentes parámetros de la transmisión entre el aparato telefónico (interfaz acústica) y la interfaz con otras redes, sobre todo públicas. Esto significa que sólo se tenía en cuenta la sección situada dentro de la red privada, en tanto que parte de una conexión completa formada por los diferentes elementos de red entre una boca/un oído humano y una interfaz eléctrica.

Ahora bien, la percepción de la calidad de transmisión de señales vocales durante una conversación telefónica es sobre todo un juicio "subjetivo". El concepto de "calidad" no puede ser considerado

como una cantidad discreta única, ya que es algo que puede variar dependiendo de las expectativas del usuario de una "calidad de transmisión de señales vocales" suficiente para una llamada telefónica a 3,1 kHz con el modo de terminal (por ejemplo, un microteléfono) y el servicio de que se trate (por ejemplo, inalámbrico). Con respecto a la planificación de la transmisión, el método de planificación y los cálculos necesarios deberán basarse en una consideración de extremo a extremo entre la boca de una persona y el oído de otra.

Para juzgar la calidad de una configuración determinada y realizar "pruebas subjetivas", se utilizan varios métodos descritos en diferentes Recomendaciones (tales como las Recomendaciones P.800 [30], P.82 [31], P.830 [32] y P.84 [33]). Uno de los métodos más comunes consiste en efectuar pruebas de laboratorio (por ejemplo, "pruebas de escucha únicamente"), en las que se pide a los participantes en la prueba que clasifiquen la calidad percibida según distintas categorías. Se puede definir por ejemplo, un "índice de calidad" de acuerdo con la siguiente escala de evaluación de cinco notas:

Calidad	Nota
Excelente	5
Buena	4
Mediocre	3
Pobre	2
Mala	1

Las notas se utilizan para calcular el valor medio de la evaluación de varios participantes en una prueba con la misma configuración de prueba. El resultado es la llamada "nota media de opinión" (MOS, *mean opinion score*) que, en teoría, puede variar entre 1 y 5. También se puede obtener una evaluación de la calidad de transmisión de señales vocales calculando el porcentaje de todas las personas de la prueba que califican la configuración como "buena o mejor" o como "mediocre o peor". Para una conexión dada, estos resultados se expresan como "porcentaje de Bueno o Mejor" (%GoB) y "porcentaje de Mediocre o Peor" (%PoW).

En las redes existentes, los proveedores de redes públicas y privadas pueden aplicar también diversos métodos de control y **supervisión** de la "calidad de servicio" con respecto a la calidad de transmisión de señales vocales. Esto puede hacerse de la siguiente manera:

- subjetivamente, entrevistando a los abonados de conformidad con la Recomendación P.800 [30];
- mediante un método objetivo, con un equipo de prueba denominado "dispositivo de medición en servicio no intrusiva" (INMD, *in-service non-intrusive measurement device*), de acuerdo con la Recomendación P.561 [34];
- utilizando dispositivos de medición objetiva de conformidad con la Recomendación P.861 [35]. Se señala, de todos modos, que en la Comisión de Estudio 12 del UIT-T se está llevando a cabo un proceso de perfeccionamiento de los métodos de medición.

Ahora bien, estos métodos, descritos en [51], no son aplicables a efectos de **planificación** de las redes.

La tarea principal durante la planificación de las redes consiste en recoger la información necesaria sobre los diversos componentes de red de la configuración investigada y su contribución a las degradaciones de la transmisión, que repercuten en la calidad de transmisión de señales vocales por la conexión de extremo a extremo. Como ayuda al planificador, se dispone de modelos informáticos que, con los datos de entrada pertinentes, generan un valor calculado del índice de calidad R del modelo E y otras medidas de la calidad, por ejemplo, MOS, %GoB y %PoW.



Uno de esos modelos es el "**modelo E**", cuya utilización se recomienda a efectos de planificación de las conexiones telefónicas de extremo a extremo por microteléfono a 3,1 kHz. Para más información sobre el modelo E, véase la cláusula 6 junto con la Recomendación G.107 [3] y [59].

#### **4.4 Red basada en el protocolo internet**

Las redes basadas en el IP pueden estar presentes con distintas realizaciones, clasificables como sigue:

- redes internas de empresas privadas, gestionadas y/o explotadas (las LAN);
- dominios de proveedores de servicio (las WAN);
- Internet pública (WAN concatenadas);
- una combinación de todo lo anterior.

Constan de encaminadores internos y encaminadores de borde (por ejemplo, entre una LAN y una WAN) que establecen enlaces de red entre las funciones de interfuncionamiento (IWF, *interworking function*), llamadas pasarelas (por ejemplo, a la RTPC) y los terminales IP (por ejemplo, de acuerdo con la Recomendación H.323 [26]).

Las redes IP se basan en el protocolo Internet (IP, *internet protocol*) y proporcionan transporte de datos por paquetes. Es decir, una señal vocal digitalizada aplicada a la entrada de una función de interfuncionamiento (IWF) es ensamblada en pequeños paquetes. Dichos paquetes contienen un encabezamiento IP en el que figuran por lo general los siguientes datos:

- la dirección de destino;
- otra información relacionada con el transporte;
- los encabezamientos de otros protocolos de transmisión, tiempo real, etc. (por ejemplo, TCP, UDP, RTP);
- y un pequeño segmento de tiempo de la señal vocal.

Al final, a la salida de otra IWF, los segmentos de la señal vocal se descomponen para formar una señal vocal digital continua. De manera alternativa, la paquetización y la descomposición de la señal vocal pueden ser realizadas por un terminal de conformidad con la Recomendación H.323 [26], en lugar de por la IWF.

#### **4.5 Elementos de red**

Los componentes de una conexión de extremo a extremo se clasifican en tres grupos principales: elementos terminales, elementos de conexión y elementos de transmisión.

##### **4.5.1 Elementos terminales**

Por lo que se refiere a la transmisión de señales vocales, elementos terminales son todo tipo de aparatos telefónicos, digitales o analógicos, alámbricos, sin hilos, o móviles, incluidas las interfaces acústicas con la boca y el oído del usuario. Estos componentes se caracterizan por su índice de sonoridad en emisión (SLR, *send loudness rating*) y su índice de sonoridad en recepción (RLR, *receive loudness rating*) que contribuyen al índice de sonoridad global (OLR, *overall loudness rating*) de una conexión. Otros parámetros del elemento terminal, tales como el índice de enmascaramiento del efecto local (STMR, *sidetone masking rating*), el índice de enmascaramiento del efecto local para el oyente (LSTR, *listener sidetone masking rating*), el diseño del microteléfono (factor D), la respuesta en frecuencia en el sentido emisión y en el sentido recepción y el umbral mínimo de ruido, contribuyen también al índice de calidad de transmisión de señales vocales de extremo a extremo. En el caso de sistemas inalámbricos o basados en el IP, es posible que haya que agregar distorsiones y retardos adicionales, dependiendo de los algoritmos de codificación y modulación utilizados en tales interfaces.

#### 4.5.2 Elementos de conexión

Elementos de conexión son todo tipo de equipos de conmutación, por ejemplo, las PBX locales (para la conexión directa de elementos de terminal) y las PBX de tránsito por las redes. Los elementos de conexión pueden emplear conmutación analógica o digital o tecnología basada en paquetes. Las contribuciones de los sistemas analógicos a la degradación son la atenuación y el ruido. Los sistemas de conmutación digitales contribuyen al retardo de extremo a extremo, debido al procesamiento de la señal, y también al grado de distorsión de cuantificación que conllevan los atenuadores digitales y la conversión de código. Los encaminadores basados en paquetes contribuyen además con una variación del retardo en función del tiempo y la pérdida de paquetes. Cuando se efectúan conversiones de 4 hilos a 2 hilos dentro de, o entre, interfaces de equipos de conmutación, las reflexiones de la señal contribuyen a las degradaciones en tanto que fuente de efectos del eco.

#### 4.5.3 Elementos de transmisión

Elementos de transmisión son todo tipo de medios utilizados como facilidad entre elementos de conexión, y entre elementos de conexión y elementos de terminal. Los medios físicos de esos elementos pueden ser metálicos (cobre), de fibra óptica o radioeléctricos. La forma de la señal es analógica o digital. Entre las degradaciones asociadas a la transmisión de señales analógicas figuran el tiempo de propagación (por lo general, proporcional a la distancia), la atenuación, la respuesta en frecuencia y el ruido (debido sobre todo a la interferencia longitudinal).

A efectos de la planificación, se puede prescindir normalmente de las degradaciones debidas a la respuesta en frecuencia y al ruido, cuando se trata de longitudes de línea cortas y medias.

En el caso de los elementos de transmisión digital, la degradación de la transmisión más importante la provoca el tiempo de propagación por medios metálicos, ópticos y radioeléctricos. En las secciones inalámbricas, se introduce un retardo adicional que depende del algoritmo de codificación y modulación utilizado. Cuando el elemento de transmisión incluye conversión analógico a digital, la atenuación y la distorsión son factores de degradación adicionales.

Por lo general se utiliza la multiplexación para transportar varios canales por un solo medio físico. En las redes existentes se aplican diversos sistemas de multiplexación:

- Multiplexación por división en el tiempo (TDM, *time division multiplex*)
- Equipo digital de multiplicación de circuitos (DCME, *digital circuit multiplication equipment*)
- Facilidades basadas en paquetes:
  - con conexión (ATM)
  - sin conexión (Ethernet, IP)

En los elementos de transmisión digital, los sistemas utilizan la modulación por impulsos codificados (MIC) a 64 kbit/s de la Recomendación G.711 [15], o una de las técnicas más recientes de compresión basada en códecs de baja velocidad binaria. La influencia más importante de estos sistemas en la calidad de transmisión se manifestará en forma de distorsiones adicionales, en términos de qdu o factor de degradación de equipo (Ie), y retardo medio en un sentido adicional.

#### 4.6 Tipos de conexiones

Para algunas redes, la atribución de degradaciones se puede llevar a cabo teniendo en cuenta la combinación de tipos de conexiones. Por ejemplo, las redes privadas pueden proporcionar sobre todo conexiones internas, o pueden encaminar gran parte de las llamadas destinadas a un terminal de red pública a través de facilidades de red privada hacia una central local de RTPC cerca del destino. Dependiendo de la actividad profesional del usuario de la red privada, es posible que la mayoría de las llamadas entrantes y salientes se originen y terminen dentro de una misma área de llamada local. Cabe además dividir las llamadas en conexiones internas (entre dos elementos terminales de la

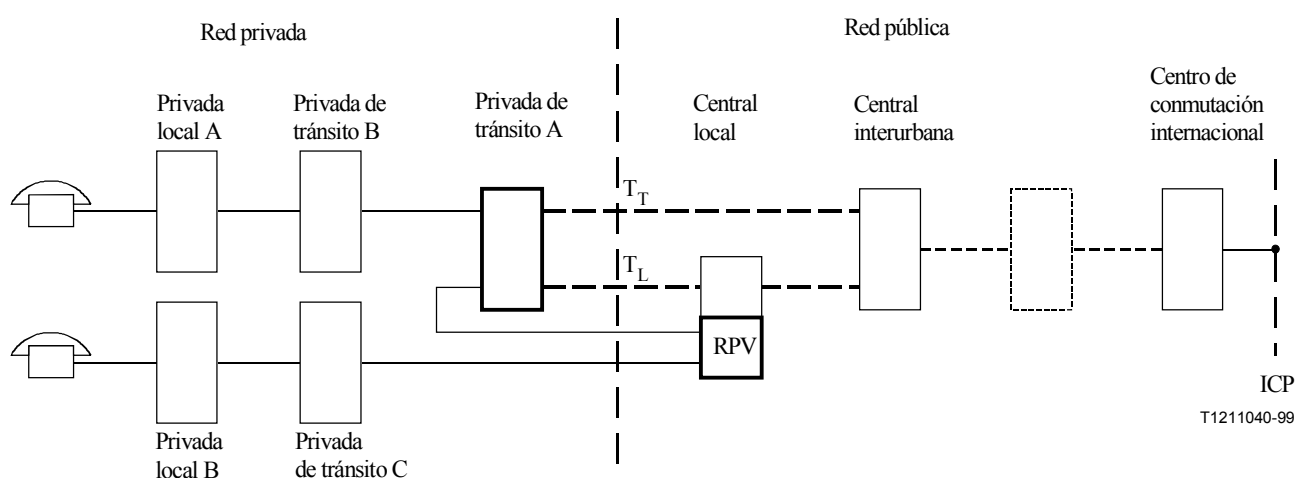
misma red privada), y conexiones externas vía una red pública, que a su vez se pueden dividir en "llamadas locales" para conexiones del área local solamente, "llamadas de larga distancia nacionales" y "llamadas internacionales".

Se señala que, en este contexto, "mayoría de las llamadas" significa un porcentaje de conexiones, dentro del área local por ejemplo, superior al 95%. Si el planificador tiene en cuenta la diversidad de tipos de conexión al efectuar su planificación, podrá llegado el caso ampliar el margen de tolerancia permitido, normalmente pequeño, para parámetros específicos (tales como, el tiempo de transmisión) dentro de la red en estudio, con el resultado de un diseño más económico de la misma.

## 5 Configuraciones de referencia

En la planificación de la transmisión las configuraciones de referencia tienen por objeto, facilitar una visión de conjunto de la conexión considerada y simplificar la identificación de todos los elementos terminales, de conexión y de transmisión que contribuyen a la degradación de la calidad de la transmisión de extremo a extremo.

Dada la diversidad de jerarquías, estructuras, encaminamientos, número y tipos de elementos de red de una red, cada conexión investigada dará lugar a una configuración de referencia diferente. Por ello, no es posible crear una configuración genérica única que sirva durante todo el trabajo de planificación de la red. Las figuras que siguen deberán considerarse tan solo como ejemplos, utilizados sobre todo para las definiciones de la presente Recomendación. Una tarea importante a la hora de planificar consiste en identificar el tipo de interconexión entre la red considerada y otras redes. La figura 1 muestra una configuración básica, en la que se supone la presencia de una interfaz digital entre las redes.



- ICP Punto de conexión internacional
- $T_L$  Punto de acceso a central local de red pública
- $T_T$  Punto de acceso a central interurbana de red pública
- RPV Red privada virtual

**Figura 1/G.108 – Configuración básica de la interconexión entre red privada y red pública**

En la figura 1, que se ha generalizado para incluir escenarios internacionales, la red pública, y por consiguiente la conexión en su totalidad, se muestra sólo hasta el punto de conexión internacional, ICP, de un centro de conmutación internacional. Se supone que el margen de degradación permitida entre los puntos de acceso para llamadas dentro de la red pública nacional se distribuye de manera simétrica con referencia al ICP, que se puede considerar el centro virtual de la red pública para

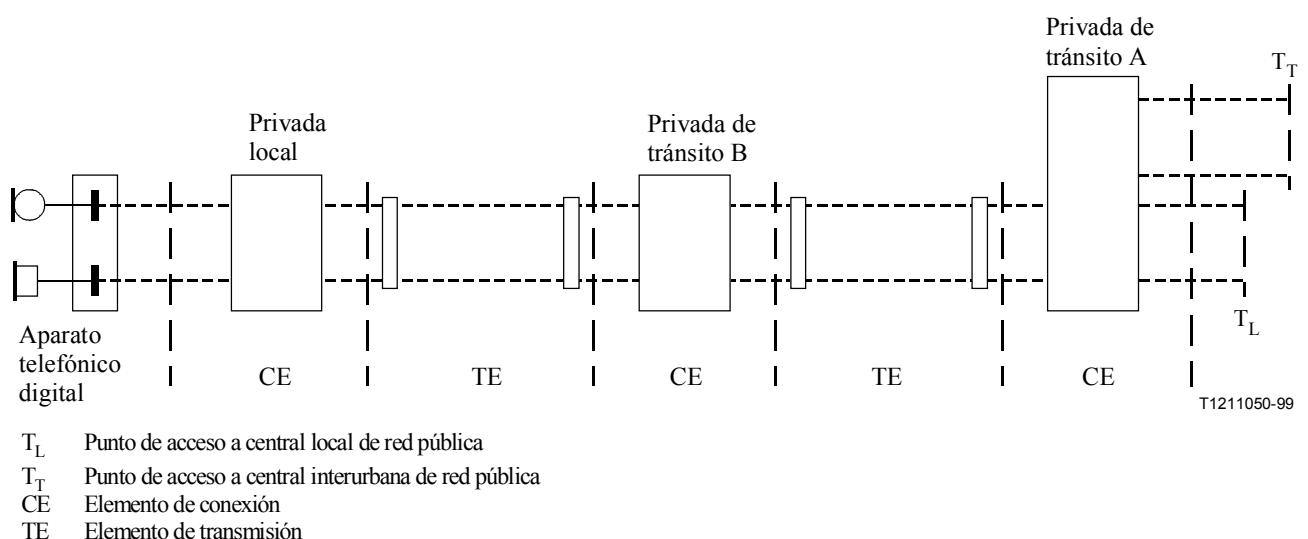
llamadas internacionales. Puesto que las llamadas pueden terminar en ambos lados en redes privadas de la misma configuración, el sencillo esquema de la figura parece suficiente. En el caso de conexiones en las que no interviene un ICP, por ejemplo, la mayoría de las conexiones de América del Norte, se puede suponer que el centro virtual equivalente se halla en el tramo digital del proveedor de red más importante, por lo general una IC.

La configuración muestra dos tipos diferentes de interfaces entre redes pública y privadas, una de ellas, llamada  $T_L$ , conecta la red privada a una central local (por ejemplo, LEC), normalmente la de jerarquía más baja y punto de conexión común en la red pública. La otra interfaz, llamada  $T_T$ , conecta la red privada directamente a un nivel de jerarquía superior, por ejemplo, una IC, con lo que se elude el paso por la central local. En algunos casos, sobre todo en redes privadas de mayor tamaño, la elusión mencionada permite una atribución mayor de parámetros de la transmisión específicos, por ejemplo, de retardo, a la red privada.

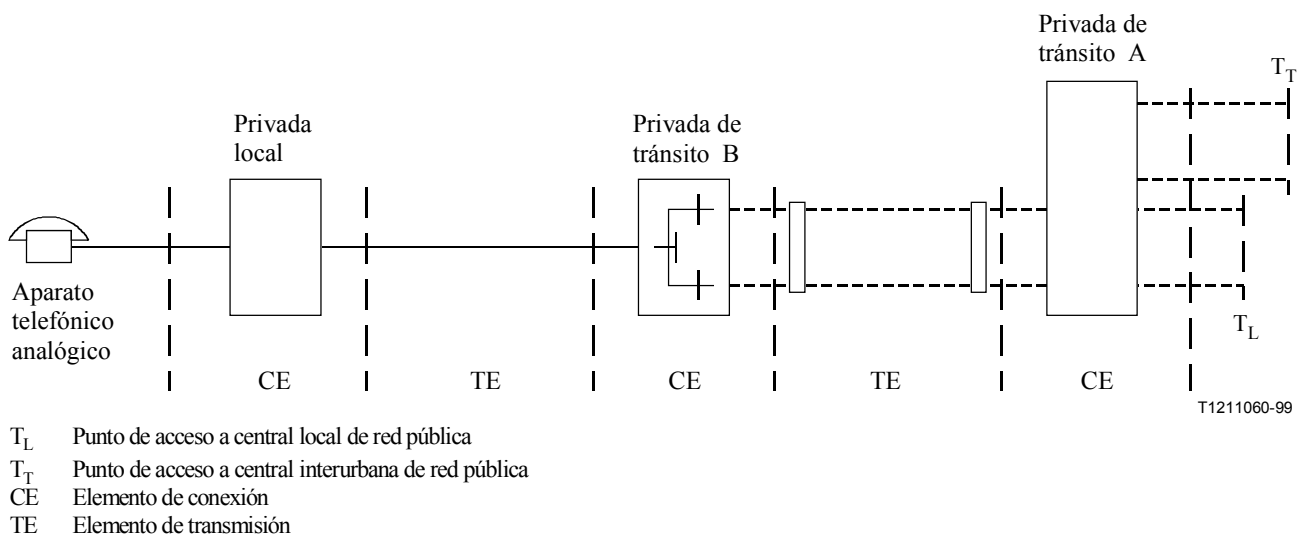
La figura 1 ilustra también la interconexión entre las centrales privadas de tránsito A y C utilizando las prestaciones de una red privada virtual (RPV). A efectos de la planificación de la transmisión, la RPV, aunque sea parte de la red pública, deberá considerarse constituyente de la red privada. Otro tanto puede decirse en el caso de líneas arrendadas o de troncales de enlace que actúan como elementos de transmisión entre diferentes PBX dentro de la red privada, pero proporcionados normalmente por empresas de explotación de redes públicas.

Cuando la red privada incluya líneas arrendadas o troncales de enlace, conexiones RPV, o terminales Centrex, el planificador de la misma deberá obtener, del proveedor de tales facilidades o servicios de la red pública, información sobre esas conexiones para planificar la transmisión.

Las figuras 2 a 4 ilustran con más detalle configuraciones comunes dentro de la red privada. La figura 2 muestra una conexión totalmente digital entre un aparato telefónico digital y las interfaces digitales  $T_L$  o  $T_T$  con la red pública. Suponiendo una transmisión transparente por completo a los bits en todos los elementos de la red privada, la configuración puede considerarse como de calidad óptima para una conexión, en la que la red privada contribuye probablemente con un mínimo de degradaciones de transmisión a la conexión global.

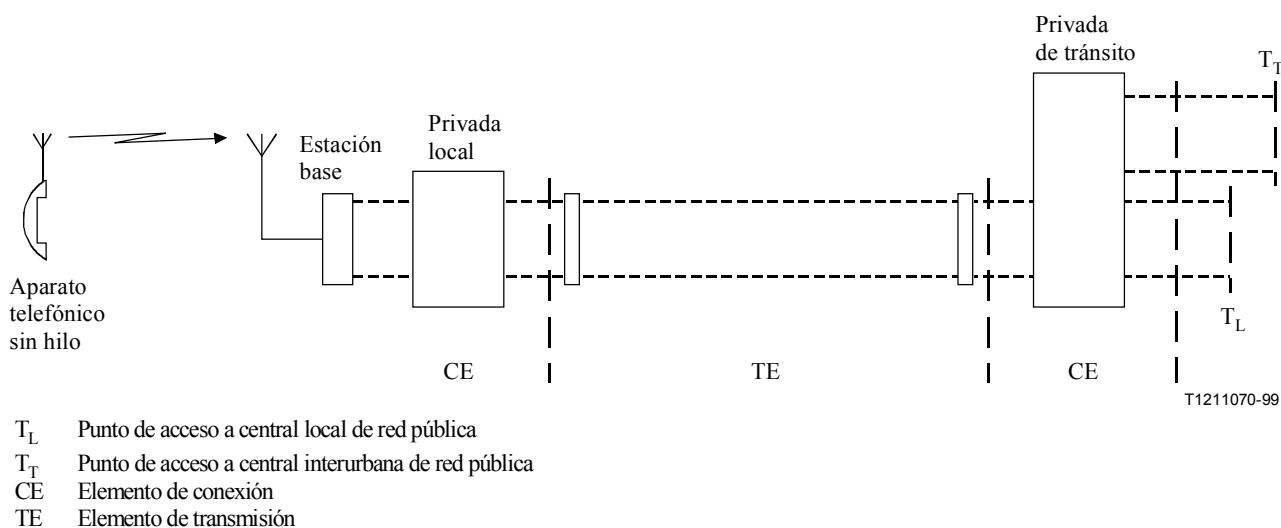


**Figura 2/G.108 – Configuración normalizada con un encaminamiento totalmente digital dentro de la red privada**



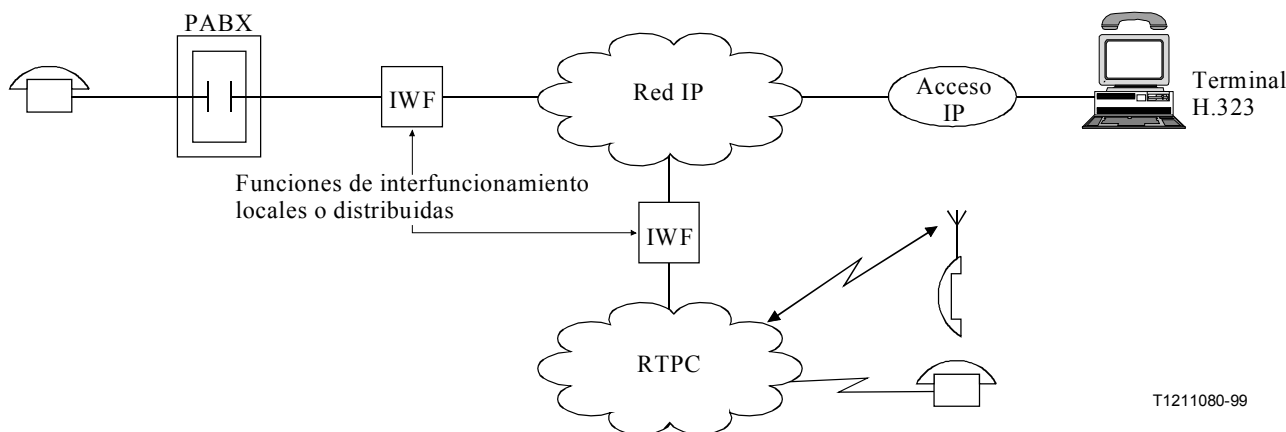
**Figura 3/G.108 – Red privada con conversión de 4 hilos a 2 hilos**

En la configuración de la figura 3 se supone una conversión (híbrida) de 4 hilos a 2 hilos en la central privada de tránsito B y facilidades a 2 hilos hacia la central de terminación privada así como hacia el aparato telefónico analógico. En este caso habrá que prever degradaciones debidas a la atenuación en la sección de cable a 2 hilos. Además, la conversión híbrida de la central de tránsito B puede ser origen de degradaciones en tanto que posible fuente de eco para el abonado del extremo lejano. La conversión híbrida forma parte también de la conexión a 4 hilos con la red pública y, por tanto, podría influir en la estabilidad de la conexión.



**Figura 4/G.108 – Aparato telefónico sin hilo conectado digitalmente**

Cuando los aparatos telefónicos sin hilos actúan a modo de elementos terminales, como se muestra en la figura 4, las degradaciones debidas al retardo y la distorsión adicionales habrán de ser tenidas en cuenta en la planificación. En tales configuraciones, deberá estudiarse también la posible utilización de dispositivos de control del eco.



**Figura 5/G.108 – Conexión básica entre la RTPC y una red IP con su terminal H.323 y una PBX conectada vía una IWF**

Cuando redes basadas en el IP actúan a modo de elemento de transmisión (conteniendo elementos de la conexión), como se muestra en la figura 5, las degradaciones debidas a la transcodificación o la puesta en tándem de códecs de baja velocidad binaria y la pérdida paquetes así como el retardo adicional habrán de ser tenidos en cuenta en la planificación. Con tales configuraciones, deberá estudiarse también la existencia, la necesidad y las propiedades de los dispositivos de control del eco.

## **6 Principio básico de la planificación – método del factor de degradación junto con el modelo E**

Como se indica en la introducción a la presente Recomendación, el rápido cambio que se está produciendo en el campo de las redes interconectadas múltiples (por ejemplo, las redes privadas) de tamaño y complejidad cada vez más mayores, unido a las nuevas tecnologías y el apremio por llegar a soluciones más económicas, exige una mayor flexibilidad en la planificación de la transmisión.

Por lo general, la calidad de transmisión de señales vocales vía canales telefónicos se basa en una evaluación subjetiva por parte de los usuarios de ambos extremos. Por ello, la planificación de la transmisión que se expone en la Recomendación G.101 (Plan de transmisión) [2] procede, en principio, de una consideración de extremo a extremo junto con el reparto de los parámetros pertinentes entre las diferentes redes, o partes de una red. En el caso de las redes privadas, este método fue el que se utilizó por lo general en materia de reglamentación de las llamadas cursadas por la red pública, estableciendo los límites de la red privada entre la interfaz acústica del aparato telefónico y una interfaz eléctrica con la red pública. Dichos límites se fijaron para garantizar una calidad suficiente en todas las llamadas (nacionales e internacionales). En América del Norte, los proveedores de redes públicas eran quienes imponían normalmente los límites; en Europa, la atribución de límites se hizo vía reglamentación.

A medida que las redes se hacen más complejas (las normas norteamericanas relativas al interfuncionamiento de las redes se han modernizado, y los países europeos caminan hacia la liberalización), este principio deja de ser válido. Además de que en muchos países el grado de liberalización es cada vez mayor, la responsabilidad respecto a una calidad de transmisión de las señales vocales suficiente se ha desplazado ahora hacia el operador de la red de terminación (por ejemplo, privada). De todos modos, la planificación de esas redes con respecto a la calidad de transmisión de señales vocales exige tener conocimientos y experiencia en materia de parámetros de transmisión y su influencia en la calidad. Parece necesario, por tanto, proporcionar un método de planificación que sea fácilmente aplicable y que vaya acompañado de información completa de tipo

didáctico así como de instrumentos de planificación. Tal es el objetivo principal de la presente Recomendación.

Se señala que con la planificación de la red se pretende, sobre todo, controlar la acumulación de degradaciones de la transmisión provocadas por los diferentes elementos de red en todas las configuraciones posibles. Con la planificación de la red no se pretende limitar la degradación de la transmisión debida a un determinado elemento de red. A menos que se indique otra cosa, se supone que los elementos de transmisión y conmutación y los elementos terminales se han diseñado en general de manera que cumplan los requisitos pertinentes indicados en las Recomendaciones del UIT-T y en las normas internacionales o nacionales aplicables a esos tipos de elementos.

La percepción de los usuarios, basada en pruebas subjetivas, se expresa en términos de MOS, %GoB o %PoW. Sin embargo, no resulta práctico realizar esas pruebas durante la planificación de la transmisión. Por ello se ha de prever un método que permita al planificador combinar mediante cálculos todas las degradaciones de las transmisiones existentes en la conexión de que se trate generando así un valor de degradación total. Los cálculos se deben efectuar utilizando un algoritmo basado en las pruebas subjetivas. En las conexiones telefónicas que constan de diversos elementos de red, parámetros de transmisión diferentes pueden contribuir además de manera simultánea a la degradación total. El método de planificación utilizado ha de incorporar, por tanto, los efectos de esa combinación. En todas las configuraciones a las que sea aplicable la presente Recomendación, la planificación de la calidad de transmisión de señales vocales deberá basarse en una consideración de extremo a extremo más bien que en la especificación de límites de parámetros objetivos individuales.

Para el cálculo de los diferentes valores de la degradación, sobre todo si hay que tener en cuenta el efecto combinado de la presencia de más de un parámetro, se utilizan modelos informáticos con miras a la planificación. Se han elaborado varios "modelos de evaluación", contenidos y descritos en anteriores publicaciones del UIT-T y el CCITT, que han quedado obsoletas por lo que se refiere a su aplicación, y que hoy en día sólo tienen la condición de referencia bibliográfica. Actualmente, la Recomendación G.107 [3] da el algoritmo del denominado modelo E como modelo común del UIT-T de evaluación de la transmisión.

La planificación de la transmisión basada en el modelo E recomendado permite efectuar una predicción de la calidad esperada, percibida por el usuario, de la conexión investigada. Partiendo de una estimación de extremo a extremo de cada parámetro de la transmisión (incluidos el tipo y el número de códecs de baja velocidad binaria), se deducen los valores de la degradación. Este método tiene en cuenta los dispositivos codificadores de baja velocidad binaria así como las degradaciones provocadas por los codificadores MIC normalizados y las degradaciones no relacionadas directamente con el procesamiento digital. La introducción del tema de la calidad a efectos de la planificación permite además al operador de la red privada efectuar el diseño de la misma en función de la relación coste/calidad, teniendo en cuenta los requisitos específicos de una red privada.

El principio básico de la planificación, al que se atiene la presente Recomendación, se aparta de los métodos de planificación anteriores correspondientes a los escenarios en los que se producía la interconexión de redes. La calidad de transmisión de señales vocales de extremo a extremo se expresa ahora en términos del índice R del modelo E, resultado de los cálculos efectuados con dicho modelo. El índice R se puede transformar en otras medidas de la calidad, utilizadas anteriormente en la planificación de la transmisión, tales como la nota media de opinión (MOS), el porcentaje de bueno o mejor (%GoB) o el porcentaje de mediocre o peor (%PoW), según el anexo B/G.107 [3].

La figura 6 tiene por objeto mostrar de forma detallada la relación y la interdependencia entre MOS subjetiva, MOS objetiva, MOS predicha e índice R del modelo E.

Para aclarar los términos:

- MOS subjetiva – es la calidad de escucha de las señales vocales calculada mediante una "prueba subjetiva" de acuerdo con la Recomendación P.800 [30].

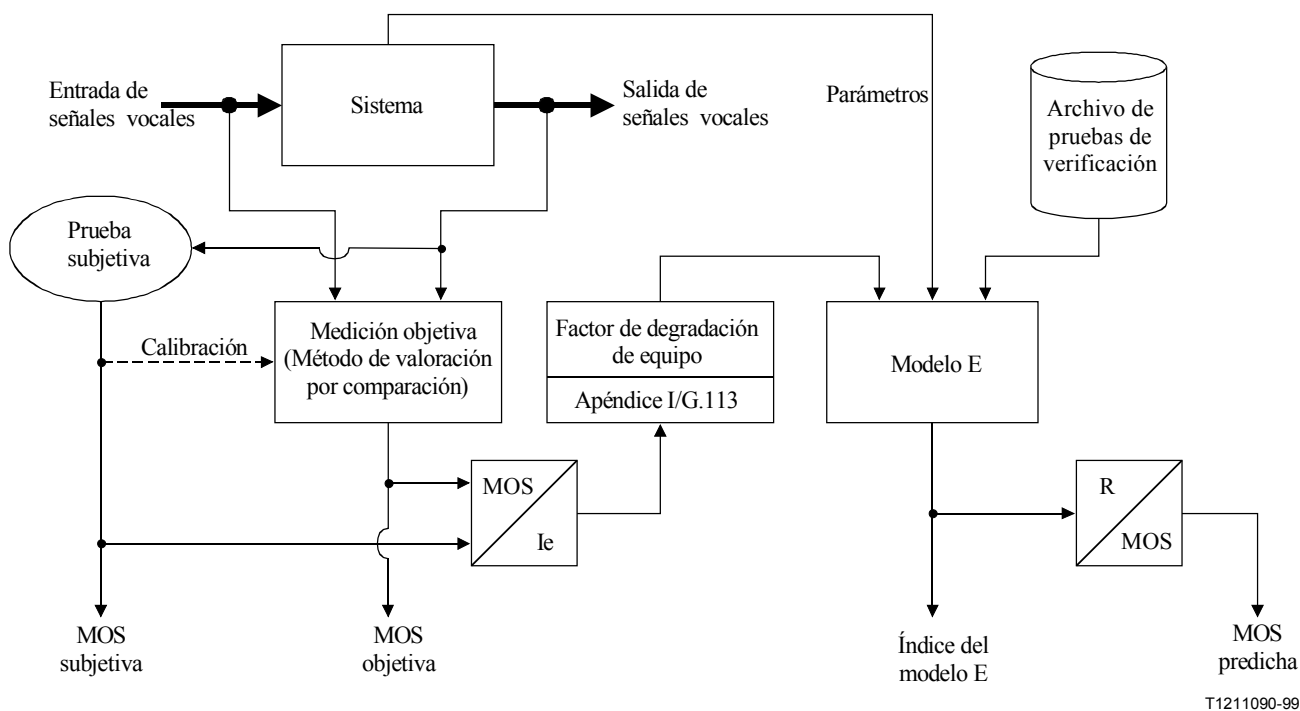
- MOS objetiva – es la calidad de escucha de las señales vocales medida, normalmente, mediante un método de valoración por comparación.
- MOS predicha – es la calidad estimada de la conversación.

La casilla "sistema" contiene todo el equipo (entrada/salida acústica o eléctrica) que se ha de probar (ya sea subjetiva u objetivamente).

La "prueba subjetiva" es la prueba de verificación para adjudicar una MOS (nota media opinión) subjetiva.

El "método de valoración por comparación" es el procedimiento de medición objetiva (calibrado con los resultados de la prueba de verificación, que da como resultado la "MOS objetiva". Dicho resultado (caso de que se pruebe un dispositivo códec puro) se puede transformar además en un "factor de degradación de equipo" (Ie), para utilizarlo en el modelo E. Las MOS subjetiva y objetiva se transforman en el "factor de degradación de equipo" (Ie), descrito en el apéndice I/G.113 [5].

El "modelo E" es un algoritmo basado en parámetros que utiliza los resultados de pruebas subjetivas de las pruebas de verificación efectuadas en el pasado, con los parámetros de "sistema" (y los valores de Ie) como datos de entrada. El resultado de los cálculos del modelo E es el "índice R del modelo E" que se puede transformar en "MOS predicha".

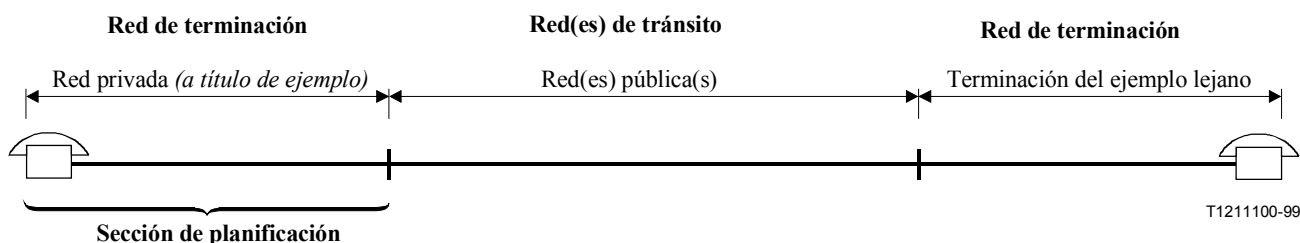


**Figura 6/G.108 – Modelo E en el entorno de pruebas subjetivas y objetivas**

Este principio básico se aplica no solamente para llamadas internas dentro de la red considerada, sino también para llamadas efectuadas a través de las redes públicas. En este último caso, que se ilustra la figura 7, la aplicación del "principio de extremo a extremo" se refiere a partes de una conexión que no son de manera directa objeto de la planificación que realiza el planificador de la red. Las degradaciones causadas por la red pública (o por conexiones en tándem a lo largo de más de una red pública) y la terminación del extremo lejano deberán ser determinables y deberán incluirse en la planificación de la transmisión. En la práctica, esto puede originar algunos problemas en la planificación, ya que posiblemente no se disponga en todos los casos de esos valores, sobre todo los de la terminación del extremo lejano. En tales situaciones, se pueden utilizar valores medios para los parámetros de la transmisión, valores que se indican en la presente Recomendación (véase A.3) para

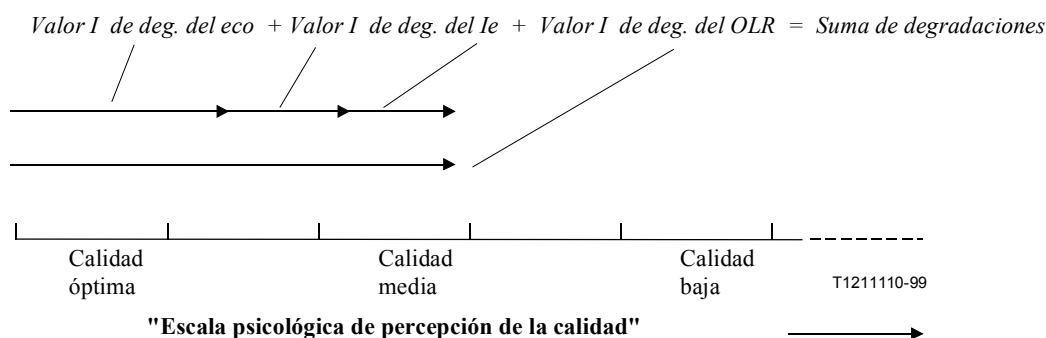


terminaciones básicas (un aparato telefónico simple, una red privada). En las secciones de la red pública pueden surgir problemas de orden menor. La información sobre degradaciones en los diferentes encaminamientos deberá ponerse a disposición de las partes interesadas mediante negociaciones entre el proveedor de la red pública y el planificador de la red privada. No obstante, una aplicación razonable de los parámetros de degradación en secciones de red pública permite diferenciar el tipo de llamada, local nacional, de larga distancia nacional e internacional, y diferenciar posiblemente la atribución de degradaciones en beneficio del diseño de la red privada.



**Figura 7/G.108 – Configuración general para llamadas a través de redes públicas**

El método del factor de degradación se basa en la hipótesis de que las degradaciones de la transmisión se pueden transformar en factores psicológicos y que dichos factores son aditivos en la "escala psicológica" que se muestra en la figura 8.



**Figura 8/G.108 – Ejemplo de adición de degradaciones en una "escala psicológica"**

El modelo E proporciona un algoritmo matemático apropiado, con el que los diferentes parámetros de la transmisión se pueden transformar en diferentes "factores de degradación". Este método y el algoritmo del modelo E incluyen además los efectos de la combinación de las degradaciones en la conexión considerada, que se producen simultáneamente, así como algunos efectos enmascaradores. Con el modelo E se dispone de un instrumento muy útil, que proporciona un método simplificado y fácil de manejar a efectos prácticos de la planificación.

El resultado final de cualquier cálculo con el modelo E es el índice R del modelo E. La relación entre los diferentes valores de degradación y R viene dada por la ecuación:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A$$

El término  $R_0$  expresa la relación señal/ruido básica.

El término  $I_s$  representa todas las degradaciones que se producen más o menos simultáneamente con la señal vocal, por ejemplo: nivel de las señales vocales demasiado fuerte (OLR no óptima), efecto local no óptimo (STMR), ruido de cuantificación (qdu), etc.

El "factor de degradación de retardo",  $I_d$ , representa la suma de todas las degradaciones debidas a los efectos del retardo y el eco, y el "factor de degradación de equipo" ( $I_e$ ), representa las degradaciones causadas por los códecs de baja velocidad binaria utilizados en equipos especiales.

El "factor de ventaja",  $A$ , representa la "ventaja de acceso" que pueden proporcionar ciertos sistemas en comparación con los sistemas convencionales. Mientras que todos los demás factores de degradación se sustraen de la relación señal/ruido básica  $R_0$ , este valor se añade y compensa así, en cierta medida, otras degradaciones. Se puede utilizar para tener en cuenta el hecho de que el usuario tolerará una cierta disminución de la calidad de la transmisión a cambio de la "ventaja de acceso". Esa ventaja está presente, por ejemplo, en los sistemas sin cordón y en los sistemas móviles o en las conexiones con las que se puede llegar a localizaciones de difícil acceso por satélite de varios saltos. La utilización y la importancia del factor de ventaja  $A$  son de la responsabilidad de cada uno de los planificadores de la transmisión, y quedan en estudio.

Valores altos del índice  $R$  del modelo E, en la gama de  $90 \leq R < 100$ , deberán interpretarse como de una calidad excelente, mientras que valores más bajos de  $R$  indican una calidad menos satisfactoria.

Se señala que, en algunos casos, no sólo interesa el valor final de  $R$  sino también los valores de cada una de las degradaciones,  $I_s$ ,  $I_d$  e  $I_e$ . Su contribución individual al valor total de la degradación se puede utilizar para determinar cuáles son las degradaciones más importantes en la configuración dada y para encontrar posibles soluciones que permitan rebajar la gravedad de esas degradaciones, por ejemplo, reduciendo  $I_d$  mediante la introducción de compensadores de eco.

El cuadro 1, que procede de la Recomendación G.109 [4], pone en relación el índice  $R$  del modelo E con diferentes categorías de la calidad de transmisión de señales vocales y con la satisfacción del usuario.

**Cuadro 1/G.108 – Definición de categorías de calidad de transmisión de señales vocales**

<b>Gama del índice R del modelo E</b>	<b>Categoría de calidad de transmisión de señales vocales</b>	<b>Satisfacción del usuario</b>
$90 \leq R < 100$	Óptima	Muy satisfecho
$80 \leq R < 90$	Alta	Satisfecho
$70 \leq R < 80$	Media	Algunos usuarios no satisfechos
$60 \leq R < 70$	Baja	Muchos usuarios no satisfechos
$50 \leq R < 60$	Muy baja	Casi todos los usuarios no satisfechos

NOTA 1 – No se recomiendan las conexiones con índices  $R$  del modelo E por debajo de 50.  
 NOTA 2 – Aunque la tendencia en la planificación de la transmisión es utilizar índices  $R$  del modelo E, el anexo B/G.107 [3] contiene ecuaciones para efectuar la conversión de los índices  $R$  del modelo E en otras medidas, por ejemplo, MOS, %GoB y %PoW.

El modelo E y su algoritmo requieren los siguientes parámetros de entrada:

- **SLR** Índice de sonoridad en emisión;
- **RLR** Índice de sonoridad en recepción;
- **OLR** Índice de sonoridad global<sup>1</sup>
- **STMR** Índice de enmascaramiento del efecto local<sup>2</sup>;

<sup>1</sup> No es un valor de entrada directa; se calcula como  $OLR = SLR + RLR$ .

<sup>2</sup> Estos parámetros tienen una relación fija dada por:  $LSTR = STMR + Dr$ .

- LSTR Índice de enmascaramiento del efecto local para el oyente<sup>2</sup>
- Ds Valor D del teléfono en el lado emisión;
- Dr Valor D del teléfono en el lado recepción<sup>2</sup>;
- **TELR Índice de sonoridad del eco para el hablante;**
- WEPL Atenuación ponderada del trayecto de eco;
- **T Retardo medio en un solo sentido del trayecto de eco;**
- Tr Retardo de ida y vuelta en un bucle cerrado a 4 hilos;
- **Ta Retardo absoluto en conexiones carentes de eco;**
- **qdu Número de unidades de distorsión de cuantificación;**
- **Ie Factor de degradación de 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**

Sólo los parámetros indicados en negrita se tienen en cuenta normalmente en la planificación. Los otros parámetros se pueden fijar en sus valores por defecto. Para más detalles, véase la cláusula 7.

En la Recomendación G.107 [3] se da una descripción detallada del algoritmo completo. Para más información sobre la utilización práctica del modelo E a efectos de la planificación, véase la cláusula 9.

## 7 Parámetros objeto de planificación y sus límites

Como se indica en el apartado relativo a su alcance, la presente Recomendación, da sobre todo ejemplos basado en conexiones con interfaces digitales entre redes privadas y públicas y con medios digitales para los principales elementos de transmisión dentro de la red privada. A medida que las redes y los elementos de red pasan de analógicos a digitales, ciertos parámetros de la transmisión adquieren una mayor relevancia con respecto a la calidad de las señales vocales de extremo a extremo y resultan más importantes a efectos de la planificación, mientras que la influencia de otros se reduce e incluso puede prescindirse de ellos. En 7.1 a 7.9 se describen los parámetros que deberán ser objeto de planificación en un entorno principalmente digital, 7.10 se refiere a los parámetros que, en aras de la sencillez, pueden ser ignorados o considerados sólo en aplicaciones especiales.

### 7.1 Índice de sonoridad global

Aunque las interfaces digitales con otras redes, sobre todo públicas, y los medios de transmisión digital de los principales elementos de transmisión dentro de las redes privadas sean los que concitan una mayor atención, deberá ser objeto de consideración el índice de sonoridad global (OLR), de una conexión. Es posible que, por motivos económicos, tramos de redes privadas sigan dependiendo de líneas analógicas a 2 hilos y de elementos de conexión (PBX) con tecnología de conmutación analógica, contribuyendo así a las degradaciones asociadas por lo general con el entorno analógico, tales como la atenuación y el ruido. De manera similar, no cabe suponer que el encaminamiento y la terminación son totalmente digitales en todas las conexiones dentro de las redes públicas.

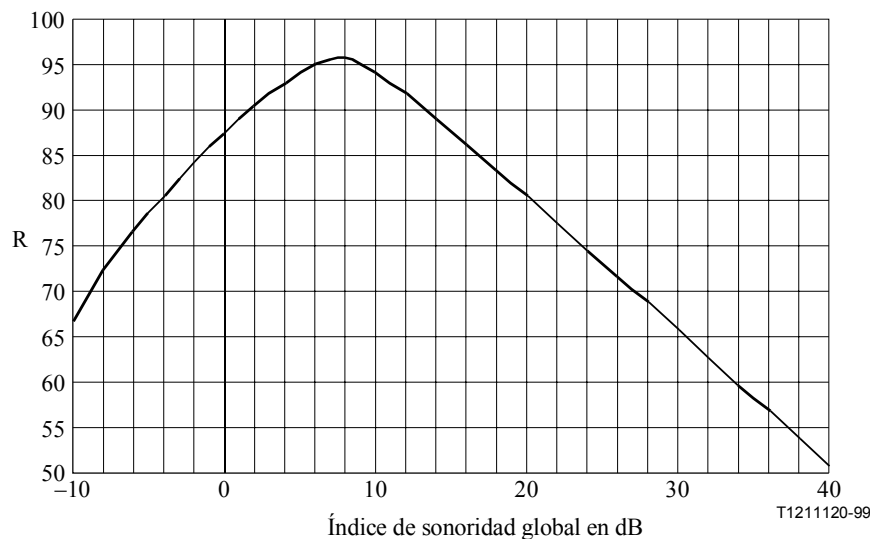
---

<sup>2</sup> Estos parámetros tienen una relación fija dada por:  $LSTR = STMR + Dr$ .

Básicamente, el OLR de una conexión se calcula como la suma del índice de sonoridad en emisión (SLR) del aparato telefónico de un extremo, el índice de sonoridad en recepción (RLR), del otro aparato telefónico, y el índice de sonoridad del circuito (CLR, *circuit loudness rating*) lo que representa la suma de todas las atenuaciones analógicas y digitales entre dichos aparatos telefónicos.

$$\text{OLR} = \text{SLR} + \text{CLR} + \text{RLR}$$

Las degradaciones debidas al OLR pueden ser resultado de valores del OLR demasiado altos o demasiado bajos. El valor óptimo está comprendido entre 6 y 10 dB. Las conexiones entre dos aparatos telefónicos digitales, es decir, diseñados de acuerdo con la Recomendación P.310 [27], o la referencia [42] con SLR = 8 dB y RLR = 2 dB, o la referencia [49] con SLR = 7 dB y RLR = 3 dB y, encaminadas por una conexión totalmente digital, cumplirán con ese valor óptimo del OLR (10 dB). En la figura 9 se muestra la relación entre el índice R del modelo E y el OLR de una conexión. Este gráfico, calculado con el modelo E, se obtuvo fijando todos los demás parámetros de entrada del modelo E en sus valores por defecto (véase 9.7), es decir, el OLR fue la única degradación de la conexión considerada.



**Figura 9/G.108 – Relación entre OLR e índice R del modelo E**

Comparando el gráfico de la figura 9 con la definición de categorías de calidad de transmisión de señales vocales del cuadro 1, una gama del OLR de -10 dB a 30 dB representa una calidad comprendida entre "óptima" y "baja". Sin embargo, el valor de 30 dB de una conexión se ha de considerar como el límite superior absoluto que nunca deberá rebasarse, ni siquiera en casos excepcionales. Para una calidad de transmisión de señales vocales de la categoría "media", el límite preferido para las conexiones normalizadas, se recomienda que el valor superior del OLR esté comprendido entre 20 dB y 25 dB. Puede haber valores bajos del OLR en conexiones internas, dentro de una red privada, entre dos aparatos telefónicos analógicos, o si se utilizan aparatos telefónicos digitales con valores de SLR y/o RLR inferiores a los indicados en la Recomendación P.310 [27], en las referencias [42] y [49]. Deberán evitarse los valores muy bajos del OLR. Para OLR < 0 dB se recomienda la inserción de atenuación adicional.

## 7.2 Eco

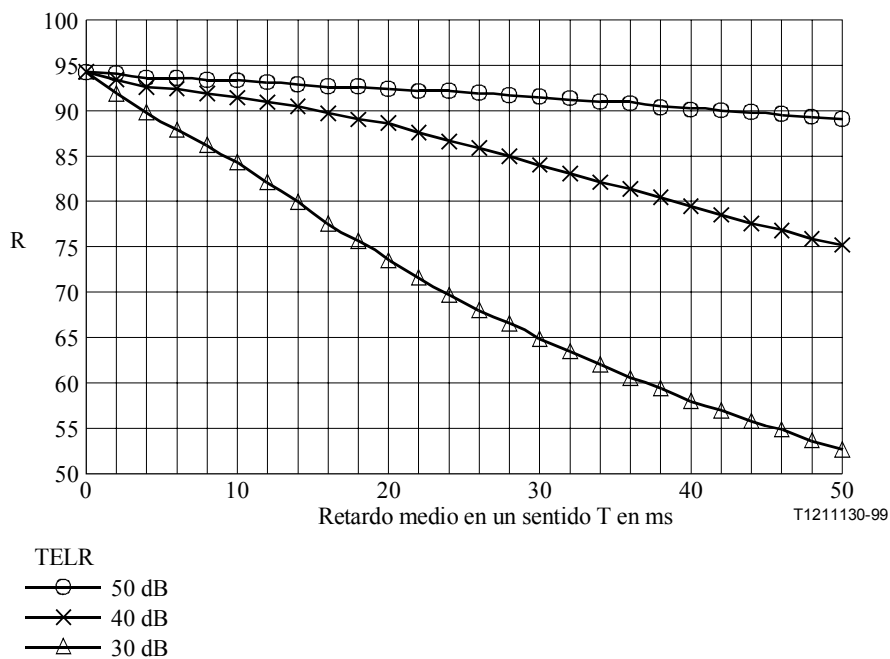
Como se ha indicado más arriba, no cabe suponer que el encaminamiento sea totalmente digital en todas las configuraciones. La presencia simultánea del encaminamiento analógico y el encaminamiento digital dentro de las redes privadas y las redes públicas implica por lo general la existencia de conversiones de 4 hilos a 2 hilos; las reflexiones de la señal junto con el retardo de la

transmisión podrían causar degradaciones debidas al eco para el hablante que han de ser tenidas en cuenta. Las reflexiones de la señal se producirán sobre todo en los convertidores híbridos, en donde el trayecto bidireccional de la conexión entre el aparato telefónico del hablante y el convertidor forma el "trayecto de eco". En algunas conexiones con puntos de conexión múltiples hay múltiples trayectos de eco.

Los efectos del eco en una conversión pueden perturbar tanto al hablante como al oyente. Las degradaciones que ello implica se expresan como eco para el hablante y eco para el oyente, respectivamente. En las Recomendaciones G.131 [9] y G.126 [8] se da más información sobre estos efectos. Por regla general, puede hacerse caso omiso del eco para el oyente si hay un control suficiente del eco para el hablante.

La degradación debida al eco para el hablante depende de dos factores, a saber, el retardo y el nivel de las señales vocales reflejada recibida por el hablante. La calidad percibida disminuye al aumentar el retardo y/o al aumentar el nivel de la señal de eco recibida.

A efectos de la planificación, el retardo de transmisión (T), se define como el tiempo medio de transmisión en un sentido del trayecto de eco. Aunque el retardo del eco está constituido por el tiempo total de transmisión entre el aparato telefónico del hablante y el convertidor híbrido y retorno al hablante, en los cálculos del modelo E se utiliza el tiempo medio de transmisión en un sentido, suponiendo que, en la mayoría de las configuraciones, el tiempo de transmisión es casi el mismo en ambos sentidos.



**Figura 10/G.108 – Índice R del modelo E debido al eco para el hablante**

En los cálculos de la planificación, el nivel de la señal de eco recibida, en tanto que parámetro de entrada al modelo E, se expresa como el índice de sonoridad del eco para el hablante (TELR, *talker echo loudness rating*). El TELR se define como la suma del SLR y el RLR del aparato telefónico del hablante y la atenuación del eco (EL, *echo loss*) del trayecto de eco. La atenuación del eco incluye las atenuaciones en el trayecto de transmisión bidireccional y la TBRL (véase A.1.3) en el punto de conversión de 4 hilos a 2 hilos.

$$TELR = SLR + EL + RLR$$

En la figura 10 se muestra la relación entre el retardo medio en un sentido (T) y el índice R del modelo E para tres valores diferentes del TELR. Los gráficos se han calculado fijando todos los demás parámetros en sus valores por defecto.

El eco para el hablante es el parámetro más importante en las redes modernas de tecnología mixta digital/análogica.

Se pueden conseguir mejoras en la calidad percibida con respecto al eco para el hablante con valores más altos del TELR o valores más bajos del retardo medio en un sentido (T), o mediante una combinación de ambas cosas:

- El valor del TELR se puede aumentar mejorando la conversión de 4 hilos a 2 hilos (aumentando la TBRL), o aumentando deliberadamente la atenuación en la conexión. Sin embargo, en una conexión dada, el aumento del TELR añadiendo atenuación se ha de mantener por debajo de un cierto límite para evitar que se produzcan valores demasiado grandes del OLR (se señala, no obstante, que por cada incremento de 1 dB en el OLR, el TELR aumentará en 2 dB). Cuando el valor de la atenuación, necesaria para conseguir un TELR adecuado, provoque un OLR excesivo, deberá considerarse la posibilidad de utilizar compensadores de eco (EC, *echo cancellers*). En la cláusula 10 se da información sobre la aplicación de los EC.
- Para disminuir el valor del retardo medio en un sentido (T) durante la planificación de la transmisión, deberá tenerse en cuenta que, en las redes modernas, hay dos categorías de "fuentes" de retardo que contribuyen al valor de extremo a extremo de T. La primera de ellas comprende las fuentes de retardo tradicionales relacionadas con la distancia, por ejemplo, las secciones de cable analógicas o digitales (incluidos los dispositivos de conmutación). La segunda categoría incluye como fuentes de retardo los dispositivos modernos de procesamiento de la señal tales como, por ejemplo, los códecs de baja velocidad binaria, en donde el valor del retardo depende solamente del tipo y el número de equipos insertados en una conexión. La disminución del valor de T en la primera categoría hará que se evite posiblemente el encaminamiento indirecto, mientras que esa disminución en la segunda categoría podría dar lugar a un cambio en el tipo y el número de los mencionados dispositivos de procesamiento de la señal, como resultado de la planificación de la transmisión.

La figura 10 muestra que, para conseguir una calidad de transmisión de señales vocales de la categoría "alta" con un índice del modelo E  $R \geq 80$  (véase el cuadro 1), el retardo medio en un sentido está limitado a  $T = 14$  ms, con  $\text{TELR} = 30$  dB, mientras que se puede tolerar un valor de  $T = 39$  ms con  $\text{TELR} = 40$  dB. En la práctica, los valores del TELR estarán comprendidos entre 30 dB y 40 dB en la mayoría de las aplicaciones. Así pues, en las conexiones con un trayecto de eco cuyo retardo medio en un sentido sea de más de 20 a 25 ms, conviene investigar en profundidad las degradaciones debidas a los efectos del eco y considerar la posible utilización de compensadores de eco.

Valores muy bajos del retardo medio en un sentido, o sea  $T < 1,5$  ms, se consideran efectos laterales y no es preciso analizarlos como si fuesen una degradación debido al eco. Con valores muy bajos del índice de enmascaramiento del efecto local,  $\text{STMR} < 9$  dB, se puede observar un cierto enmascaramiento del eco para el hablante. Este efecto se incluye en el algoritmo del modelo E.

En la práctica de la planificación, es preciso identificar claramente el trayecto de eco en una conexión. Como ya se ha indicado, en algunas configuraciones pueden existir más de un trayecto de eco. Las subcláusulas 8.2.2 y 9.5 se refieren a las reglas de planificación en tales situaciones.

### 7.3 Tiempo de transmisión en conexiones carentes de eco

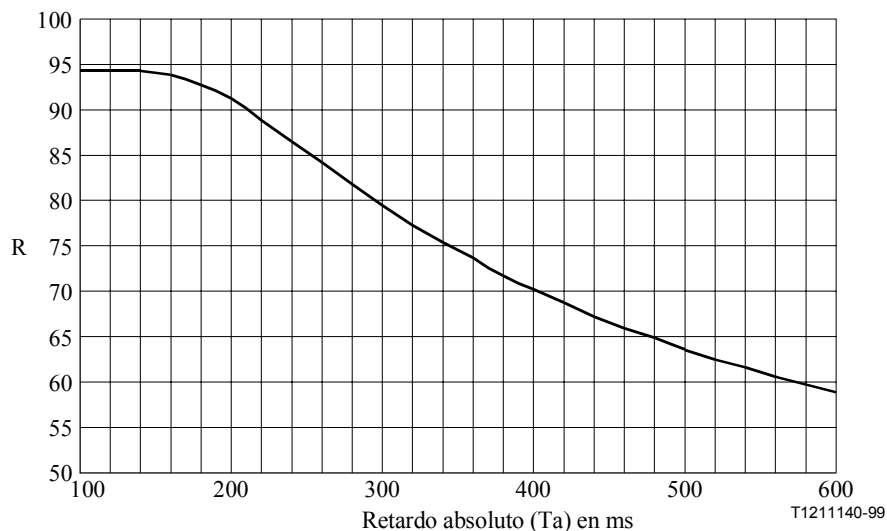
A medida que las redes y los elementos de red pasan de analógico a digital, el tiempo de transmisión en las conexiones carentes de eco adquiere una importancia mayor con respecto a la calidad de las

señales vocales de extremo a extremo y se hace más importante a efectos de la planificación por lo que, a parte de otras consideraciones de carácter general, el conocimiento de los mecanismos específicos del retardo de procesamiento relacionado con los códecs requiere una atención particular.

### 7.3.1 Consideraciones generales

Pueden surgir degradaciones adicionales debidas a retardos muy prolongados, incluso si la compensación del eco es perfecta. Esto es algo que ocurre normalmente en las conexiones internacionales o intercontinentales efectuadas vía enlaces por satélite o cables submarinos, pero también las conexiones nacionales o internas dentro de la red considerada pueden verse afectadas si se insertan dispositivos modernos de procesamiento de la señal, tales como los códecs de baja velocidad binaria. Un retardo muy prolongado puede provocar dificultades durante la conversación. Según las pruebas objetivas, este efecto aparece sobre todo cuando el tiempo de transmisión en un sentido es de más de 150 ms.

El parámetro pertinente a efectos de la planificación es el retardo absoluto ( $T_a$ ) en ms, definido como el retardo medio en un sentido entre los dos aparatos telefónicos, con independencia del número de trayectos de eco en la misma conexión. En la figura 11 se muestra el índice R del modelo E para una gama de  $T_a = 100$  a 600 ms, con todos los demás parámetros fijados en sus valores por defecto.



**Figura 11/G.108 – Relación entre retardo absoluto ( $T_a$ ) e índice R del modelo E**

Con respecto a la calidad de transmisión de señales vocales en la categoría "media" indica en el cuadro 1, el valor límite para la mayoría de las conexiones deberá estar comprendido entre 300 y 350 ms con un límite superior de 400 ms. Este límite está también de acuerdo con la Recomendación G.114 [6] y sólo deberá rebasarse en casos excepcionales.

### 7.3.2 Consideraciones con respecto a los codificadores de baja velocidad binaria

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. Así pues, hay un retardo de una trama antes de que el procesamiento pueda empezar. Además, 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 del codificador. Se supone que el tiempo requerido para procesar una trama de entrada es el mismo que el de duración de la trama ya que la utilización eficiente de los recursos del procesador se conseguirá cuando un par

codificador/decodificador (o múltiples pares codificador/decodificador que operen en paralelo sobre múltiples trenes de entradas) utilice plenamente la potencia de procesamiento disponible (distribuida de manera uniforme en el dominio temporal). Normalmente se supone, por tanto, que el retardo a través de un par codificador/decodificador es:

$$2 \times \text{tamaño de la trama} + \text{preanálisis}$$

### 7.3.2.1 Retardo en un entorno alámbrico

Si la facilidad de salida está funcionando a la misma velocidad que el códec de señales vocales (por ejemplo, un dispositivo a 8 kbit/s conforme a la Recomendación G.729), se produce un retardo adicional de una trama cuando la trama comprimida se temporiza con dicha facilidad. El retardo máximo atribuible al procesamiento relacionado con el códec en sistemas de un entorno alámbrico convencional (es decir, la RTPC) será, por tanto:

$$3 \times \text{tamaño de la trama} + \text{preanálisis}$$

### 7.3.2.2 Retardo en un entorno móvil e inalámbrico

Si la facilidad de salida es una red móvil o un dispositivo inalámbrico, la producción de tramas por el codificador tendrá lugar de manera similar al funcionamiento en un entorno alámbrico (véase 7.3.2.1) pero se incurrirá en un retardo adicional por la vinculación de la trama comprimida al trayecto aéreo (suponiendo también en este caso que la facilidad móvil funciona a la misma velocidad que el códec de señales vocales). El retardo máximo atribuible al procesamiento relacionado con el códec en sistemas de un entorno móvil e inalámbrico será, por tanto:

$$3 \times \text{tamaño de la trama} + \text{preanálisis} + \text{alineación de la trama en la interfaz aérea}$$

### 7.3.2.3 Retardo en un entorno IP (una trama por paquete)

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. El retardo mínimo atribuible al procesamiento relacionado con el códec en sistemas IP será, por tanto:

$$2 \times \text{tamaño de la trama} + \text{preanálisis}$$

Cuando la capa de enlace es una capa con velocidad de temporización más baja (por ejemplo, una conexión módem) o una capa con carga alta de tráfico (por ejemplo, una LAN congestionada), el retardo adicional aumentará considerablemente. Para que las tramas comprimidas se temporicen con la facilidad por lo menos a la misma velocidad que se recogen las muestras vocales en la entrada del codificador, el retardo adicional no debe exceder el tamaño de una trama. El retardo máximo atribuible al procesamiento relacionado con el códec en sistemas IP que funcionan en tiempo real será, por tanto:

$$3 \times \text{tamaño de la trama} + \text{preanálisis}$$

### 7.3.2.4 Retardo en un entorno IP (múltiples tramas por paquete)

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, por tanto:

$$(N+1) \times \text{tamaño de la trama} + \text{preanálisis},$$

donde N es el número de tramas de cada paquete.



Cuando la capa de enlace es una capa con velocidad de temporización más baja (por ejemplo, una conexión módem) o una capa con carga alta de tráfico (por ejemplo, una LAN congestionada), se producirá un retardo adicional al entregar el paquete a la facilidad. Para que las tramas comprimidas se temporicen con la facilidad como mínimo a la misma velocidad que se recogen las muestras vocales en la entrada del codificador, el retardo adicional no debe exceder la longitud de las tramas contenidas en un paquete, cuando se trata de múltiples tramas por paquete. Cabe señalar que la temporización de un paquete con la facilidad IP no puede iniciarse antes de que estén disponibles todas las tramas vocales para dicho paquete. El retardo máximo atribuible al procesamiento relacionado con el códec en sistemas IP que funcionan en tiempo real con múltiples tramas por paquete será, por tanto:

$$(2N+1) \times \text{tamaño de la trama} + \text{preanálisis},$$

donde N es el número de tramas de cada paquete.

#### 7.4 Estabilidad

Al planificar la transmisión deberá investigarse la estabilidad de una conexión, de cualquier conexión, cuando la red considerada contenga un bucle a 4 hilos o haya una conversión (híbrida) de 2 hilos a 4 hilos en la red de que se trate y una conversión de 4 hilos a 2 hilos en la red pública, o la terminación del extremo lejano forme un bucle a 4 hilos. Para más información sobre estabilidad, véase también la Recomendación G.122 [7].

Una estabilidad insuficiente puede provocar "oscilaciones parásitas" dentro del bucle a 4 hilos, algo que debe evitarse siempre. Aunque la estabilidad es más problemática durante el establecimiento y la liberación de la llamada (debido a una atenuación de equilibrado más baja en las conversiones híbridas durante esos estados) y por lo general no influye en el estado conversación, un circuito con oscilaciones parásitas puede perturbar a otros canales de una red de telecomunicaciones al provocar diafonía, sobre todo en los sistemas analógicos. El parámetro más importante para el control de la estabilidad es la llamada "atenuación en bucle abierto (OLL, *open loop loss*)", que es la suma de todas las pérdidas y ganancias que se producen en el bucle a 4 hilos. El término estabilidad define el margen ("margen de oscilaciones parásitas") entre la OLL real y el punto en el que pueden producirse oscilaciones parásitas, normalmente a una frecuencia de la banda vocal. Las situaciones más críticas durante el establecimiento de la llamada son aquellas en las que se produce una condición de circuito abierto o cortocircuito en los lados a 2 hilos de las conversiones híbridas que terminan los extremos del bucle a 4 hilos.

Puesto que las oscilaciones parásitas no se producirán normalmente durante el estado conversación (cuando la terminación de los extremos a 2 hilos es la adecuada), la estabilidad no es un factor que influya en la evaluación de la calidad de las señales vocales. No obstante, se ha de tener en cuenta al planificar la transmisión. Es preciso efectuar a tal fin un cálculo separado, ya que el modelo E no incluye ningún algoritmo de cálculo de la estabilidad de los bucles a 4 hilos. Para evitar las oscilaciones parásitas o las "casi oscilaciones parásitas" (situación esta última cercana al punto en que se producen las oscilaciones), la estabilidad (OLL) en todos los bucles a 4 hilos deberá ser de al menos 4-6 dB para cada frecuencia de la banda vocal. Si una red privada contiene sólo un extremo de un bucle a 4 hilos, por ejemplo, en las conexiones a través de una red pública, la pérdida de estabilidad en la interfaz entre la red privada y la red pública deberá ser, cualquiera que sea el posible escenario de la conexión, superior a 6 dB para cada frecuencia de la banda vocal.

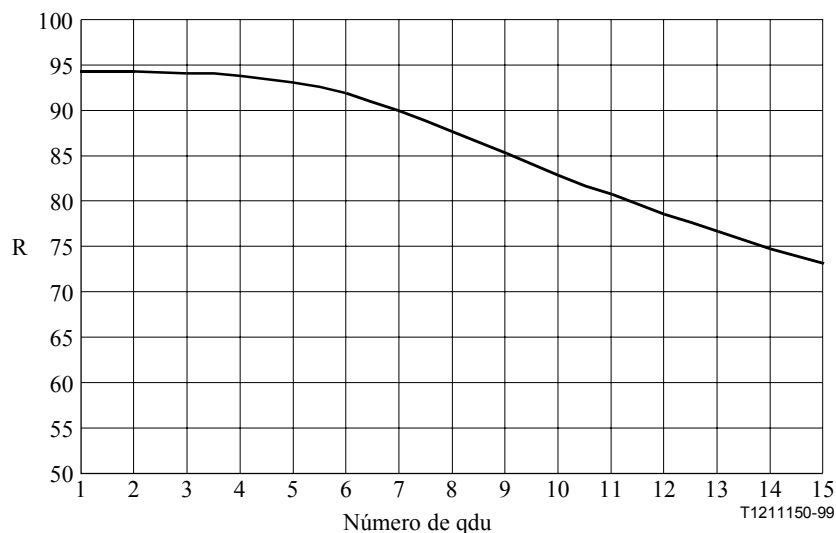
Las conexiones que incluyen uno o más bucles a 4 hilos como origen de las reflexiones de la señal, pueden contribuir, durante el estado conversación, con degradaciones de eco para el hablante debidas a los múltiples ecos así como con degradaciones de eco para el oyente. En 7.10.3 se da información respecto al eco para el hablante en tanto que objeto de la planificación.

## 7.5 Unidades de distorsión de cuantificación

Existe una degradación inherente al proceso de codificación y decodificación MIC de acuerdo con la "ley de 8 bits" (ley A o ley  $\mu$ ) descrita en la Recomendación G.711 [15], cuadros 5 y 6, es lo que se denomina degradación por "distorsión de cuantificación". Esta degradación se percibe como un ruido de cuantificación que acompaña a la señal vocal recibida (no se percibe, por tanto, en un canal en reposo), reduciendo así la relación señal/ruido. Las distorsiones de cuantificación son aditivas, es decir, cada conversión A/D-D/A contribuirá con ruido adicional.

A efectos de la planificación de la transmisión, es práctica común expresar el ruido de cuantificación en "unidades de distorsión de cuantificación" (qdu, *quantization distortion unit*); fijando un límite para el número máximo aceptable de qdu en una conexión. Una qdu se define como el ruido de cuantificación que genera una codificación completa de analógico a digital (A/D) y la decodificación a continuación de digital a la forma de señal analógica (D/A) de acuerdo con la Recomendación G.711 [15].

Al aumentar la utilización de elementos de transmisión y conexión digital en las redes privadas y públicas, disminuirá la importancia del ruido de cuantificación. No obstante, la distorsión de cuantificación sólo se puede ignorar en la planificación si cabe suponer encaminamiento totalmente transparente a los bits. Cuando en una conexión estén presentes tanto elementos digitales como analógicos, el número resultante de qdu deberá ser objeto de planificación. En la figura 12 se muestra la influencia del número de qdu de una conexión en el índice R del modelo E.



**Figura 12/G.108 – Relación entre el número de qdu y el índice R del modelo E**

El gráfico de la figura 12, obtenido a partir del modelo E fijando todos los demás parámetros en sus valores por defecto, muestra que las degradaciones son irrelevantes cuando la distorsión agregada sea de hasta 4 ó 5 qdu. Sin embargo, conexiones con más de 1 qdu también se verán influidas normalmente por otras degradaciones, por ejemplo, los efectos de la atenuación y el eco, de tal manera que la suma de todas las degradaciones repercutirá en la calidad percibida de las señales vocales. Puesto que en los cálculos del modelo E se incluye siempre el número de qdu como un parámetro de entrada, se recomienda determinar y utilizar el número correcto de qdu como dato de entrada al modelo en vez del el valor por defecto (1 qdu).

El parámetro qdu de la planificación de la transmisión se aplica no solamente a las conversiones A/D-D/A sino también a otros procesos que influyen en el tren de bits digital. Dichos procesos son, por ejemplo, la inserción de pérdida o ganancia digital, la adición de señales en circuitos de conferencia, la utilización de compensadores de eco digitales, etc. En el caso de leyes de

codificación distintas de la ley A o la ley  $\mu$  (de conformidad, por ejemplo, con las Recomendaciones G.726, G.727 y G.728), el parámetro  $q_{du}$  es, a efectos de planificación de la transmisión, sustituido por el factor de degradación de equipo, ( $I_e$ ) (véase la subcláusula 7.6 que sigue).

## 7.6 Factor de degradación de equipo

Las leyes de codificación modernas, tales como las asociadas con los códecs de baja velocidad binaria baja que se describen en la serie de Recomendaciones G.720 o en las normas sobre GSM, así como la MICDA con diferentes velocidades binarias de funcionamiento, 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  $\mu$ ), estas degradaciones no pueden cuantificarse fácilmente con un número de  $q_{du}$ . A efectos de la planificación, las degradaciones introducidas por los diferentes tipos de códecs se expresan mediante el "factor de degradación de equipo" ( $I_e$ ). Los valores de  $I_e$  se obtienen mediante pruebas subjetivas u objetivas, para los detalles, véase la figura 6. Los resultados de esas notas medias de opinión subjetivas u objetivas se transforman en un valor,  $I_e$ , que sigue el principio básico de la planificación descrito en 6.1 (adición de las degradaciones en una escala psicológica lineal) y que, por tanto, se puede utilizar directamente como un parámetro de entrada para el modelo E.

En el cuadro 2a se indican algunos valores provisionales de planificación para el factor de degradación de equipo  $I_e$  correspondiente a varios tipos de códec. El apéndice I/G.113 [5] contiene, a título orientativo, información puesta al día sobre esos valores así como los valores de otros tipos de códec (está previsto actualizar periódicamente el apéndice I/G.113 [5]).

**Cuadro 2a/G.108 – Valores provisionales de planificación para el factor de degradación del equipo ( $I_e$ )**

Tipo de códec	Referencia	Velocidad de operación (kbit/s)	Valor de $I_e$
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-96-A	8	19
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

A continuación se describen brevemente los códecs de señales vocales y los sistemas mencionados en el cuadro 2a.

- IS-54** Sistema celular TDMA digital de primera generación en América del Norte que utiliza codificación de predicción lineal con excitación por vector suma (VSELP, *vector sum excited linear prediction*) a una velocidad binaria neta de 7,95 kbit/s más 5,05 kbit/s de corrección de errores (FEC) [45].
- IS-96-A** Sistema celular CMDA digital de primera generación en América del Norte que utiliza codificación de predicción lineal con excitación con código Qualcomm (QCELP, *qualcomm code-excited linear prediction*) a una velocidad binaria neta variable de 8, 4 y 2 kbit/s [46].
- IS-127** Sistema celular CDMA digital de segunda generación en América del Norte que utiliza codificación de predicción lineal con excitación por código residual (RCELP, *residual code-excited linear prediction*) a una velocidad binaria neta variable de 8, 4 y 2 kbit/s [47].
- IS-641** Sistema celular TDMA digital de segunda generación en América del Norte que utiliza predicción lineal con excitación por código algebraico (ACELP, *algebraic code-excited linear prediction*) a una velocidad binaria neta de 7,4 kbit/s (más 5,6 kbit/s de FEC) [48].
- GSM-FR** Sistema celular de primera generación del sistema mundial europeo de comunicaciones móviles (GSM, *global system for mobile communication*) que utiliza predicción a largo plazo con excitación por impulsos regulares (RPE-LTP, *regular pulse excitation long term prediction*) a una velocidad binaria neta de 13 kbit/s (más 9,8 kbit/s de FEC) [56].
- GSM-HR** Versión de velocidad media del códec vocal para el sistema GSM que utiliza codificación de predicción lineal con excitación por vector suma (VSELP) a una velocidad binaria neta de 5,6 kbit/s [57].
- GSM-EFR** Códec de señales vocales de segunda generación del sistema celular GSM que utiliza codificación de predicción lineal con excitación por código algebraico (ACELP) a una velocidad binaria neta de 12,2 kbit/s (más 10,6 kbit/s de FEC) [58].
- PDC** Sistema de comunicación digital personal (PDC, *personal digital communication*) japonés de primera generación que utiliza una versión japonesa de codificación de predicción lineal con excitación por vector suma (JVSELP, *japanese version of vector sum excited linear prediction*) a una velocidad binaria neta de 6,7 kbit/s (más 4,5 kbit/s de FEC) [62].
- G.723.1** Norma UIT-T para la codificación de señales vocales en videoteléfonos de la RTPC que utilizan codificación de predicción lineal con excitación por código algebraico (ACELP) a 5,3 kbit/s y cuantificación por máxima probabilidad de impulsos múltiples (MP-MLQ, *multipulse maximum likelihood quantization*) a 6,3 kbit/s [16].
- G.726** Norma UIT-T para la codificación de señales vocales a 40, 32, 24, y 16 kbit/s que utiliza modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) [18]. Véanse también las Recomendaciones G.721 [17] y G.727 [19].
- G.728** Norma UIT-T para la codificación de señales vocales a 16 kbit/s que utiliza codificación de predicción lineal con excitación por código de bajo retardo (LD-CELP, *low-delay code-excited linear prediction*). Este algoritmo también tiene extensiones de velocidad binaria de 12,8 y 9,6 kbit/s [21].

**G.729** Norma UIT-T para la codificación de señales vocales a 8 kbit/s que utiliza codificación de predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada (CS-ACELP, *conjugate structure algebraic code-excited linear prediction*) [22]. Este algoritmo también tiene extensiones de velocidad binaria de 6,4 y 11,8 kbit/s [23] y [24].

### 7.6.1 Factor de degradación de equipo de códecs en condiciones de pérdida de paquetes

El cuadro 2a de valores  $I_e$  se refiere a situaciones no provocadas por un error. No se dispone de valores definitivos en condiciones de borrado de trama y error debido a la propagación o pérdida de paquetes, que sean válidos para más de un códec o familia de códecs. Como ayuda al planificador de la transmisión, se dan ejemplos de valores de  $I_e$  en condiciones de pérdida de paquetes, véase el cuadro 2b y ejemplos de diagramas de errores de propagación EP 1 y EP 2, véase el cuadro 2c. Esos valores son sólo provisionales, ya que se obtuvieron efectuando experimentos aislados.

**Cuadro 2b/G.108 – Valores provisionales de planificación para el factor de degradación de equipo ( $I_e$ ) en condiciones de pérdida de paquetes, códecs G.729-A + VAD y G.723.1-A + VAD**

Pérdida de paquetes (%)	$I_e$ para G.729-A + VAD	$I_e$ para G.723.1-A + VAD 6,3 kbit/s
0	11	15
0,5	13	17
1	15	19
1,5	17	22
2	19	24
3	23	27
4	26	32
8	36	41
16	49	55

NOTA – Número de tramas por paquete:  
 – G.729-A + VAD: 2.  
 – G.723.1-A + VAD: 1.

**Cuadro 2c/G.108 – Valores provisionales de planificación para el factor de degradación del equipo ( $I_e$ ) en condiciones de error de propagación, códecs GSM**

Tipo de códec	Esquema de error	Gama $I_e$
GSM-HR	EP 1	25...32
	EP 2	31...42
GSM-FR	EP 1	32...39
	EP 2	40...45
GSM-EFR	EP 1	15...22
	EP 2	26...35

NOTA 1 – La gama indicada se origina por las dificultades en establecer valores exactos del factor de degradación para estas condiciones.  
 NOTA 2 – EP 1 es equivalente a 10 dB C/I, EP 2 es equivalente a 7 dB C/I. CI es la relación portadora/interferencia.

## 7.7 Variación del retardo en función del tiempo

En los sistemas de transmisión por paquetes se produce un retardo variable al efectuar la entrega de los mismos; esto se debe a que paquetes diferentes que llevan muestras de señales vocales de la misma conversación telefónica pueden ser transportados por rutas distintas a través de la red. Las particularidades de este efecto dependen mucho de los mecanismos de transporte específicos, con puesta en cola o priorización, que se hayan implementado en el sistema de que se trate.

Los paquetes transportados a través de una red basada en paquetes se recogen en una memoria tampón en el lado recepción. Dicha memoria funciona a modo de ejemplar que reconfigura el orden temporal de los paquetes. Si el tiempo de entrega de un paquete supera la capacidad de la memoria de recepción, dicho paquete "llega demasiado tarde" con respecto al tamaño de la memoria y será descartado. Por ello, las señales vocales transportadas en ese paquete son señales perdidas a efectos del proceso de decodificación. Esta "pérdida de paquetes" repercute en la calidad de transmisión de señales vocales. Una manera de reducir al mínimo el porcentaje de paquetes perdidos consiste en la adaptación dinámica de la capacidad de la memoria tampón de recepción.

Una memoria tampón de recepción con capacidad adaptable controla su capacidad real a través de su nivel de llenado:

- Si el número de paquetes que se encuentran en un momento dado dentro de la memoria tampón aumenta, la capacidad de la memoria será incrementada y, al mismo tiempo, a la salida de la memoria se eliminarán breves secuencias de pausas de la señal original para drenar la memoria tampón a una velocidad más rápida.
- Si el número de paquetes que se encuentran en un momento dado dentro de la memoria tampón disminuye, se disminuirá la capacidad de la memoria y al mismo tiempo, a la salida de la memoria, se insertarán breves secuencias de pausas adicionales en la señal original para drenar la memoria a una velocidad más lenta.

En consecuencia, habrá un valor variable del retardo medio en un sentido de extremo a extremo entre la boca del hablante y el oído del oyente. Importa mucho distinguir claramente este efecto de aquel al que se refieren otros análisis de la variación del retardo, que sólo tienen en cuenta los procesos internos de la red. La repercusión de la variación del retardo de extremo a extremo, que se explica en esta subcláusula, depende en gran medida de la duración de las pausas eliminadas o insertadas; también es muy importante la implementación correcta de los procesos de adaptación dinámica, por ejemplo, la inserción de pausas en una sílaba influirá más que la inserción de pausas en una secuencia de pausas.

El parámetro de variación del retardo de extremo a extremo es independiente de la utilización de dispositivos de detección de actividad vocal (VAD, *voice activity detection*) (véase 7.10.6).

La repercusión de la variación del retardo de extremo a extremo en la calidad de transmisión de señales vocales queda en estudio y no se incluye en el algoritmo del modelo E.

## 7.8 Factor de ventaja A

El "factor de ventaja A" representa una "ventaja de acceso" introducida en la planificación de la transmisión por primera vez vía modelo E (Recomendación G.107 [3] y [59]). Este factor permite al planificador tener en cuenta el hecho de que los clientes quizás aceptan una cierta disminución de la calidad si así se facilita el acceso, por ejemplo, por una mayor movilidad o permitiendo conexiones con regiones a las que es difícil acceder. Este valor se puede utilizar directamente junto con todos los demás valores de la degradación como un parámetro de entrada al modelo E. En el cuadro 3, tomado de la Recomendación G.107 [3], se indican valores provisionales de A.

**Cuadro 3/G.108 – Ejemplos provisionales del factor de ventaja A**

<b>Ejemplo de sistema de comunicación</b>	<b>Valor máximo de A</b>
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 ejemplo, mediante conexiones por satélite de varios saltos	20

Estos valores son provisionales ya que, hasta la fecha, no han sido confirmados mediante investigaciones subjetivas. Por ello, el factor de ventaja A deberá utilizarse con prudencia, y respecto al interés desde el punto de vista empresarial del cliente de la red privada, cuando los usuarios puedan evaluar las ventajas específicas en la telecomunicación con un criterio distinto al del dominio privado habitual. La utilización del factor de ventaja en la planificación de la transmisión de redes privadas y los valores seleccionados dependen de la decisión del planificador; no obstante, los valores del cuadro 3 deberán considerarse como límites superiores máximos de A.

## **7.9 Límites en la interfaz red pública/red privada con respecto al eco**

La planificación de la transmisión de las redes privadas, descrita en esta Recomendación, está orientada sobre todo a la calidad de funcionamiento de dichas redes, es decir, tiene por objeto proporcionar una calidad de señales vocales aceptable a los usuarios de redes privadas. Ahora bien, una red privada puede ser también origen de las reflexiones de la señal desde terminaciones a 2 hilos o elementos de red, conectados a través de convertidores híbridos a un punto interfaz de la red digital. En combinación con el retardo medio en un sentido de la conexión de la red pública, esto puede dar lugar a una degradación del tipo eco para el hablante que afecte a la persona que habla situada en el extremo lejano (red pública).

Aunque los principios básicos de la planificación de esta Recomendación se basan en la calidad de la transmisión de extremo a extremo, la interfaz entre la red privada y la red pública requiere un control adicional con respecto a determinados parámetros. Y ello por coherencia con las normas relacionadas con dichas interfaces. Esas normas difieren entre Europa y América del Norte, por lo que cada una de ellas se trata aquí de manera separada.

### **7.9.1 Interfaces de redes públicas/privadas – Europa**

Las directrices al respecto proceden de [54], en donde se establecen los límites del llamado "punto de conexión de red" (NCP, *network connection point*) para controlar el eco en las llamadas nacionales cuando no se hayan insertado compensadores de eco. Resumiendo el contenido de [54], deberán tenerse en cuenta los siguientes límites del NCP con respecto a la planificación de la transmisión:

Índice de sonoridad en emisión mínimo	+7 dB
Índice de sonoridad en recepción mínimo	+3 dB
Atenuación del eco (entrada digital a salida digital)	> 24 dB (objetivo a largo plazo) > 20 dB (objetivo a corto plazo)
Retardo medio en un sentido del trayecto de eco	< 5 ms

Por lo general se considera que estos valores se basan en un retardo medio en un sentido máximo de 25 ms como máximo para la totalidad del trayecto de eco, con 15 ms para el trayecto situado dentro de la red pública (de tránsito) y 5 ms para cada uno de los trayectos situados dentro de las redes privadas (de terminación) (para más detalles, véase la referencia [54]). El objetivo a largo plazo para el TELR total, suma del SLR, el RLR y la atenuación del eco EL, es de 34 dB. Suponiendo que no hay más degradaciones, estos valores de 25 ms y TELR = 34 dB darán lugar a un índice del modelo E R = 77,1 (véase la figura 10), que queda dentro de la categoría "media" de calidad de transmisión de señales vocales del cuadro 1.

Si se supera el límite de 5 ms dentro de la red privada y/o no se puede cumplir un TELR de 34 dB, deberán utilizarse dispositivos de control del eco, incluso para llamadas nacionales dentro de los países europeos, a fin de asegurar al hablante del extremo lejano una protección adecuada frente al eco. Para configuraciones en las que los valores del retardo medio en un sentido y el TELR estén próximos a los límites anteriores, o exista la probabilidad de que los superen, se recomienda efectuar un cálculo utilizando el modelo E.

### 7.9.2 Interfaces de redes públicas/privadas – América del Norte

En América del Norte, las directrices a propósito de la interfaz entre una red pública y una red privada figuran en [44], en donde se definen las características nominales que, según las hipótesis establecidas, tienen las líneas de acceso entre el equipo del cliente y la red pública.

Según dichas hipótesis, las líneas de acceso analógico terminan en equipos que tienen las características nominales indicadas en el cuadro 4 (véase [41]). Se da una gama apropiada en previsión de las amplias variaciones que se producen en los aparatos telefónicos y en los bucles. Se considera que la atenuación de adaptación para el eco (ERL, *echo return loss*) del cuadro 4 es la que pueden alcanzar las líneas de acceso analógico en el espectro de configuraciones de redes digitales de América del Norte.

**Cuadro 4/G.108 – Características supuestas del acceso analógico**

Parámetro	Nominal (dB)	Gama (dB)
SLR	+11 (nota 1)	+19 a +6 (nota 2)
RLR	-3 (nota 1)	-8 a +2 (nota 2)
ERL (nota 3)	$\mu = 14$	$\sigma = 3$

NOTA 1 – SLR y RLR se especifican en la interfaz del bucle en la central de extremo digital (DEO, *digital end office*). Estos valores se basan en un bucle de cable de 9000 pies (2,7 km) y calibre 26 (0,4 mm) y alimentación de energía a 48 voltios.

NOTA 2 – Las variaciones tanto en los aparatos telefónicos como en las líneas de acceso contribuyen a estos valores.

NOTA 3 – Los valores de atenuación de adaptación para el eco (ERL) arriba mostrados se refieren a la atenuación a través del convertidor híbrido con línea de acceso que termina en una impedancia normalizada (normalmente, 600  $\Omega$  en serie con 2,16  $\mu$ F) en la interfaz de red, y no incluyen ninguna atenuación de red.

Se supone que las líneas de acceso digital terminan en aparatos telefónicos digitales conformes a las especificaciones de [42] que se indican en el cuadro 5, o en otros equipos terminales digitales que tengan características equivalentes.

**Cuadro 5/G.108 – Características supuestas del acceso digital para líneas que terminan en aparatos digitales**

Parámetro	Conveniente (dB)	Requerido (dB)
SLR	8	5 a 14
RLR	2	-1,5 a 5,5
TCL <sub>w</sub>	>45	≥40

Las líneas de acceso digital entre la RTPC y una interfaz PBX/red privada deberán seguir las directrices del cuadro 5, admitiendo, no obstante, que esto es algo que depende mucho del plan de atenuaciones y las disposiciones relativas a la atenuación del eco de la PBX, indicadas en [40].



La referencia [44] recomienda que cualquier sistema, red o componente nuevo que añada por sí mismo, más de 2,5 ms de retardo medio en un sentido deberá proporcionar compensación de eco. De otro modo, se produciría una degradación de la calidad de la transmisión. La explicación de esta recomendación es que cuando una tecnología digital nueva empieza a formar parte de una conexión de extremo a extremo de la RTPC, dicha conexión no contiene por lo general un compensador de eco, o bien la capacidad del compensador de eco es desconocida.

## **7.10 Parámetros que no son objeto de manera directa de la planificación de la transmisión**

Como se indica al comienzo de la cláusula 7, determinados parámetros de la transmisión se pueden pasar por alto en aras de la sencillez de cálculo de la calidad de las señales vocales. Aunque los parámetros aludidos hayan sido utilizados previamente en la planificación de la transmisión y, en algunos casos, sean parámetros de entrada al modelo E, la hipótesis de un entorno, tanto en el dominio privado como en el público, en el que predominen la transmisión digital y los elementos de conexión digitales hará que disminuya la influencia de esos parámetros específicos.

### **7.10.1 Respuesta en frecuencia**

En la transmisión analógica, la degradación debida a la *respuesta en frecuencia* de secciones de cable no cargadas y otros elementos de conexión ha de ser controlada. A efectos de la presente Recomendación, se supone que el encaminamiento analógico por secciones de cable, no cargadas dentro de la red privada se produce sólo en los tramos más bajos de la jerarquía y, por lo general, sólo en longitudes de línea cortas o medias. Además, el efecto de la pendiente de frecuencia es compensado normalmente por la preacentuación de la respuesta en frecuencia de la mayoría de los aparatos telefónicos analógicos. El modelo E no tiene en cuenta esta degradación.

### **7.10.2 Ruido de circuito**

Otro parámetro que sólo es preciso considerar en aplicaciones específicas es el *ruido de circuito*. Tradicionalmente, las fuentes de ruido de circuito se han asociado con redes analógicas que utilizan sistemas FDM y con determinados sistemas de conmutación; sistemas que han sido objeto de una "planificación del ruido". Sin embargo, cuando los equipos de conmutación (las PBX) y los elementos de transmisión de la red privada han sido diseñados de conformidad con las normas internacionales y nacionales con respecto al ruido (por ejemplo, las Recomendaciones Q.551 [36], Q.552 [37], Q.553 [38], Q.554 [39], [40] o [52] para sistemas de conmutación), su influencia en la calidad de las señales vocales es irrelevante. Sólo en casos especiales, por ejemplo, cuando las líneas de potencia u otras fuentes de ruido provocan interferencia en secciones de cable analógicas, deberá el ruido estar presente en los cálculos de la planificación. En tales casos, el modelo E permite la entrada del parámetro ruido de circuito (Nc), con un valor referido al punto de 0 dBr. Para más información, véase la cláusula 9.

### **7.10.3 Eco para el oyente**

Las degradaciones causadas por el "*eco para el oyente*" se incluyen asimismo en el algoritmo de cálculo del modelo E con los correspondientes valores de entrada "*atenuación ponderada del trayecto de eco (WEPL, weighted echo path loss)*" y "*retardo de ida y vuelta (Tr, trip delay)*" de un bucle a 4 hilos que forma parte de la conexión. El efecto del eco para el oyente depende por lo general de las mismas características de la conexión y los mismos elementos de red que el efecto del eco para el hablante. Por ello, si en una conexión hay un control suficiente del eco para el hablante, se puede considerar que el eco para el oyente apenas influye.

### **7.10.4 Efecto local**

Otros parámetros incluidos en el modelo E pueden tener una influencia importante en la calidad de las señales vocales, sin que por lo general se tengan en cuenta en la planificación. Tal es el caso por lo general de los parámetros asociados con diversos aparatos telefónicos analógicos y digitales. Los

parámetros pertinentes de los aparatos telefónicos son el "*índice de enmascaramiento del efecto local (STMR)*" y el "*índice de enmascaramiento del efecto local para el oyente (LSTR)*", junto con el "factor D", un valor relacionado con el diseño del microteléfono. En el caso de aparatos telefónicos analógicos, el STMR y, en cierta medida, el LSTR dependen del grado de adaptación entre la impedancia de equilibrado del circuito telefónico y la impedancia de entrada de la interfaz de la línea de terminación en la PBX junto con la impedancia de los puertos de acceso que hacen interfaz con facilidades a 2 hilos.

Para simplificar la tarea de planificar la transmisión y mantener esas degradaciones tan bajas como sea posible, se recomienda que los aparatos telefónicos de las redes privadas se atengan a las normas pertinentes internacionales o nacionales a propósito de los parámetros de la transmisión. Además, se recomienda que las interfaces analógicas se diseñen con una "estrategia de impedancias" apropiada. Para más información, véanse el suplemento 31 a la serie de Recomendaciones G [14], [40] o [52] y A.1 y A.4 en la referencia [59].

### **7.10.5 Ruido ambiente**

Otro de los parámetros, no incluido normalmente en la planificación de la transmisión, es el "*ruido ambiente*". En determinadas condiciones ambientales poco frecuentes, el ruido ambiente, tanto en el lado del hablante como en el del oyente, puede influir mucho en la calidad de las señales vocales. El modelo E incluye el ruido ambiente, de forma separada para el lado emisión y para el lado recepción, como fuente de degradación. El ruido ambiente, en un entorno de trabajo burocrático normal como el que cabe suponer que existe en el dominio empresarial de las redes privadas, estará situado previsiblemente en la gama de 30 a 50 dB(A). Dentro de esta gama, cualquier degradación existente debida al ruido ambiente será de orden menor, por lo que los parámetros Ps y Pr se pueden fijar en sus valores por defecto en el modelo E. Sin embargo, en aplicaciones específicas con un nivel de ruido ambiente notablemente mayor, por ejemplo en el caso de los aparatos telefónicos situados en dependencias fabriles, deberá utilizarse un valor medio establecido mediante mediciones del nivel de ruido como parámetro de entrada al modelo E.

### **7.10.6 Ruido de confort, detección de actividad vocal**

Se produce un *contraste de ruido* cuando el ruido de fondo se interrumpe debido al procesamiento de las señales digitales, como en el caso de la compensación de eco en que se utilizan recortadores centrales, y *detección de actividad vocal* (eliminación del silencio). El *ruido de confort* es un ruido que puede introducirse para enmascarar los efectos negativos del contraste de ruido. Las Recomendaciones sobre límites del *contraste de ruido* y valores del ruido de confort quedan en estudio.

Para insertar *ruido de confort*, algunos sistemas celulares digitales (por ejemplo, el GSM) utilizan un procedimiento en el que los parámetros del ruido se extraen en el lado emisor y se transmiten al extremo receptor a baja velocidad binaria. A continuación es posible reconstruir (con un buen grado de aproximación) el ruido de fondo. Este procedimiento debería proporcionar una calidad subjetiva de funcionamiento de la transmisión de señales vocales superior con circuitos que utilicen *detección de actividad vocal* e inserción de ruido de confort. Los *detectores de actividad vocal* y los generadores de ruido de confort descritos en el anexo B/G.729 y en el anexo A/G.723.1 actúan de esta manera.

La mejor calidad (subjetiva) de funcionamiento se logrará cuando el ruido insertado en el lado receptor concuerde, en la medida de lo posible, con el ruido de fondo del extremo emisor. Sobre los generadores de ruido de confort (CNG, *comfort noise generators*) cabe hacer las siguientes puntualizaciones:

- el ruido utilizado deberá concordar con el ruido de fondo, tanto en contenido de frecuencia como en nivel;

- el nivel del ruido insertado deberá concordar con el del ruido de fondo; deberán efectuarse las mediciones y los ajustes apropiados del nivel utilizando dBm0p;
- el desarrollo temporal de los cambios de nivel del ruido insertado deberá concordar, en la medida de lo posible, con el de los cambios de nivel que se produzcan en el ruido de fondo.

Hay que señalar no obstante, que, como se ha dicho antes, estos tipos de ruido generado de manera artificial, son de naturaleza radicalmente diferente de la de los parámetros tradicionales relacionados con el ruido, que se tienen en cuenta en el modelo E. Por ello, nunca deberán utilizarse cifras de ruido indicadas en relación con sistemas de CNG o VAD como valores de entrada en los cálculos del modelo E para evitar que se produzcan resultados erróneos.

### 7.10.7 Corrección de errores sin canal de retorno

Cuando una secuencia digital transmitida no llega (o llega con errores) al destino, es práctica común de la transmisión de datos notificar ese hecho al emisor e iniciar una segunda transmisión de la misma secuencia. En el caso de la transmisión de señales vocales por telefonía, este método no es viable porque daría lugar a un retardo de extremo a extremo excesivo y disminuiría, por tanto, la calidad de funcionamiento de la transmisión de señales vocales (véase en 7.7 una explicación más amplia sobre la variación del retardo en función del tiempo).

Una manera de sustituir muestras de señales vocales faltantes o erróneas consiste en utilizar de nuevo la última muestra de señales vocales (recibida anteriormente). Este método es muy efectivo con códecs de forma de onda (tales como, los de la Recomendación G.711 [15]) en los que las muestras de señales vocales tienen una duración muy breve (por ejemplo, 125  $\mu$ s) y son proporcionales a la forma de onda real de la señal vocal. Ahora bien, este método no sirve con códecs sin forma de onda (tales como, los de la Recomendación G.723.1 [17]) en los que una trama abarca una parte mucho mayor de la señal vocal (por ejemplo, 30 ms) y, dependiendo del tipo específico de códec de baja velocidad binaria, una trama faltante en el receptor puede provocar una salida errónea del decodificador durante un periodo de tiempo con una duración equivalente a varias veces la de la muestra de señales vocales contenida en una trama.

Por ello, deberá utilizarse la *corrección de errores sin canal de retorno* (FEC, *forward error correction*) junto con los esquemas de codificación a baja velocidad binaria (que en la mayoría de los casos corresponden a tipos de códec sin forma de onda) para mejorar la calidad de transmisión de señales vocales de extremo a extremo. De esta manera se aumenta la fortaleza del códec frente a los errores de canal. Es preciso que los códecs sean suficientemente robustos, sobre todo en el caso de secciones radioeléctricas y facilidades de transporte basadas en el IP, porque la probabilidad de que se pierdan o se desechen muestras de señales vocales en ellas es mayor que en los sistemas alámbricos tradicionales. La FEC puede tener lugar de diferentes maneras en diversas partes de una conexión:

- 1) como parte interna del algoritmo de codificación (por ejemplo, Recomendación G.729 [22]);
- 2) a modo de algoritmo vinculados a la sección radioeléctrica (por ejemplo, GSM);
- 3) en conexiones en las que intervenga una red basada en el IP [en la unidad función de interfuncionamiento (IWF) de la interfaz con la RTPC/RDSI o en el terminal IP].

El principio básico de la FEC es simple. Consiste en que una trama o paquete contenga, además de la muestra de señal vocal específica, información adicional relacionada con muestras de señales vocales previas o posteriores. En el lado recepción, se puede utilizar esta información adicional para reconstruir muestras de señales vocales faltantes o erróneas.

El principio mencionado se puede explicar recurriendo a un ejemplo muy sencillo:

- En una red basada en paquetes, cada paquete contiene dos muestras de señales vocales consecutivas y cada muestra puede estar contenida en dos paquetes consecutivos (por ejemplo, el paquete {n} contiene las muestras de señales vocales {m} y {m+1}, el paquete {n+1} contiene las muestras de señales vocales {m+1} y {m+2}, y así

sucesivamente). En este caso, incluso si se perdiera o se desechara cada segundo paquete, se dispondría de todas las muestras de señales vocales sin errores en el lado recepción.

En la práctica, sin embargo, los algoritmos de FEC son muy complejos, para poder tener así en cuenta el comportamiento real de los errores de canal y la capacidad de transporte. Con respecto al primero y el segundo tipo de FEC, indicados más arriba, sus propiedades forman parte de las normas respectivas y su eficacia se incluye en el factor de degradación de equipo (Ie) de esos códecs en condiciones de error (véanse los cuadros 2b y 2c).

Para el tercer tipo de FEC no se dispone hasta ahora de ningún método normalizado. Por ello, el efecto de la FEC del tercer tipo queda fuera de los procedimientos de planificación de la transmisión en la práctica y se deja en estudio.

## **7.11 Sincronización**

El diseño de una sincronización adecuada forma parte de la estrategia de planificación de la red, ya que las degradaciones de la sincronización afectarán a la calidad de las llamadas. Las redes deberán estar sincronizadas tal como se define en la serie de documentos [55], el anexo F de [40] e ISO/CEI 11573 [61] para conseguir los objetivos de tasas de deslizamientos definidos en la Recomendación G.822 [25].

Las degradaciones de la sincronización dan lugar a deslizamientos que a su vez provocan diversas degradaciones. Algo que tiene una importancia especial en las conexiones en las que se instalan compensadores de eco, ya que dichos compensadores necesitan, por motivos propios de las técnicas de compensación de eco, un trayecto de eco del extremo cercano que no varíe con el tiempo para poder funcionar adecuadamente (véase la nota 2 de 3.2/G.165 [11]). Los deslizamientos en el trayecto de eco del compensador de eco crearán desplazamientos de fase, que darán lugar a una divergencia/reconvergencia periódica del compensador de eco. Se trata de un nuevo tipo de degradación, al que no se refiere la presente Recomendación ni la versión actual del modelo E.

## **8 Cálculo de los parámetros de extremo a extremo**

Como se describe en la cláusula 9 con más detalle, la utilización del modelo E para los cálculos de la planificación requiere el tratamiento correcto de ese modelo a fin de evitar resultados erróneos. El modelo E parte de una configuración de referencia básica, dividida en un lado emisión y un lado recepción con un "centro virtual" al que se denomina punto de 0 dBr. Una de las tareas principales, cuando se utiliza el modelo E, consiste en transformar las diferentes conexiones de extremo a extremo en un formato que sea similar a la configuración de referencia básica del modelo E. En este contexto, dicha transformación se necesita para:

- definir el centro virtual que se ha de utilizar como punto de 0 dBr;
- efectuar los "cálculos previos" de los diferentes parámetros; e
- identificar claramente los trayectos de eco existentes.

En las subcláusulas que siguen se dan orientaciones respecto al cálculo de los principales parámetros que se tienen en cuenta en la planificación.

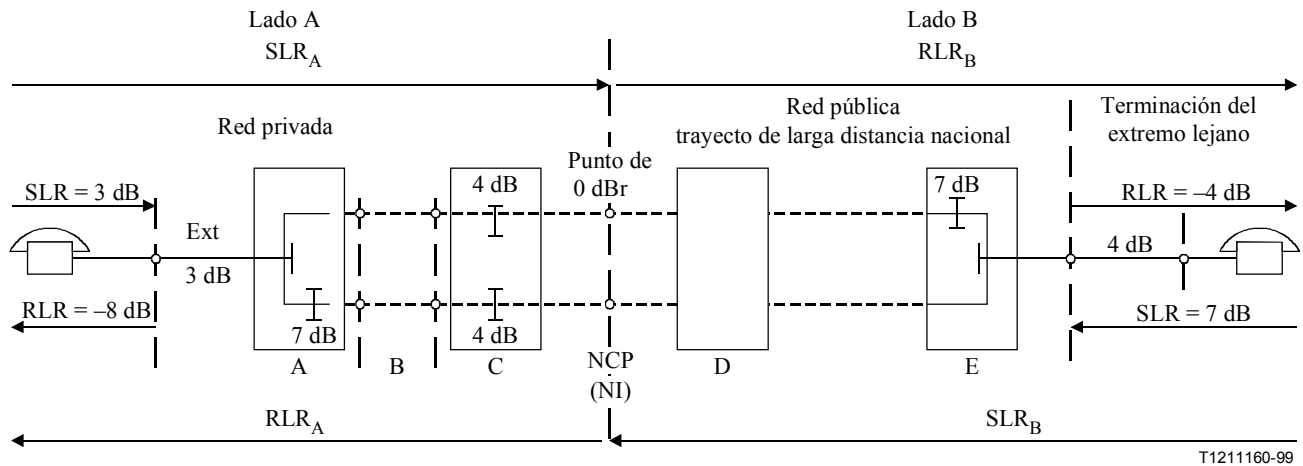
### **8.1 Índice de sonoridad global**

Considerando el principio básico de esta Recomendación, que la planificación de la transmisión se basa únicamente en la calidad de funcionamiento de extremo a extremo, cualquier degradación causada por un volumen muy alto o muy bajo de una conexión sólo está relacionada, en consecuencia, con el índice de sonoridad global (OLR). En la práctica, no obstante, es necesario dividir el OLR del punto de 0 dBr en un índice de sonoridad en emisión (SLR), y un índice de sonoridad en recepción (RLR), para ambos sentidos de la transmisión, ya que el modelo E requiere que estos parámetros se introduzcan separadamente. Para obtener los valores de SLR y RLR

correctos de entrada en el modelo E, es preciso efectuar un "cálculo previo" de dichos parámetros. El primer paso consiste entonces en definir el punto de 0 dBr en la configuración considerada, y el segundo, en sumar todos los valores de SLR/RLR de los aparatos telefónicos respectivos y todas las atenuaciones distribuidas a lo largo de la conexión a cada lado del punto de 0 dBr.

Para el establecimiento del punto de 0 dBr de una configuración dada, deberá definirse un punto en el que la señal vocal se halle en una trama normalizada a 64 kbit/s y en forma de ley A o ley  $\mu$  de MIC a 8 bits. En la mayoría de las aplicaciones de red descritas en esta Recomendación, la interfaz digital entre la red privada y una red pública servirá como punto de 0 dBr.

Los principios del cálculo previo se ilustran con la configuración que se muestra en la figura 13.



NOTA – Los valores que se muestran en la figura 13 tienen tan solo un carácter ilustrativo y no reflejan necesariamente ningún circuito real ni valores de sonoridad de diferentes regiones.

**Figura 13/G.108 – Conexión de referencia para el cálculo de SLR y RLR**

En la red privada, un aparato telefónico con SLR = 3 dB y RLR = -8 dB está conectado vía línea de extensión analógica con una atenuación de 3 dB a la PBX A. El convertidor híbrido del circuito de la línea de extensión inserta una atenuación de 7 dB en el sentido recepción. El elemento de transmisión B entre la PBX A y la PBX de tránsito es una facilidad digital (línea arrendada o troncal de enlace) con encaminamiento transparente a los bits. La PBX C de tránsito inserta un atenuador de pérdidas digital de 4 dB en cada sentido. El trayecto dentro de la red pública para una llamada de larga distancia nacional proporciona un encaminamiento digital completo entre la interfaz de la red privada (NCP o NI) y la central local E en el extremo lejano. Dentro de dicha central local, la conversión de 4 hilos a 2 hilos junto con una conversión A/D-D/A inserta una atenuación en recepción de 7 dB. La terminación del extremo lejano está constituida por un solo aparato telefónico analógico conectado a la central local E vía una línea de abonado analógico con una atenuación de 4 dB. Los valores combinados de sonoridad de la terminación del extremo lejano (SLR y RLR del aparato y atenuación del cable), se suman con el resultado de SLR = 7 dB y RLR = -4 dB.

En esta configuración, el punto de 0 dBr se puede definir en el punto de conexión de la red (NCP) o NI, interfaz entre la red privada y la red pública. Tomando como referencia el punto de 0 dBr, se divide la configuración en un lado A y un lado B (que no necesariamente son idénticos al lado emisión y al lado recepción del modelo E). La suma de los valores de SLR/RLR y las atenuaciones de circuito se lleva a cabo en ambos sentidos de la transmisión, obteniéndose así los valores de SLR<sub>A</sub>, SLR<sub>B</sub>, RLR<sub>A</sub> y RLR<sub>B</sub>. Los valores de los cuatro índices de sonoridad se pueden calcular como sigue:

**Lado A:**

		<b>Aparato &gt; punto de 0 dBr</b>	<b>Punto de 0 dBr &gt; aparato</b>
Aparato telefónico	SLR	3 dB	–
	RLR	–	–8 dB
Línea de extensión		3 dB	3 dB
PBX A		0 dB	7 dB
Línea arrendada (troncal de enlace) B		0 dB	0 dB
PBX C de tránsito		4 dB	4 dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>		<b>SLR<sub>A</sub> = 10 dB</b>	<b>RLR<sub>A</sub> = 6 dB</b>

**Lado B:**

		<b>Aparato &gt; punto de 0 dBr</b>	<b>Punto de 0 dBr &gt; aparato</b>
Terminación del extremo lejano	SLR	7 dB	–
	RLR	–	–4 dB
Central local E		0 dB	7 dB
Encaminamiento en red pública		0 dB	0 dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>		<b>SLR<sub>B</sub> = 7 dB</b>	<b>RLR<sub>B</sub> = 3 dB</b>

Es muy importante seleccionar, a partir de estos resultados, los valores correctos como valores de entrada al modelo E (véase la cláusula 9). De acuerdo con el principio básico del modelo E, la calidad esperada se calcula como calidad percibida en el lado recepción, es decir, el cliente de la red privada es el oyente (lado recepción) y el cliente de la terminación del extremo lejano es el hablante (lado emisión). Deberán utilizarse, por consiguiente, como valores de entrada al modelo los valores del sentido de la transmisión de la terminación del extremo lejano a la red privada:

$$SLR_B = 7 \text{ dB} \quad RLR_A = 6 \text{ dB}$$

El OLR en este sentido de la transmisión es:

$$OLR = SLR_B + RLR_A = 7 \text{ dB} + 6 \text{ dB} = 13 \text{ dB}$$

El OLR en el sentido opuesto es:

$$OLR = SLR_A + RLR_B = 10 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 13 \text{ dB}$$

Con la configuración y los valores de este ejemplo, el OLR es igual en ambos sentidos de la transmisión. Por ello, en este caso, no es necesario por lo general el cálculo adicional para el sentido de la transmisión del teléfono de la red privada a la terminación del extremo lejano con respecto a degradaciones debidas al OLR.

No obstante, en el caso excepcional en que el aparato telefónico de la red privada se encuentre situado en un entorno ruidoso, deberán tenerse en cuenta ambos sentidos de la transmisión y los cálculos se deberán efectuar separadamente. Suponiendo un ruido ambiente medio medido de 65 dB(A) en el emplazamiento de la red privada y un valor de ruido ambiente por defecto de 35 dB(A) en la terminación del extremo lejano, el procedimiento de cálculo es como sigue:

Para el sentido terminación del extremo lejano a la red privada (la red privada es el lado recepción) deberán utilizarse los valores de  $SLR_B$  y  $RLR_A$ , y el parámetro  $P_r$  (ruido ambiente en el lado recepción) se fija en 65 dB(A) permaneciendo  $P_s$  (ruido ambiente en el lado emisión) en el valor por defecto. Para los demás parámetros y sus valores por defecto, el índice R del modelo E en este sentido (calidad percibida por el cliente de la red privada) se calcula con  $R = 66,9$ .

Para el sentido de red privada a terminación del extremo lejano (lado recepción en la terminación del extremo lejano) se utilizan los valores de  $SLR_A$  y  $RLR_B$ , fijándose el parámetro  $P_s$  en 65 dB(A) y permaneciendo  $P_r$  en el valor por defecto. El índice R del modelo E en este sentido es  $R = 57,1$ , un resultado que muestra que la degradación debido a un ruido ambiente elevado difiere de un oyente al otro de ambos extremos.

Al calcular los valores de los índices de sonoridad, conviene controlar también los requisitos en el NCP (NI) con respecto al SLR y el RLR de la red privada, como se describe en 7.9. En el ejemplo de la figura 13, el NCP coincide con el punto de 0 dBr definido, por lo que se pueden utilizar los valores calculados de  $SLR_A$  y  $RLR_A$  en el punto de 0 dBr para hacer una estimación de la compatibilidad con los requisitos de NCP/NI. En este ejemplo, se cumplen los requisitos de 7.9.1 (para el método europeo) con los valores mínimos dados de  $SLR = 7$  dB y  $RLR = 3$  dB.

## 8.2 Eco para el hablante

Por lo que se refiere a la degradación debido a los efectos del eco, se deberán investigar las configuraciones dadas con respecto a los orígenes de las reflexiones de la señal, normalmente convertidores híbridos. Para los cálculos del modelo E de la calidad percibida, se han de calcular previamente dos parámetros de entrada:

- el retardo medio en un sentido T en ms;
- el índice de sonoridad del eco para el hablante (TELR) en dB.

Las Recomendaciones G.126 [8] y G.131 [9] contienen más información sobre el efecto del eco.

Al investigar el eco (sobre todo si se lleva a cabo en combinación con el modelo E), es importante tener en cuenta que el parámetro TELR depende del SLR y el RLR del teléfono del **hablante** según la fórmula:

$$TELR = SLR + EL + RLR$$

donde EL es la atenuación (ponderada) del eco del trayecto de eco. Así pues, los valores de SLR y RLR del aparato telefónico se incluyen en dos parámetros de entrada diferentes del modelo E; como arte del TELR y como entrada directa del SLR y el RLR para el cálculo de otras degradaciones.

NOTA – La utilización de SLR y RLR en dos cálculos previos separados se basa en el principio y el algoritmo del modelo E descritos detalladamente en la Recomendación G.107 [3]. En la mayoría de las aplicaciones, el modelo se utilizará junto con un programa informático. El tratamiento de los diferentes valores de entrada puede diferir, no obstante, entre esos programas y el modelo E. Por ello, es necesario identificar claramente qué valores de entrada se requieren y en qué forma se introducen en el programa específico para evitar que se produzcan resultados erróneos. Por ejemplo, si el programa efectúa cálculos previos de manera automática en base a variables de la conexión que afecten al SLR y el RLR, tanto el cálculo de los índices de sonoridad como el de los efectos del eco dependen de los cambios que se produzcan en esas variables. Para más información, véase la cláusula 9.

Se señala además que las degradaciones causadas por el eco para el hablante se refieren al hablante en el lado "recepción", de acuerdo con los principios del método del factor de degradación y el modelo E. Esto es algo que habrá que tener en cuenta especialmente cuando se seleccionen los parámetros de entrada al modelo E de cada configuración particular.

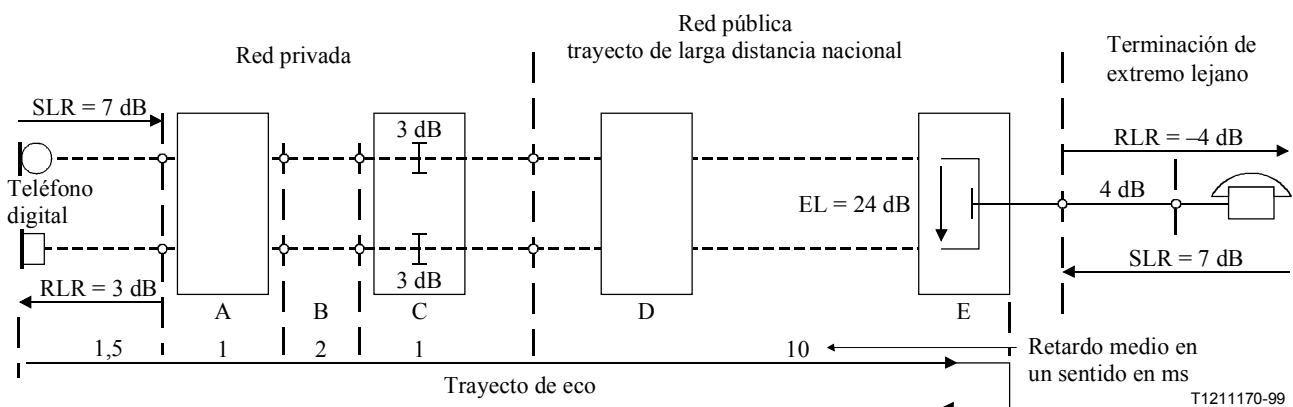
En algunas aplicaciones, la conexión de referencia considerada puede contener más de un trayecto de eco. En las subcláusulas 8.2.1, 8.2.2 y 9.5 se dan directrices respecto al procedimiento de cálculos tanto en el caso de un trayecto de eco único como en el de trayectos de eco múltiples.

### 8.2.1 Cálculo para conexiones con un trayecto de eco

El ejemplo de cálculo que sigue se basa en la conexión de referencia que se muestra en la figura 14. Un aparato telefónico digital con  $SLR = 7$  dB y  $RLR = 3$  dB y con un retardo medio en un sentido de 1,5 ms está conectado a una PBX A en la red privada. La PBX A está conectada a la PBX C de

tránsito vía un troncal de enlace digital o una línea arrendada B con encaminamiento transparente a los bits y un retardo medio en un sentido de 2 ms. La PBX C de tránsito inserta una atenuación digital de 3 dB en cada sentido de la transmisión para llamadas vocales. Las PBX A y C contribuyen con un retardo medio en un sentido de 1 ms cada una.

La red pública proporciona encaminamiento totalmente digital hasta la central local E del extremo lejano en donde un convertidor híbrido provoca reflexiones de la señal y forma parte, por tanto, del trayecto de eco. Se supone que la terminación del extremo lejano es un aparato telefónico analógico simple. Para el cálculo del eco, no son importantes los valores de esa terminación de extremo lejano ya que está fuera del trayecto de eco. En base a la información proporcionada por el proveedor de la red pública, se toma como retardo medio en un sentido dentro de dicha red para una llamada de larga distancia nacional un valor de 10 ms. Se supone que el convertidor híbrido de la central local E tiene una atenuación (ponderada) de eco media (EL), de 24 dB, incluida una atenuación de 7 dB en el trayecto del receptor (hacia la terminación del extremo).



**Figura 14/G.108 – Conexión de referencia para cálculos del eco con un trayecto de eco**

El primer paso de cada cálculo deberá ser una clara identificación del trayecto de eco. En el ejemplo ilustrado en la figura 14, el trayecto de eco está formado por el aparato telefónico digital (en el que se percibe el eco para el hablante), el trayecto completo vía elementos de transmisión y conmutación entre ese aparato telefónico y la central local E, la atenuación del eco (EL) en la central local E y el trayecto de retorno. En la figura 14 se identifica este trayecto de eco.

El segundo paso consiste en calcular los dos parámetros de entrada pertinentes del trayecto de eco para el modelo E: el retardo medio en un sentido T, y el TELR. Es importante señalar que sólo el retardo "en un sentido" sirve como valor de entrada al modelo, incluso aunque la señal de eco se desmorone dos veces el valor de ese retardo (suponiendo el mismo trayecto de conexión en ambos sentidos).

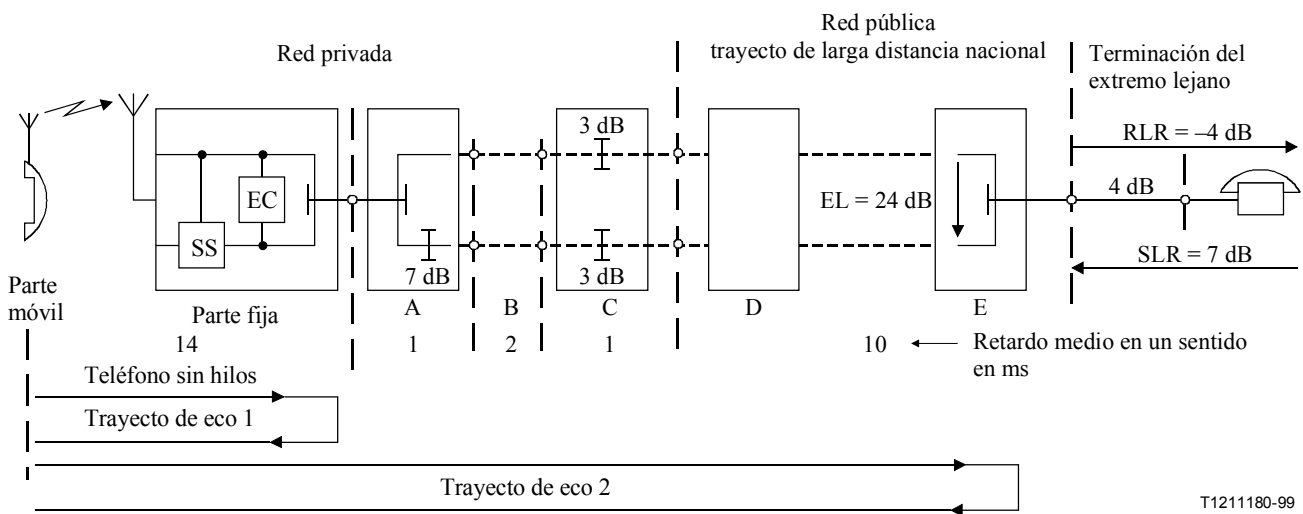
Una vez definido el trayecto de eco, el primer valor que se introduce en el cálculo, el retardo medio en un sentido T, es la suma de los valores del retardo en un sentido de los diferentes elementos. En el ejemplo de la figura 14, el cálculo de esa suma da  $T = 15,5$  ms. El segundo valor introducido en el modelo E, el TELR, se calcula como la suma de las atenuaciones a lo largo de todo el trayecto de eco (en ambos sentidos) incluyendo el SLR y el RLR del aparato telefónico (el del hablante). En el ejemplo anterior, el cálculo de ese valor da  $TELR = 40$  dB.

En base a un cálculo del modelo E en el que se utilizan  $T = 15,5$  ms y  $TELR = 40$  dB como valores de entrada, la configuración de la figura 14 genera un índice del modelo E  $R = 85,8$ , valor que queda dentro de la categoría "alta" de la calidad de transmisión de señales vocales según el cuadro 1.



## 8.2.2 Cálculo para conexiones con dos trayectos de eco

Dada a la creciente digitalización de las redes públicas y privadas, cada vez va a ser menos probable que se produzcan configuraciones con más de un trayecto de eco, y deberían evitarse en el diseño de las redes. No obstante lo cual, a continuación se da un ejemplo de cómo tratar una de esas configuraciones, derivada de la configuración de la figura 14 y basada en la utilización de un teléfono sin hilos conectado a un puerto de acceso analógico en la PBX A. El retardo adicional introducido por una terminación teléfono sin hilos no es despreciable, por lo que el teléfono sin hilos forma un trayecto de eco aparte junto con el trayecto de eco de extremo a extremo por la red pública (lo mismo que en la configuración de la figura 14). En la figura 15 se muestra esta conexión de referencia con sus dos trayectos de eco efectivos. En una configuración como ésta, el hablante puede ser perturbado por dos ecos diferentes con diferente volumen y diferente retardo.



**Figura 15/G.108 – Conexión de referencia para cálculos del eco con dos trayectos de eco**

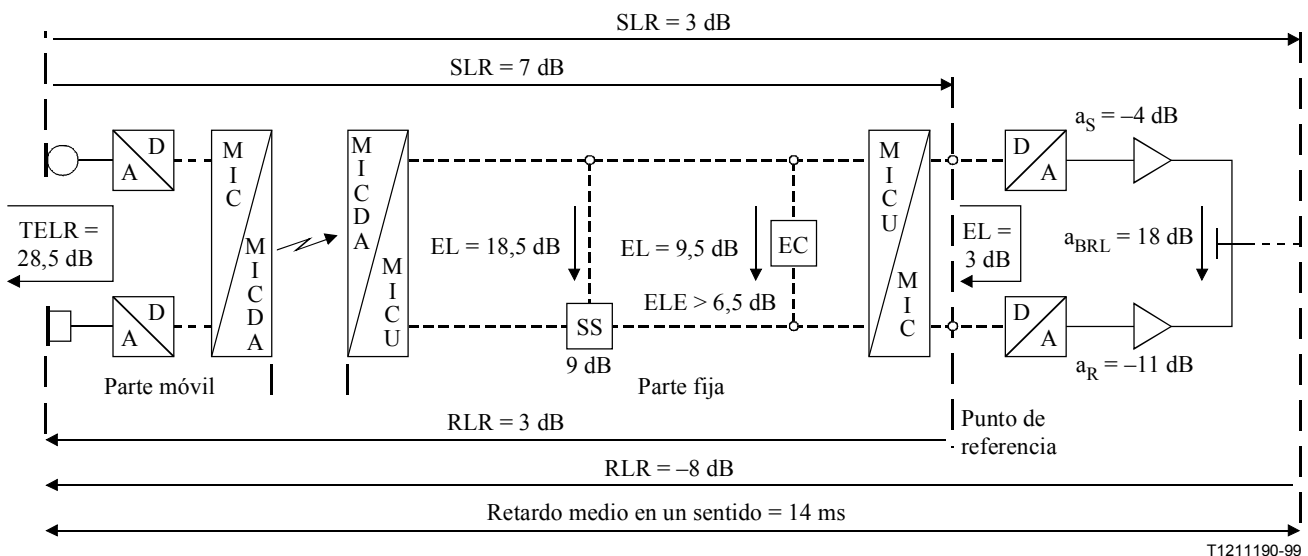
Para determinar la calidad global esperada, hay que elaborar aquí una aplicación especial del modelo E, ya que dicho modelo no permite actualmente tener en cuenta y calcular dos degradaciones simultáneas debidas al eco para el hablante. Con el modelo E no se puede efectuar una simple suma de esos dos pares de T y TELR, que dé como resultado nuevos parámetros de entrada. La presencia simultánea de dos fuentes de eco es una situación más compleja y requiere una investigación ulterior. Efectos psicoacústicos especiales, tales como el enmascaramiento de un eco por el otro, pueden influir en la percepción de la calidad.

Para esta situación se recomienda por lo general seguir un procedimiento en tres etapas. La primera consiste en considerar solamente las degradaciones debidas al eco, calculando los dos trayectos de eco 1 y 2 separadamente, es decir, que, para cada trayecto de eco, deberán determinarse separadamente los parámetros pertinentes del retardo medio en un sentido T y el TELR, suponiendo que el otro trayecto de eco no existe. En la segunda etapa, los valores de degradación calculados para los dos trayectos de eco deberán combinarse con una fórmula específica (no prevista en el modelo E). Por último, el resultado correspondiente se combina con el de los cálculos del modelo E con todos los demás parámetros de degradación (por ejemplo, el valor  $I_e$  para MICDA) de la configuración de que se trate. Este procedimiento y la aplicación que ha de hacerse del modelo E en este caso especial, se describen con más detalle en 9.5, en la que además se dan algunas orientaciones sobre la aplicación del modelo E en la práctica planificadora. En los párrafos que siguen se describe la manera de determinar los parámetros TELR y T de los dos trayectos de eco.

En el caso del teléfono sin hilos de la figura 15, la parte fija (estación base) deberá proporcionar una conversión de 4 hilos a 2 hilos para la conexión a una interfaz analógica a 2 hilos. Esa conversión híbrida constituye entonces un origen de reflexiones de la señal y forma el trayecto de eco 1 junto con la parte móvil vía la interfaz aérea. Al determinar los parámetros pertinentes de retardo medio en un sentido T y TELR de ese trayecto de eco, habrá que tener en cuenta los parámetros específicos del teléfono sin hilos.

Los teléfonos sin hilos que se atienen a [50] y [53], insertan un retardo medio adicional en un sentido de aproximadamente 14 ms entre la interfaz acústica de la parte portátil y la interfaz de red de la parte fija (véase el cuadro A.1). Ese valor del retardo es probable que cause efectos del eco en muchas aplicaciones. Por ello, esta configuración recomienda que se actúe con cautela cuando se suprima la señal reflejada, utilizando un compensador de eco (EC), junto con un supresor programable (SS, *soft suppressor*). En el anexo C se da información más detallada sobre el control del eco en los teléfonos sin hilos.

Al determinar el TELR del trayecto de eco 1, deben tenerse en cuenta esos dispositivos de control del eco "integrados". La figura 16 muestra en detalle los componentes más importantes del control del eco en un terminal, la mayoría de los cuales están en la parte fija. Dentro de la parte fija se define un "punto de referencia" virtual, en el que la señal vocal, transcodificada en MICDA para la transmisión por el trayecto aéreo, está presente de nuevo en formato MIC normalizado.



**Figura 16/G.108 – Detalles dentro de un teléfono sin hilos con respecto al control del eco**

Según [50], el sistema se ajusta a SLR = 7 dB y RLR = 3 dB referidos al punto de referencia. Esos valores del índice de sonoridad no cumplirían los requisitos si el sistema estuviera conectado a una interfaz analógica a 2 hilos. En el ejemplo de la figura 14, se supone que valores de SLR = 3 dB y RLR = -8 dB cumplen tales requisitos (pueden ser aplicables otros, de ámbito nacional/regional). Los circuitos del convertidor híbrido, dentro de la parte fija (a la derecha del punto de referencia de la figura 16), no sólo efectúan la necesaria conversión A/D-D/A y de 4 hilos a 2 hilos sino que además incluyen, en su parte analógica, un ajuste del nivel de a<sub>s</sub> = -4 dB en el sentido de la emisión y de a<sub>R</sub> = 11 dB en el trayecto de recepción para cumplir los requisitos relativos a los valores de SLR/RLR en la interfaz a 2 hilos.

El cálculo del TELR del trayecto de eco 1 deberá efectuarse en varias etapas. Para el convertidor híbrido se puede suponer una atenuación de equilibrado media a<sub>BRL</sub> = 18 dB si se produce una

adaptación de impedancias correcta, utilizando redes equilibradoras complejas. Para la totalidad de los circuitos híbridos, esa atenuación de equilibrado se reduce en el valor representado por la suma de los ajustes  $a_S$  y  $a_R$ , dando como resultado una atenuación de eco (EL), neta de 3 dB. Para mejorar esta baja atenuación del eco se utiliza un compensador de eco (EC), que compensa parcialmente la señal reflejada. Esto se expresa en términos de una mejora de la atenuación del eco (ELE), que, según la norma DECT, ha de ser  $> 6,5$  dB. La atenuación del eco aumenta así a  $(3 + 6,5)$  dB = 9,5 dB. Es posible una mejora adicional insertando un supresor programable (SS), en el trayecto de recepción (hacia el teléfono) dentro de la parte fija. El SS inserta una atenuación adicional de 9 dB (según la norma DECT debería ser 9 a 12 dB) cuando se detecta una señal en el trayecto de emisión. El valor resultante de  $(9,5 + 9)$  dB = 18,5 dB, junto con los valores de sonoridad de SLR = 7 dB y RLR = 3 dB, lleva a un TELR de 28,5 dB para el trayecto 1. El retardo medio en un sentido del trayecto de eco es de 14 ms.

NOTA – Aunque los valores de SLR y RLR están referidos al punto de referencia, se puede suponer también que están referidos al punto MIC uniforme (MICU) de la izquierda de la figura 16, ya que no se produce ninguna atenuación adicional dentro del trayecto MICU. Se señala además que el SS sólo se activa si en el trayecto de emisión está presente una señal, lo que es válido para la consideración del eco para el hablante, pero se desactiva durante la escucha cuando el hablante permanece callado. Por ello, los valores de RLR de la figura 16 se muestran para un SS desactivado.

Para el trayecto de eco 2, el cálculo de los valores pertinentes del retardo medio en un sentido T y el TELR es similar al cálculo de 8.2.1, pero con valores diferentes. Sumando los valores del retardo de cada elemento de red a lo largo del trayecto de eco 2, mostrado en la figura 15, se obtiene un retardo medio de un sentido de dicho trayecto de  $T = 28$  ms.

El cálculo del TELR en el trayecto de eco 2 se ha de efectuar con cierta cautela para evitar que se produzcan resultados erróneos. El trayecto de emisión desde el micrófono de la parte portátil a través de los circuitos híbridos de la parte fija se puede resumir adoptando un valor de SLR = 3 dB (figura 16). El trayecto de eco continúa por los circuitos híbridos de la PBX A (0 dB) y el atenuador digital de la PBX C (3 dB) hasta los circuitos híbridos de la central local E, con una atenuación de eco de 24 dB.

El trayecto de retorno incluye el atenuador digital de la PBX C (3 dB), los circuitos híbridos de la PBX A (7 dB) y el trayecto de recepción del teléfono sin hilos que se muestra en la figura 16 con RLR = -8 dB. Sin embargo, este valor de RLR ha de ser ajustado con la atenuación de 9 dB del SS (que está activado mientras hay conversación y es también, por tanto, un elemento del trayecto eco 2), es decir, a efectos del cálculo del TELR,  $RLR = (-8 + 9)$  dB = +1 dB. De esta manera, la suma para el trayecto eco 2, utilizando los valores mostrados en las figuras 15 y 16, es  $TEL R = (3+3+24+3+7+1) = 41$  dB. Se señala que el compensador de eco de la parte fija no afecta al trayecto de eco 2 ya que la capacidad de procesamiento del compensador de eco (que normalmente es de unos 4 ms) con respecto al retardo del trayecto de eco es mucho menor que el retardo de la conexión.

Los valores pertinentes de los dos trayectos de eco son como sigue:

- trayecto de eco 1      TELR = 28,5 dB      T = 14 ms;
- trayecto de eco 2      TELR = 41,0 dB      T = 28 ms.

### 8.3 Tiempo de transmisión en conexiones carentes de eco

Como se indica en 7.3, retardos muy prolongados pueden provocar degradaciones distintas de las de eco. Las conexiones con un retardo importante influyen en la calidad de transmisión de señales vocales percibida incluso si han sido diseñados como "carentes de eco" con una compensación de eco perfecta. A efectos de la planificación, el tiempo de transmisión sólo ha de ser tenido en cuenta normalmente en conexiones nacionales largas (por ejemplo, en América del Norte) o internacionales o cuando el encaminamiento se hace vía un enlace por satélite, pero también las conexiones

nacionales o internas dentro de la red objeto de estudio pueden verse afectadas, si se insertan dispositivos modernos de procesamiento de la señal, tales como códecs de baja velocidad binaria. Para su aplicación en el modelo E, deberá calcularse un retardo absoluto medido ( $T_a$ ), en ms, suma de todos los valores de retardo medio en un sentido de los diferentes elementos de red a lo largo de toda la conexión. Se señala que todos los elementos, incluidos los aparatos telefónicos a ambos extremos, han de considerarse independientes de cualesquiera fuentes de eco, tales como los convertidores híbridos y los dispositivos de compensación de eco insertados. Elementos de transmisión específicos o elementos de conexión o incluso encaminamientos completos pueden tener valores de retardo diferentes en cada sentido de la transmisión. En tales casos, deberá utilizarse la media aritmética de ambos valores.

#### **8.4 Unidades de distorsión de cuantificación**

El modelo E necesita este parámetro de entrada en términos del número de unidades de distorsión de cuantificación ( $q_{du}$ ) que se describe en 7.5. El proceso completo de codificación (conversión analógico a digital) y decodificación (conversión digital a analógico) de acuerdo con las leyes de codificación (ley A o ley  $\mu$ ) definidas en la Recomendación G.711 [15] se considera una  $q_{du}$ . Al efectuar la suma para toda la conexión, deberá identificarse claramente cada par de "codificador" y su "decodificador" subsiguiente.

Si las leyes de codificación son distintas de las que figuran en la Recomendación G.711 [15] (por ejemplo, MICDA), las degradaciones debidas a la distorsión no deberán expresarse en términos de  $q_{du}$ , sino más bien como el factor de degradación de equipo ( $I_e$ ) (véase 8.5). Cuando los elementos que efectúan la codificación [por ejemplo, atenuadores de pérdidas y ganancias digitales, dispositivos compensadores de eco o circuitos de conferencia (digitales)] formen parte de la conexión, deberá utilizarse en el cálculo un valor normalizado de 0,7  $q_{du}$  por cada uno de ellos.

NOTA – Aunque algunas Recomendaciones contienen todavía asignaciones de valores de  $q_{du}$  para MICDA (y algunos otros códecs de baja velocidad binaria), ya no se recomienda la utilización de esos valores de  $q_{du}$  para planificar la transmisión.

Si el encaminamiento de una conexión es totalmente digital, deberá tomarse en consideración un mínimo de 1  $q_{du}$ , con independencia de si el codificador/decodificador está situado en el aparato telefónico digital o en la unidad de línea para la conexión de un aparato telefónico analógico. En el modelo E, el valor por defecto de este parámetro ya está fijado en  $q_{du} = 1$  y no deberá modificarse a  $q_{du} = 0$  en un entorno totalmente digital.

#### **8.5 Factor de degradación de equipo**

Como se describe en 7.6, las leyes de codificación modernas pueden ser origen de degradaciones debidas a las distorsiones. A diferencia de lo que ocurre con la codificación y la decodificación MIC normalizadas según la ley A o la ley  $\mu$  (Recomendación G.711[15]), estas degradaciones se expresan en términos del "factor de degradación de equipo ( $I_e$ ), en vez de en unidades de distorsión de cuantificación ( $q_{du}$ ). En el cuadro 2a se dan los factores  $I_e$  de las diferentes leyes de codificación y velocidades de funcionamiento. A efectos prácticos de la planificación, sólo la suma algebraica de todos los valores de  $I_e$  a lo largo de la conexión investigada deberá calcularse e introducirse en el modelo E como un valor de entrada. Ahora bien, es muy importante identificar con toda claridad, utilizando la configuración de referencia, la ubicación real del codificador y el decodificador de esa sección de baja velocidad binaria, ya que dicha sección puede incluir varios elementos de transmisión y de conexión. Además, una conexión puede comprender más de una sección, utilizando todas ellas los mismos o diferentes tipos de esa codificación a baja velocidad binaria, lo cual ha de ser tenido en cuenta en los cálculos.

## **8.6 Factor de degradación de equipo de códecs en condiciones de pérdida de paquetes**

En los cuadros 2a y 2b se dan valores provisionales del factor de degradación de equipo de los códecs en condiciones de pérdida de paquetes. Incluso si esos valores son muy prematuros, dan una estimación de lo mucho que repercute este parámetro en la calidad de transmisión de señales vocales. Dependiendo de la naturaleza dinámica de la mayoría de los sistemas de transmisión basados en paquetes, en la actualidad, la dificultad que se le plantea al planificador es la no existencia de una red con un porcentaje fijo de pérdida de paquetes; el porcentaje de pérdida de paquetes es variable y depende de factores tales como los mecanismos de la red o la carga de la misma.

Así pues, el factor de degradación de equipo de códecs en condiciones de pérdida de paquetes queda fuera de los procedimientos prácticos de planificación de la transmisión; este es un tema que queda en estudio.

## **8.7 Variación del retardo en función del tiempo**

La repercusión de la variación del retardo en función del tiempo en la calidad de funcionamiento de la transmisión de señales vocales de extremo a extremo, que se describe en 7.7, depende mucho de si la adaptación dinámica de la capacidad de la memoria tampón de recepción está implementada correctamente en el equipo y, si tal es el caso, se puede prescindir de este parámetro la mayoría de las veces; este es un tema que queda en estudio.

# **9 Aplicación del modelo E en la práctica de la planificación**

## **9.1 Consideraciones generales**

Los principios básicos de la planificación recomendados en esta Recomendación tiene como fundamento la utilización del modelo E (véase la cláusula 6) para la realización de los cálculos de planificación con los que se obtiene una predicción de la calidad esperada para una configuración especificada. Este método de planificación se aparta de criterios anteriores respecto a la planificación de la transmisión que, sobre todo en el caso de redes privadas, se basaban en el establecimiento de los límites de los parámetros de transmisión pertinentes. Por ello, en la presente subcláusula, se hace una introducción sobre la aplicación de los nuevos principios y la utilización del modelo informático, y se dan algunas directrices al respecto.

La Recomendación G.107 [3] contiene una descripción detallada del modelo E y del algoritmo asociado al mismo. Se señala que, para evitar que se produzcan resultados erróneos, la utilización de este modelo exige un cierto grado de comprensión de la configuración de referencia básica y de los diferentes parámetros de entrada. Algo a lo que se refieren en detalle en 9.2, 9.3 y 9.4. La subcláusula 9.5 trata de configuraciones especiales con dos trayectos de eco.

Dado el gran número y la complejidad de las fórmulas del modelo E, los cálculos se efectuarán normalmente mediante programas informáticos. No obstante, conviene que el usuario se familiarice con el propio programa, incluido el tratamiento de los parámetros de entrada y los límites de la aplicación de aquél. En 9.6 se da información sobre este tema.

El modelo E incluye diversos parámetros de transmisión; sin embargo, no todos ellos se varían a efectos de la planificación (véase 7.10). Esos parámetros deberán fijarse y permanecer en sus valores por defecto (no necesariamente cero) durante la ejecución de los cálculos. Además, el algoritmo del modelo E se basa en los resultados de pruebas subjetivas, en las que los diferentes parámetros varían sólo dentro de determinadas gamas. Si el modelo se utiliza con unos valores de parámetros de entrada que están fuera de gamas, las especificadas, los resultados obtenidos ya no serán validados. Deberá evitarse por ello, la utilización de esos valores. La subcláusula 9.7 da una relación de todos los valores por defecto y las gamas válidas de cada parámetro.

## 9.2 Configuraciones de referencia

Para la comprensión de los principios básicos del modelo E resulta útil construir la configuración de referencia básica de una conexión telefónica de extremo a extremo en la que estén presentes todos los parámetros de la transmisión que influyen en la calidad percibida de las señales vocales. Esta configuración de referencia, mostrada en la figura 17, se divide básicamente en un "lado emisión" y un "lado recepción" con un centro virtual al que se denominada "punto de 0 dBr". Una de las hipótesis más importantes del modelo es que la calidad percibida se refiere al "lado recepción", es decir, al oyente durante una llamada, y que a ese mismo lado se refieren las degradaciones encontradas durante la conversación, por ejemplo, el efecto local, el ruido ambiente y los efectos del eco. La configuración de referencia básica de la figura 17 incluye un "bucle a 4 hilos" para reconocer las degradaciones del eco para el hablante y el eco para el oyente; degradaciones que influyen sólo en pequeña medida en una conexión totalmente digital (a 4 hilos).

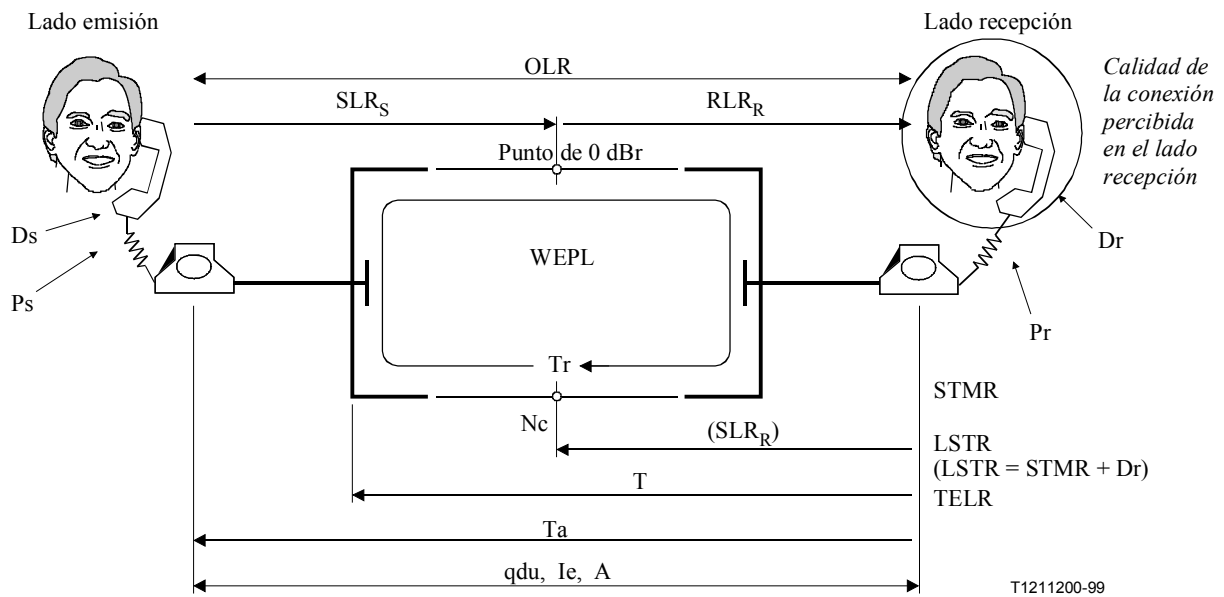


Figura 17/G.108 – Configuración de referencia básica del modelo E

En el proceso de planificación de la red es conveniente identificar una conexión que sea la "más crítica" a efectos de la investigación y la planificación y designar a esa conexión como conexión de referencia de la red. La configuración de referencia, que deberá contener todos los elementos de transmisión y elementos de conexión pertinentes, sirve para identificar y calcular el valor total de cualquier parámetro específico de la conexión de extremo a extremo. En la mayoría de las situaciones, no obstante, esa configuración de referencia se apartará más o menos de la configuración de referencia básica del modelo E. Para minimizar los errores cuando se introduzcan los valores de los diferentes parámetros en el modelo E, incluidos los resultados de los cálculos previos, se recomienda transformar la configuración de referencia de la conexión investigada en una configuración que esté lo más cerca posible de la configuración básica del modelo E que se muestra en la figura 17.

Las figuras que siguen sirven como orientación para transformar configuraciones de planificación reales en configuraciones relacionadas con el modelo E. Para cada una de esas configuraciones de "trabajo", clasificadas como estructuras de 2 hilos/2 hilos, 2 hilos/4 hilos, 4 hilos/2 hilos o totalmente de 4 hilos, se describe el tratamiento apropiado de los parámetros aplicables.

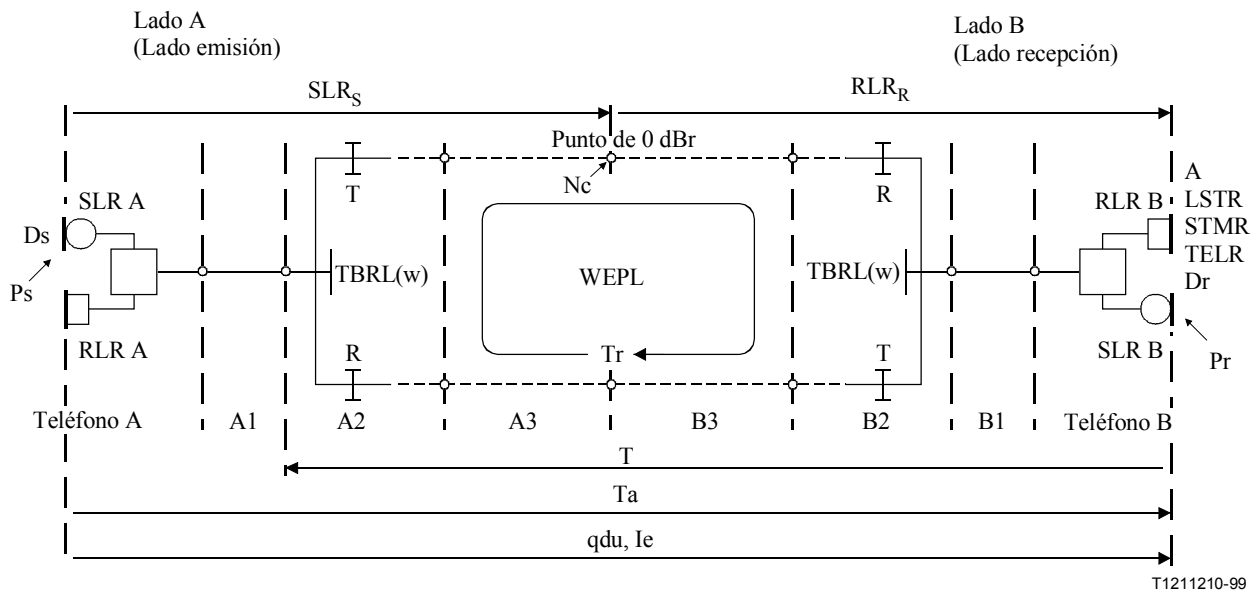
En la figura 18 se muestra la misma estructura de 2 hilos/2 hilos que en la configuración básica del modelo E, pero dividida en diferentes secciones para una mejor comparación con la conexión real. La figura se divide, con respecto al centro virtual de la conexión y en relación con el punto de 0 dBr,

en un "lado A" idéntico al "lado emisión" y un "lado B" idéntico al "lado recepción". Ambos lados terminan en aparatos telefónicos analógicos, A y B, cada uno con sus propios valores del índice de sonoridad SLR A, RLR A y SLR B, RLR B.

Los factores  $D_s$  del lado emisión y  $D_r$  del lado recepción dependen del diseño del microteléfono y normalmente no se tienen en cuenta en la planificación. Dichos factores deberán fijarse en sus valores por defecto a efectos de cálculo. Se supone que los parámetros índice de enmascaramiento del efecto local (STMR) e índice de enmascaramiento del efecto local para el oyente (LSTR) tienen una relación fija con el factor D de la siguiente forma:

$$LSTR = STMR + D$$

y por ello influyen en la calidad percibida solamente en el lado recepción.



**Figura 18/G.108 – Configuración de trabajo para conexiones 2 hilos/2 hilos**

Los parámetros STMR, LSTR y D no son normalmente objeto de planificación y deberán mantenerse en su valor por defecto excepto en el caso de configuraciones de circuitos telefónicos específicas, estrategias de impedancias o diseños de microteléfonos no normalizados.

El ruido ambiente ( $P_s$ ), del lado emisión puede influir en la relación señal/ruido percibida en el lado recepción, mientras que el ruido ambiente ( $P_r$ ), del lado recepción puede disminuir la calidad percibida a través del trayecto del efecto lateral. Sin embargo, en el caso de aparatos telefónicos situados en entornos normales de trabajo burocrático, los valores del ruido ambiente pueden permanecer en sus valores por defecto.

El índice de sonoridad del eco para el hablante (TEL<sub>R</sub>), en tanto que parámetro de entrada al modelo E, requiere una atención especial y se describe con más detalle en 9.3.

Las secciones A1 y B1 de la figura 18 deben interpretarse como la interconexión analógica entre el aparato telefónico y el equipo de conmutación cuando se proporciona la conversión de 4 hilos a 2 hilos. Dichas secciones pueden constar de elementos de transmisión (por ejemplo, cables no cargados) y elementos de conmutación (por ejemplo, una PBX con una matriz de conmutación analógica). Por ello, para A1 y B1, es preciso calcular sobre todo valores de atenuación.

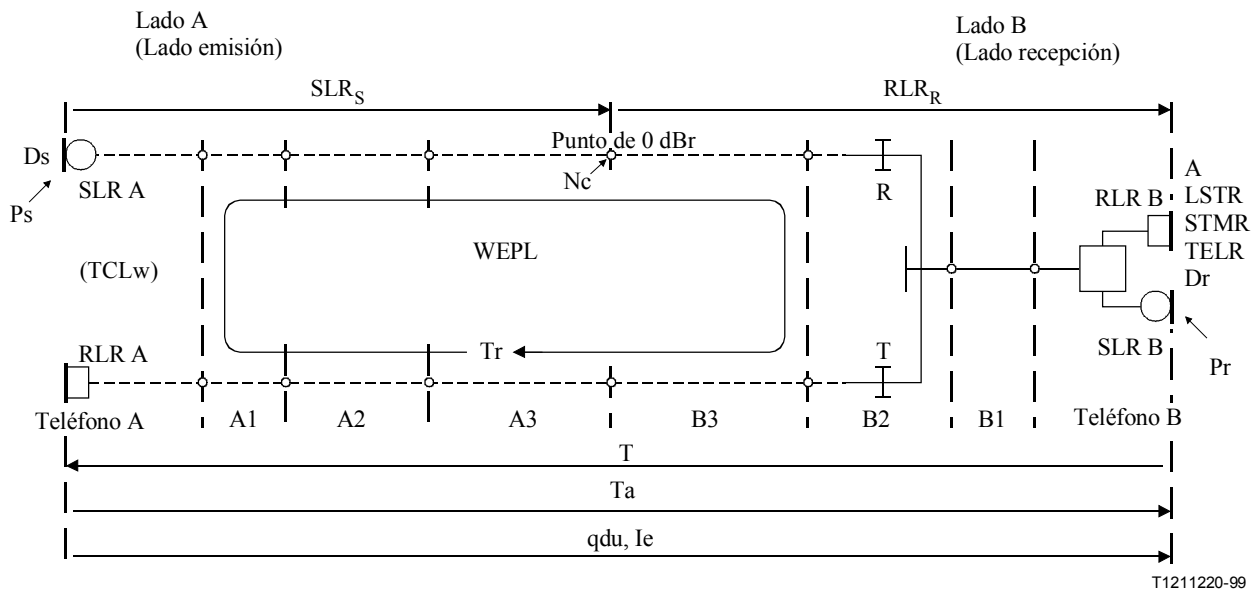
Las secciones A2 y B2, normalmente componentes (por ejemplo, unidad línea de abonado, unidad troncal) de elementos de conmutación, se muestran en detalle ya que incluyen los circuitos de conversión (híbridos) de 4 hilos a 2 hilos y los atenuadores de pérdidas ( $R$  en el sentido recepción

y T en el sentido emisión). Estos componentes, junto con el grado de adaptación (TBRL), tienen una gran influencia en la calidad de las señales vocales.

La atenuación de equilibrado del terminal (TBLR, *terminal balance return loss*), que se muestra en la figura 18, expresa este grado de adaptación de impedancias entre la red equilibradora del convertidor híbrido y la impedancia de la sección de terminación a 2 hilos. La atenuación ponderada de equilibrado del terminal [TBRL(w), *weighted terminal balance return loss*], no es un parámetro de entrada directa en el modelo E, pero se necesita en los cálculos previos del TELR.

Por último, las secciones A3 y B3 de la figura 18 representan la parte digital de la conexión entre los convertidores híbridos, incluida la conversión A/D y D/A, y el punto de la configuración que ha sido declarado punto de 0 dBr. Es posible que, la interfaz entre redes diferentes (por ejemplo, pública y privada) esté incluida también en las secciones A3 y B3. Estas secciones pueden contener varios elementos de conmutación y elementos de transmisión, entre ellos, atenuadores de pérdidas o ganancias digitales, codificadores de baja velocidad binaria, etc. que contribuyen con parámetros tales como los de atenuación, retardo y distorsiones. En los cálculos previos deberán tenerse en cuenta estos parámetros de degradación.

El bucle a 4 hilos compuesto por las secciones A2, A3 y B2, B3 puede contribuir a degradaciones del tipo eco para el oyente, caracterizadas por los parámetros atenuación ponderada del trayecto de eco (WEPL), y retardo de ida y vuelta (Tr). El Tr se puede calcular como la suma de todos los valores de retardo (en ambos sentidos), sobre todo en las secciones A3 y B3, mientras que la WEPL es la suma de todas las pérdidas y ganancias insertadas en las secciones A3 y B3, en combinación con la TBRL y las pérdidas de los atenuadores R y T asociados con los convertidores híbridos de A2 y B2.



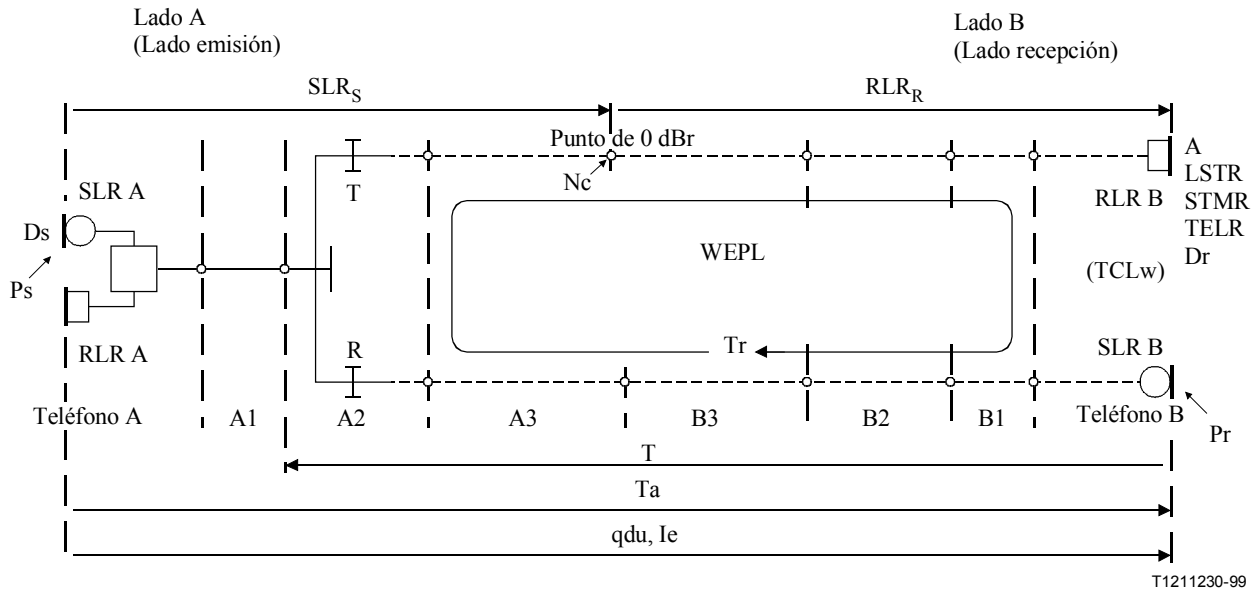
**Figura 19/G.108 – Configuración de trabajo para conexiones 4 hilos/2 hilos**

La configuración de trabajo mostrada en la figura 19 se puede utilizar para conexiones con una terminación a 4 hilos (aparato telefónico digital) en el lado emisión y una terminación a 2 hilos en el lado recepción. En esa configuración, los valores de SLR A y RLR A están referidos al teléfono digital A. Aquí es preciso tener en cuenta un parámetro adicional, a saber, la atenuación ponderada por acoplamiento de terminal (TCLw, *weighted terminal coupling loss*) (del aparato telefónico digital). La TCLw caracteriza el acoplamiento entre el receptor y el micrófono (incluidos cualesquiera trayectos de acoplamiento acústico, eléctrico y a través de la estructura) que puede ser origen de alguna reflexión de la señal (véanse también las Recomendaciones G.100 [1] y G.122 [7]).

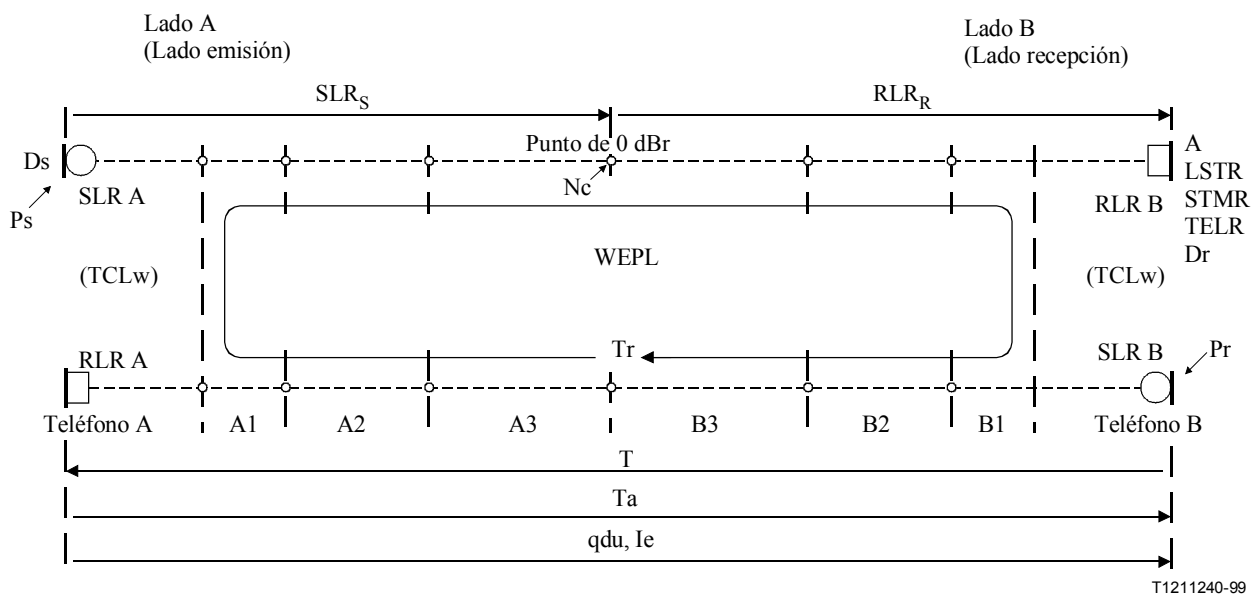


La TCLw, que no es un valor de entrada directa al modelo E, deberá incluirse en el cálculo previo del valor del TELR para definir las degradaciones debidas al eco percibido en el lado recepción. También en los cálculos previos de la WEPL deberá tenerse en cuenta la TCLw. Con respecto al eco para el hablante y el eco para el oyente, la TCLw de esta configuración sustituye a la atenuación del eco (TBRL y los atenuadores R y T asociados) del convertidor híbrido de la sección A2 de la figura 18. Se señala que el retardo medio en un sentido, T, incluye en la figura 19 la sección A1 y el teléfono, a diferencia de la configuración de la figura 18 en donde el trayecto de eco con respecto al hablante del lado recepción se termina en la sección A2.

Cualesquiera otros análisis y explicaciones efectuadas a propósito de la configuración de trabajo de la figura 18 son también válidos para esta configuración.



**Figura 20/G.108 – Configuración de trabajo para conexiones 2 hilos/4 hilos**



**Figura 21/G.108 – Configuración de trabajo para conexiones totalmente digitales**

La figura 20 ilustra la configuración de trabajo opuesta con la terminación a 4 hilos (aparato telefónico digital) en el lado recepción. La figura 21 muestra una conexión totalmente digital con terminación a 4 hilos en ambos extremos. La aplicación y los cálculos previos de los parámetros de entrada de la figura 20, especialmente por lo que se refiere al TELR, son casi idénticos a los de la configuración de la figura 18 con la salvedad de que, en el cálculo de la WEPL, la TCLw del teléfono B es parte del bucle a 4 hilos. De la misma manera, los valores de la TCLw de los teléfonos A y B de la figura 21 deberán incluirse en el cálculo previo de la WEPL. Se señala que la WEPL tendrá una escasa influencia si se utilizan aparatos telefónicos digitales conformes con una TCLw de más de 40 dB y si el retardo de ida y vuelta (Tr) tiene un valor bajo.

### 9.3 Tratamiento de los parámetros de entrada

Para obtener unos resultados correctos se han de analizar atentamente la estructura específica del algoritmo y el tratamiento de los diferentes valores de entrada del modelo E. Esto tiene una importancia especial en el caso de los valores del índice de sonoridad (LR, *loudness rating*). En el algoritmo del modelo E se prevé, como entrada, el valor total de SLR<sub>S</sub>, abarcando el lado emisión, y un valor total de RLR<sub>R</sub>, para el lado recepción, definidos ambos entre la interfaz acústica (micrófono receptor) y el punto de 0 dBr. Con respecto a las figuras 18 a 21, estos valores se calculan como sigue: para el lado emisión, la suma de SLR A del teléfono A y todos los valores de atenuación en el sentido emisión de las secciones A1, A2 y A3. Para el lado recepción, la suma de todas las atenuaciones en el sentido recepción de las secciones B3, B2 y B1 y los valores de atenuación RLR B del teléfono B. Es muy conveniente verificar, aplicando métodos de medición aceptados, tales como los de la Recomendación P.79 [29], que los valores del índice de sonoridad (LR) del aparato telefónico son coherentes con las normas aplicables.

Los valores de RLR A y SLR B no tienen ningún interés especial a efectos de la investigación del sentido de la transmisión de A a B.

Además de ser aplicables a los parámetros de entrada SLR<sub>S</sub> y RLR<sub>R</sub>, los valores del índice de sonoridad forman parte también de los parámetros TELR, STMR y LSTR. Los valores del STMR y el LSTR dependen de hecho de los SLR y RLR del aparato telefónico. A efectos prácticos de la planificación, puede utilizarse un valor fijo para ambos parámetros del efecto local, junto con el SLR y RLR, según lo indicado por el fabricante de los aparatos telefónicos; así pues, los parámetros de entrada STMR y LSTR se fijan en sus valores por defecto y sólo se modifican si, en el caso de aparatos telefónicos analógicos, es preciso considerar la probabilidad de una desadaptación de impedancias significativa.

NOTA – En el caso de aparatos telefónicos con control de volumen en el sentido emisión y/o en el sentido recepción en el modo microteléfono, deberán utilizarse a efectos de la planificación el SLR y el RLR para la fijación por defecto del control de volumen y los valores correspondientes de STMR y LSTR, indicados por el fabricante.

El algoritmo del modelo E prevé dos parámetros con los que tener en cuenta las degradaciones debidas al eco para el hablante, a saber, el retardo medio en un sentido (T), en ms a lo largo del trayecto de eco y el índice de sonoridad del eco para el hablante (TELR), del trayecto de eco. Importa mucho tener presente que el eco para el hablante está referido al lado recepción. Como se explica en 8.2, el valor del TELR se obtiene mediante un cálculo previo en aplicación de la fórmula básica:

$$\text{TELR} = \text{SLR} + \text{EL} + \text{RLR}$$

donde SLR y RLR son valores del índice de sonoridad del aparato telefónico del lado recepción, es decir, SLR B y RLR B, con respecto a las figuras 18 a 21. Aunque el RLR B forma ya parte del valor de entrada básico RLR<sub>R</sub>, las fórmulas del modelo E no prevén una inclusión automática de los valores del índice de sonoridad, es decir, RLR<sub>R</sub> y TELR han de ser precalculados separadamente utilizando el mismo valor del RLR B.

La atenuación del eco (EL), de la fórmula anterior es la suma de todas las atenuaciones a lo largo del trayecto de eco, es decir, a lo largo de las secciones B1, B2, B3, A3 y A2 de las configuraciones de trabajo de las figuras 18 y 20 y, adicionalmente, de la sección A1 de las figuras 19 y 21. Las atenuaciones a lo largo de las secciones B1, B2, B3 y A3 deberán ser identificadas e incluidas para **ambos** sentidos de la transmisión; por ejemplo, la atenuación de la sección B1 de las figuras 18 y 19 se incluye dos veces dentro del trayecto de eco. Para las sección A2 de las figuras 18 y 20, los atenuadores R y T y la TBRL(w) de los convertidores híbridos de terminación se incluyen en EL; de igual manera, la TCLw de los aparatos digitales del lado A de las figuras 19 y 21. Es absolutamente necesario utilizar el valor "ponderado" de la TBRL.

La definición del parámetro ruido de circuito ( $N_c$ , *circuit noise*) puede llevar a resultados erróneos si este valor de entrada al modelo E no se incluye correctamente. En el algoritmo del modelo E se supone que cualquier fuente de ruido se define mediante los niveles de ruido que aparecerían en el punto de referencia de 0 dBr. Normalmente, el ruido de circuito no es un factor importante en un entorno digital y, en la mayoría de las aplicaciones, se puede pasar por alto su especificación; es decir, se puede utilizar el valor por defecto de  $-70$  dBm0p. Sin embargo, en un entorno analógico, como el de las secciones A1 o B1 de la figura 18, es posible que aparezca ruido debido, por ejemplo, a la interferencia longitudinal en los cables telefónicos provocada por las líneas de energía. Si esas fuentes de ruido no pueden ser ignoradas, deberá calcularse previamente el nivel de ruido como un valor equivalente en el punto de 0 dBr.

Ejemplo: La interferencia longitudinal medida en un cable de la sección A1 de la configuración de trabajo de la figura 18 dará lugar a un nivel de ruido transversal de  $-50$  dBmp en la interfaz entre las secciones A1 y A2. Si el atenuador T del convertidor híbrido de la sección A2 tiene una atenuación de 3 dB, el nivel de ruido se reduce en consecuencia en ese mismo valor de atenuación, dando como resultado un valor de  $-50$  dBmp  $- 3$  dB =  $-53$  dBm0p en el punto de 0 dBr.

#### 9.4 Interpretación de los resultados

Como se expone detalladamente en las cláusulas 6 y 7, esta Recomendación y los principios de planificación en ella propuestos se basan en el método del factor de degradación de equipo, y en la utilización del modelo E (Recomendación G.107 [3]). El resultado de cualquier investigación de la planificación con respecto a la calidad percibida se presenta en términos del índice R del modelo E.

Según se indica en la cláusula 6, deberán tomarse las medidas necesarias para poder disponer de los resultados específicos de  $I_d$ ,  $I_s$  e  $I_e$ , además del índice R del modelo E, durante la planificación de la transmisión. Esos datos sirven para reconocer e identificar las diferentes contribuciones de cada categoría de degradación cuando se buscan soluciones tendentes a obtener una calidad mejorada.

#### 9.5 Aplicación del modelo E para configuraciones con dos trayectos de eco

Como se menciona en 8.2.2, cuando se ha de calcular una configuración con dos trayectos de eco efectivos con el modelo E se aplica un procedimiento especial. En el algoritmo del modelo E no es posible introducir dos degradaciones de eco para el hablante, que influyan simultáneamente en la calidad global, por lo que es necesario el procedimiento especial que se describe a continuación.

En términos generales, el procedimiento se deriva del mismo principio básico del modelo E, a saber, que las degradaciones son aditivas en una escala psicológica. Este principio vale también para los dos efectos del eco diferentes con valores diferentes del retardo medio en un sentido y el TELR del ejemplo de la figura 15, junto con otras degradaciones de esa configuración. No obstante, una simple adición de las dos degradaciones, provocadas únicamente por los dos efectos del eco diferentes, no sería correcta. Suponiendo que, el eco cuyo valor de degradación es superior influye más en la percepción de la calidad de un oyente y en la evaluación que hace de la misma y que se pueden producir también algunos efectos de enmascaramiento, se recomienda extraer la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados.

Aunque el resultado final de cualquier cálculo con el modelo E será el índice R (véase la cláusula 6), el valor de degradación  $I_d$  resume, a modo de resultado parcial durante los cálculos, todas las degradaciones causadas por el retardo y el eco. Para analizar las degradaciones debidas a dos trayectos de eco es necesario efectuar un cálculo previo con los valores de  $I_d$ .

Como primer paso se calculan las degradaciones  $I_{d1}$  del trayecto de eco 1 e  $I_{d2}$  del trayecto de eco 2 debidas solamente al eco para el hablante (en el supuesto de que el programa informático utilizado da valores de degradación separados). El cálculo se lleva a cabo independientemente para cada trayecto de eco, suponiendo que todos los demás parámetros se han fijado en sus valores por defecto y que sólo los valores de T y TELR del trayecto de eco considerado se especifican de manera precisa como valores de entrada al modelo E. Los dos resultados, para  $I_{d1}$  e  $I_{d2}$ , se combinan a continuación en un valor (suma) total  $I_d$  correspondiente a ambas degradaciones utilizando la ecuación siguiente:

$$I_d = \sqrt{I_{d1}^2 + I_{d2}^2}$$

Este valor de  $I_d$  representa ahora todas las degradaciones debidas a los efectos del eco para el hablante de ambos trayectos de eco.

En el segundo paso se incluyen todas las demás degradaciones presentes en la configuración considerada, fijando todos los parámetros pertinentes en sus valores reales. Es importante señalar que, en este segundo cálculo, los valores de entrada de los parámetros retardo medio en un sentido (T), y TELR deben fijarse en sus valores por defecto (T = 0 ms, TELR = 65 dB). El índice R' del modelo E resultante de este segundo cálculo se combina a continuación con el valor de la degradación de los dos trayectos de eco,  $I_d$ , como sigue:

$$R = R' - I_d$$

Para efectuar en la práctica los cálculos de esta configuración con dos trayectos de eco efectivos no es necesario tomar una decisión sobre la configuración de trabajo (véase 9.2) que se ha de utilizar en el primer paso. Puesto que todos los parámetros, salvo T y TELR, se fijan en sus valores por defecto, carece de importancia el que exista o no una configuración específica.

A continuación se utilizará la configuración de la figura 15 para ilustrar los principios anteriores.

El cuadro que sigue muestra los parámetros de entrada T y TELR de los dos trayectos de eco, ya calculados en 8.2.2, y los valores respectivos de degradación  $I_{d1}$  e  $I_{d2}$  de ambos trayectos de eco, que pueden calcularse con el algoritmo del modelo E (véase 3.4/G.107 [3]) fijando todos los parámetros de entrada, salvo T y TELR, en sus valores por defecto (véase el cuadro 6).

	<b>TELR/dB</b>	<b>T/ms</b>	<b><math>I_d</math></b>
trayecto de eco 1	28,5	14	17,3
trayecto de eco 2	41	28	8,1

Los resultados para  $I_{d1}$  e  $I_{d2}$  se combinan seguidamente en un solo valor utilizando la relación cuadrática que se indica:

$$I_d = \sqrt{I_{d1}^2 + I_{d2}^2} = \sqrt{17,3^2 + 8,1^2} = 19,1$$

El cálculo final, incluyendo todas las demás degradaciones sin efectos del eco para el hablante, exige que se seleccione una de las configuraciones de trabajo presentadas en 9.2 a fin de identificar correctamente los diferentes parámetros y utilizarlos como parámetros de entrada al modelo E. Para la configuración de este ejemplo, se selecciona como más apropiada la configuración de trabajo con conexiones 2 hilos/2 hilos que se muestra en la figura 18.

Comparando esa configuración de trabajo con la configuración real mostrada en la figura 15, el teléfono B en el lado recepción de la figura 18 representa el equipo inalámbrico completo, incluida la parte fija. La terminación del extremo lejano está representada por el teléfono A. El punto de 0 dB

puede definirse entre la red pública y la privada; es decir, en la interfaz digital entre las centrales C y D. Los valores del índice de sonoridad del sistema inalámbrico en su totalidad (teléfono B) y la terminación del extremo lejano (teléfono A) se utilizan para definir el SLR y el RLR de la conexión con respecto al lado recepción, B.

El SLR del lado emisión referido al punto de 0 dBr es igual al valor  $SLR = 7$  dB de la terminación del extremo lejano, ya que no se inserta ninguna otra ganancia o pérdida en el trayecto entre el teléfono y el punto de 0 dBr. El RLR del trayecto de recepción entre el punto de 0 dBr y el equipo inalámbrico incluye el atenuador digital de 3 dB de la central C, la atenuación de 7 dB asociada con el convertidor híbrido de la central A y el RLR de  $-8$  dB (véase la figura 16) del sistema inalámbrico completo, con el resultado de  $RLR = 2$  dB. Así pues, el RLR puede permanecer en su valor por defecto durante el cálculo. Es importante señalar que, para este cálculo en el que se evalúan las condiciones de escucha, deberá suponerse que el supresor programable (SS) está desactivado. La otra fuente de degradaciones en esta conexión es la utilización de la codificación MICDA a 32 kbit/s dentro del sistema inalámbrico, lo que debe tenerse en cuenta con el parámetro de entrada para  $I_e$  fijado en un valor de 7 de acuerdo con el cuadro 2a.

Los efectos del eco para el hablante y el retardo absoluto tendrán una influencia reducida en esta configuración; no obstante, los parámetros correspondientes  $T_r$ , WEPL y  $T_a$  se incluyen en el cálculo que sigue en virtud del propósito docente de la exposición que se hace y para que ésta sea exhaustiva.

Cuando se examina la configuración de la figura 15 con respecto a una posible fuente de degradaciones debidas al eco para el oyente, se ve que hay un bucle a 4 hilos en la red pública/privada formado por los convertidores híbridos de las centrales A y E. En teoría, se forma un segundo bucle a 4 hilos dentro del equipo inalámbrico, entre el convertidor híbrido de la parte fija y la TCLw de la parte portátil.

De todos modos, como se explica en 7.10, la influencia del eco para el oyente carece, por lo general de importancia, siempre que haya un control suficiente de dicho eco. Con los cálculos efectuados para la configuración y los valores de la figura 15 se obtienen unos valores de retardo de ida y vuelta ( $T_r$ ) de 28 ms y de atenuación ponderada del trayecto de eco WEPL de 54 dB.

Según se indica en 7.3, el retardo absoluto en un sentido ( $T_a$ ), sólo provoca degradaciones importantes cuando excede de 150 ms, es decir, el valor del retardo absoluto ( $T_a$ ) = 28 ms, de la configuración de la figura 15, no tendrá ninguna influencia en el resultado.

A continuación se puede efectuar el cálculo del segundo paso con los valores de entrada obtenidas para  $SLR = 7$  dB,  $I_e = 7$ ,  $T_r = 28$  ms, WEPL = 54 dB y  $T_a = 28$  ms, mientras todos los demás parámetros, sobre todo T y TELR (la influencia de los dos pares de T y TELR en los dos trayectos de eco se ha tenido en cuenta en el primer cálculo previo) permanecen en sus valores por defecto. Así se obtiene un índice del modelo E  $R' = 87,4$ . El resultado final del cálculo, el índice R del modelo E, se obtiene combinando continuación a los resultados calculados previamente  $R'$  e  $I_d$ :

$$R = R' - I_d = 87,4 - 19,1 = 68,3$$

Lo cual queda dentro de la categoría "baja" de la calidad de transmisión de señales vocales, según el cuadro 1. Este resultado de baja calidad de transmisión de señales vocales parece sorprendente, teniendo en cuenta que las configuraciones como la de la figura 15 son las que se utilizan normalmente (la configuración es casi idéntica a un teléfono sin hilos conectado directamente a una red pública) sin que se produzcan quejas por parte de los usuarios. El factor que más contribuye al índice R del modelo E es el trayecto de eco 1 con  $I_{d1} = 17,3$ , es decir, el trayecto de eco vía el convertidor híbrido del teléfono sin hilos. Se puede suponer que, para la supresión de este eco, se incorpora por lo general un compensador de eco. El valor mínimo de mejora de la atenuación del eco es, por ejemplo, de 6,5 dB. En la práctica, sin embargo, cabe esperar valores más altos que, a efectos de los cálculos de la planificación, deberá facilitar el suministrador del aparato telefónico sin hilos. De todos modos, este ejemplo confirma la recomendación de que, cuando sea posible, se conecten

los teléfonos sin hilos al equipo de conmutación vía una interfaz digital ya que entonces sólo es efectivo el trayecto de eco 2, con el resultado de un índice del modelo E  $R = 79,3$ , que se halla en el extremo superior de la categoría "media" de la calidad de transmisión de las señales vocales, casi en la categoría "alta".

## **9.6 Utilización de programas informáticos**

El modelo E, que es el principal instrumento cuya utilización se recomienda en esta Recomendación a efectos de planificación, consta de varias fórmulas más o menos complejas (véase la Recomendación G.107 [3]). Por ello, el planificador recurre normalmente a los programas informáticos para efectuar los cálculos necesarios. Con independencia de si dichos programas son desarrollados por el planificador, o si se utilizan programas procedentes de otras fuentes, se recomienda encarecidamente que el usuario adquiera un conocimiento pleno sobre la utilización de esos programas y los límites de su aplicación.

Los programas informáticos pueden ayudar al planificador con diversas prestaciones, por ejemplo, las relativas al tratamiento de los parámetros de entrada, los cálculos previos necesarios, el almacenamiento de configuraciones utilizadas a menudo, etc. Como se indica en 9.3, el tratamiento correcto de los valores del índice de sonoridad y los cálculos previos que es preciso efectuar tienen una gran importancia y pueden verse facilitados mediante estos programas. Se recomienda no obstante, establecer un control adicional de todos los parámetros de entrada tras efectuar una serie de cálculos previos.

Los programas pueden proporcionar también una estructura para la introducción de los valores de los parámetros mostrados en las configuraciones de trabajo de las figuras 18 a 21. En este caso no es necesario efectuar cálculos previos para secciones específicas fuera del programa.

NOTA – Si, para mayor sencillez, no se tienen en cuenta determinados parámetros durante la planificación de la transmisión, la utilización de programas informáticos puede llevar a resultados ligeramente diferentes, dependiendo del concepto de tales programas. Si, por ejemplo, no se tiene en cuenta el parámetro WEPL, porque es irrelevante, un programa informático con entrada numérica efectuará los cálculos con WEPL y Tr en sus valores por defecto, mientras que un programa informático con entrada gráfica (basado, por ejemplo, en las configuraciones de trabajo de las figuras 18 a 21) efectuará los cálculos con los valores reales (ligeramente distintos de los valores por defecto) de WEPL y Tr. Este hecho es importante a efectos de la interpretación correcta de los resultados de los cálculos obtenidos con programas diferentes.

Aunque el principio de planificación que se recomienda en esta Recomendación se basa en el índice R del modelo E como resultado de los cálculos, dicho modelo incluye también la capacidad de calcular los valores correspondientes de MOS, %PoW y %GoB (véase la cláusula 6). Los programas informáticos pueden, por tanto, dar los resultados de un cálculo con esas presentaciones diferentes. El análisis de los resultados en términos de MOS, %PoW y %GoB requiere un cierto conocimiento y experiencia en materia de pruebas subjetivas subyacentes. Por ello, la decisión final respecto a una configuración investigada tendrá que basarse en los resultados con los cálculos en términos del índice R del modelo E y en las directrices correspondientes de la cláusula 6.

Cuando se planifiquen redes telefónicas con respecto a la calidad esperada de las señales vocales, según la percibe el usuario, deberán utilizarse las conexiones identificadas como las más críticas a modo de configuraciones de referencia y deberán investigarse con el modelo E. Esas configuraciones estarán caracterizadas por lo general por un conjunto específico de parámetros de entrada, que genere un valor único del índice R del modelo E para evaluar la calidad de la conexión. La mayoría de los programas informáticos, no obstante, dispondrán también de una prestación que permita variar uno o más parámetros de entrada dentro de una gama determinada durante la ejecución del programa y visualizar los resultados en forma de gráficos o cuadros. Esas prestaciones pueden servir para obtener una visión general de la influencia de los diferentes parámetros de la transmisión en la calidad de las señales vocales y quizás permitan al planificador optimizar determinados parámetros, tales como la atenuación, si bien a efectos prácticos de la planificación dichas prestaciones no son de todo punto necesarias.

En términos generales, los programas informáticos para los cálculos del modelo E deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- posibilidad de controlar todos los valores de los parámetros reales;
- rechazo de la introducción de parámetros que estén fuera de la gama permitida (o al menos indicación en ese sentido);
- si un programa proporciona además el parámetro de entrada índice de sonoridad global (OLR), como suma de  $SLR_S$  y  $RLR_R$ , y la posibilidad de variar ese OLR, la variación de  $SLR_S$  y  $RLR_R$  deberá efectuarse de manera idéntica, es decir, aumentando o disminuyendo ambos en el mismo valor, la mitad de lo que se aumente o disminuya el OLR cada uno de ellos;
- el resultado deberá contener además los valores específicos del factor de degradación de retardo ( $I_d$ ), el factor de degradación simultánea ( $I_s$ ), y el factor de degradación de equipo ( $I_e$ ). Se señala que, para el cálculo con dos trayectos de eco simultáneos, descrito en 9.5, esto es algo absolutamente indispensable.

Deberá verificarse la corrección de los cálculos de acuerdo con el algoritmo del modelo E; por ejemplo, utilizando todos los valores por defecto a los que se refiere la subcláusula que sigue. También se puede efectuar una comprobación adicional, utilizando los valores en los que se hayan fijado los parámetros y los resultados correspondientes tal como se indica en los ejemplos de planificación del anexo B.

### 9.7 Valores por defecto y gamas de parámetros

El modelo E se basa en varios parámetros de transmisión. No todos ellos se varían durante su aplicación a los cálculos de la planificación, por lo que cada uno de ellos influye en el resultado final. Es de todo punto necesario, por tanto, mantener esos parámetros, a los que no se hace referencia ni se definen de manera específica en una configuración determinada, en sus valores por defecto. Se recomienda encarecidamente que, cuando se utilicen programas informáticos, se verifiquen los valores asignados a los parámetros antes de comenzar una nueva serie de cálculos.

La definición de los valores por defecto para el modelo E se basa en un compromiso entre fijaciones de valores que equivalen a los de calidad óptima y valores reales de algunos parámetros. Dependiendo de la región objeto de interés, los valores de  $SLR_S$  y  $RLR_R$  pueden desviarse en 1 dB con respecto al valor óptimo para cumplir los requisitos de las normas regionales sobre terminales digitales. Esas normas sirven también de fundamento de los valores por defecto de los parámetros STMR, LSTR y D. El número de qdu se fija en 1 en vez de 0 ya que, en una conexión totalmente digital, interviene como mínimo un proceso de codificación/decodificación MIC incluso si se utiliza la codificación a baja velocidad binaria, que sólo se incluirá en los cálculos como un valor  $I_e$ .

Según se indica en 9.1, el algoritmo del modelo E se basa en los resultados de pruebas subjetivas, en las que cada uno de los diferentes parámetros sólo varía dentro de una gama específica y realista. Habrá que evitar la fijación de un parámetro fuera de esa gama, porque el resultado de los cálculos ya no sería validado. El cuadro 6 da todos los valores por defecto y la gama recomendada para cada uno de los parámetros. Los parámetros deben considerarse relacionados con las configuraciones de referencia básica o de trabajo que se muestran en las figuras 17 a 21.

Si todos los parámetros del modelo E se fijan en los valores por defecto indicados en el cuadro 6, se obtiene como resultado un índice del modelo E  $R = 94,1$  (véanse las notas).

NOTA 1 – Para los cálculos de la presente Recomendación se ha tomado el algoritmo del modelo E de la Recomendación G.107 [3] vigente en el momento de la publicación. Si una revisión posterior de dicha Recomendación contuviera una versión perfeccionada del algoritmo, es posible que variase ligeramente el valor de  $R = 94,1$  correspondiente al caso en que todos los parámetros de entrada están en sus valores por

defecto. No obstante, esta Recomendación seguirá conteniendo directrices válidas de tipo didáctico. Para el trabajo efectivo relacionado con la planificación de la transmisión habrá que referirse, en cualquier caso, a la versión más reciente de la Recomendación G.107 [3].

NOTA 2 – Deberá utilizarse el valor matemático exacto del índice del modelo E  $R = 94,154$ , cuando todos los valores de entrada sean valores por defecto, para establecer con claridad si es necesario o no cualquier programa informático que se utilice. A efectos de la planificación de la transmisión, no obstante, habrá que tener en cuenta que el modelo E se basa en datos de pruebas subjetivas que, por su propia naturaleza, tienen un grado de precisión limitado; por ello, dependiendo del tipo de tarea de planificación de la transmisión que se realice en la práctica, el índice R del modelo E deberá expresarse con no más de una cifra decimal, o incluso como un entero.

**Cuadro 6/G.108 – Valores por defecto y gamas recomendadas para los parámetros**

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Valor por defecto	Gama recomendada	Nota
Índice de sonoridad en emisión	SLR <sub>S</sub>	dB	+8	0 a +18	1
Índice de sonoridad en recepción	RLR <sub>R</sub>	dB	+2	-5 a +14	1
Índice de enmascaramiento del efecto local	STMR	dB	15	10 a 20	2
Índice de enmascaramiento del efecto local para el oyente	LSTR	dB	18	13 a 23	2
Valor D del teléfono, lado emisión	D <sub>s</sub>	–	3	-3 a +3	
Valor D del teléfono, lado recepción	D <sub>r</sub>	–	3	-3 a +3	2
Índice de sonoridad del eco para el hablante	TEL <sub>R</sub>	dB	65	5 a 65	
Atenuación ponderada del trayecto de eco	WEPL	dB	110	5 a 110	
Retardo medio en un sentido del trayecto de eco	T	ms	0	0 a 500	
Retardo de ida y vuelta en un bucle a 4 hilos	Tr	ms	0	0 a 1000	
Retardo absoluto en conexiones carentes de eco	Ta	ms	0	0 a 500	
Número de unidades de distorsión de cuantificación	qdu	–	1	1 a 14	
Factor de degradación de equipo	I <sub>e</sub>	–	0	0 a 40	
Ruido de circuito referido al punto de 0 dBr	N <sub>c</sub>	dBm0p	-70	-80 a -40	
Umbral mínimo de ruido en el lado recepción	N <sub>for</sub>	dBmp	-64	–	3
Ruido ambiente en el lado emisión	P <sub>s</sub>	dB(A)	35	35 a 85	
Ruido ambiente en el lado recepción	P <sub>r</sub>	dB(A)	35	35 a 85	
Factor de ventaja	A	–	0	0 a 20	
NOTA 1 – Valores totales entre el micrófono o el receptor y el punto de 0 dBr.					
NOTA 2 – Relación fija: LSTR = STMR + D.					
NOTA 3 – Este valor no debe ser modificado.					



## 10 Reglas para la inserción de compensadores de eco

### 10.1 Introducción

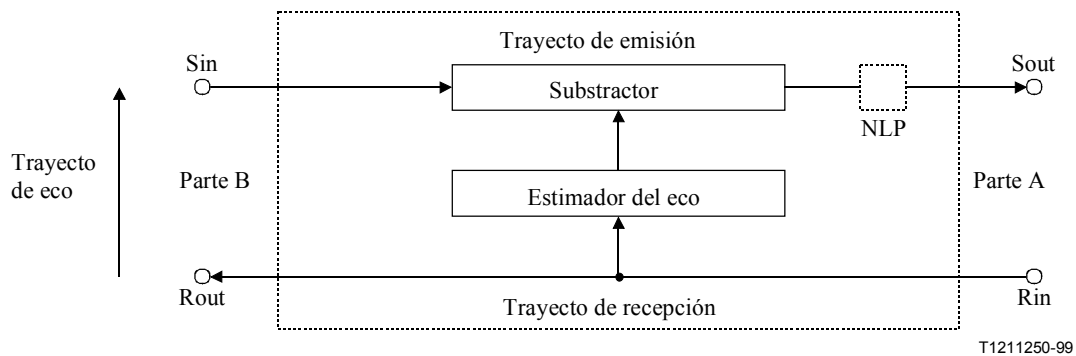
La creciente digitalización de las redes públicas y privadas ha hecho que en las conexiones se produzcan retardos medios en un sentido con valores notablemente más altos (debido, por ejemplo, al procesamiento de la señal y a la codificación a baja velocidad binaria), mientras que casi toda la atenuación adicional ha desaparecido. La teoría según la cual el valor del retardo está relacionado principalmente con la distancia ya no es válida. Esta situación aumenta la probabilidad de que se produzcan degradaciones debidas a los efectos del eco si no se toman medidas, junto con una planificación minuciosa de la transmisión, para suprimir esos efectos. En las Recomendaciones G.131 [9] y G.126 [8] se dan más detalles sobre las causas y los efectos del eco y su control.

El control del eco para el hablante causado por los convertidores híbridos puede llevarse a cabo de tres maneras diferentes:

- En primer lugar, tratando de reducir o eliminar la señal reflejada en los convertidores híbridos. Las posibilidades de este método son limitadas debido a las complejidades de la adaptación de impedancias entre la red equilibradora híbrida y el acceso a 2 hilos.
- En segundo lugar, reduciendo el nivel de la señal reflejada en el extremo del hablante mediante la inserción deliberada de atenuación en la conexión. Se trata de una solución práctica para muchas conexiones; sin embargo, puesto que la cantidad de atenuación requerida es proporcional al retardo de extremo a extremo, es posible que se produzca una reducción de volumen excesiva en conexiones de alto retardo. Además, la inserción de atenuación en una conexión digital añade degradaciones por distorsión de cuantificación.
- Por último, cabe utilizar dispositivos de control del eco, que es la solución que se analiza en la presente cláusula.

En las conexiones en que no se puede controlar el eco mitigando la reflexión en los convertidores híbridos o insertando atenuación, será necesario instalar compensadores de eco. En la figura 22 se muestra el principio básico de un compensador de eco (EC). La señal recibida de la parte A es modificada por el estimador del eco que sintetiza una réplica del trayecto de eco y sustrae esta señal del trayecto de emisión. El trayecto de eco varía para cada conexión, sobre todo en cuanto a atenuación, retardo y fase, por lo que el proceso de convergencia con el nuevo trayecto de eco debería durar muy poco, por ejemplo, mucho menos de un segundo. En condiciones de interrupción y habla simultánea, el estimador del eco trata de adaptarse a esta "señal de eco nueva" y puede provocar la degradación de la calidad de las señales vocales y reducir la compensación. Se utilizan, no obstante, varios algoritmos no normalizados para evitar esos efectos.

A la salida del trayecto de emisión, los EC pueden estar equipados con una unidad adicional llamada procesador no lineal (NLP, *non-linear processor*) o recortador central. El cometido de este dispositivo es efectuar un recorte de los niveles de eco residual para que queden por debajo de un umbral definido.



**Figura 22/G.108 – Compensador de eco**

Una atenuación de trayecto mínima de 6 dB es un requisito común para todos los EC diseñados de acuerdo con la Recomendación G.165 [11] a fin de conseguir un funcionamiento adecuado. Si los EC están diseñados de acuerdo con la Recomendación G.168 [12], esta restricción ya no es necesaria.

Anteriormente, en la mayoría de las redes analógicas, se utilizaban compensadores o supresores de eco conformes a la Recomendación G.164 [10], sobre todo en conexiones largas transnacionales o internacionales, y los operadores de redes públicas se encargaban de su correcta aplicación. En las redes modernas, el retardo adicional quizás requiera la inserción de compensadores de eco también en conexiones nacionales más cortas y dentro de las redes privadas. Ya no se recomienda la aplicación de supresores de eco.

La ubicación de los compensadores de eco, si es que hacen falta, en una red privada depende de diversos factores. Dichos compensadores se pueden utilizar junto con la interfaz digital de un equipo de conmutación o elemento de transmisión específico, o bien se pueden agrupar para que su inserción sea flexible, dependiendo del tipo de conexión. Tipos específicos de terminales cuyo retardo no puede considerarse insignificante, por ejemplo, terminales telefónicos inalámbricos, se equipan con dispositivos de control de eco integrados. Otro tanto puede ocurrir en sistemas que utilicen codificación a baja velocidad binaria.

Las subcláusulas que siguen contienen directrices, cuyo destinatario es el planificador de redes privadas, sobre los aspectos que hay que tener en cuenta para que la utilización de los compensadores de eco se haga de manera correcta. Se señala que esas reglas se refieren a los compensadores de eco adicionales, cuando los resultados de los cálculos de la planificación indican la necesidad de utilizarlos. Los compensadores de eco integrados en equipos específicos no dependen, en la mayoría de los casos, de una decisión tomada en el proceso de planificación, aunque sus características técnicas deberán tenerse en cuenta cuando haya que decidir si se necesitan o no dispositivos adicionales.

## 10.2 Características de los compensadores de eco

En A.1.10 se describen los diferentes parámetros que caracterizan la calidad de funcionamiento de un compensador de eco. Dichos parámetros serán la base de la investigación respecto a si el dispositivo es o no el adecuado para el fin que se pretende. Los parámetros principales en este contexto son el máximo retardo de trayecto de eco que se ha de compensar y el nivel de eco residual. Se deberá dar preferencia a los compensadores de eco que sean conformes a las normas aceptadas, por ejemplo, las Recomendaciones G.168 [12] y G.165 [11].

## 10.3 Límites para la aplicación de los compensadores de eco

La decisión más importante, durante el proceso de planificación, es la relativa a si se debe insertar o no un compensador de eco. Los compensadores de eco pueden, en algunas situaciones, provocar

degradaciones adicionales si se insertan de manera errónea o si se aplican innecesariamente cuando ya existe un control del eco suficiente en otras redes o elementos de red. Deberá evitarse la utilización de compensadores de eco sólo "por motivos de seguridad".

Puesto que la importancia de las degradaciones debidas al eco depende de dos factores distintos: el valor del retardo y el volumen del eco percibido, que variarán ampliamente y que son independientes entre sí, no se puede formular una regla absoluta general, tal como un valor límite para el retardo medio en un sentido por encima del cual se necesitarían los compensadores de eco. En Europa no se requiere el empleo de compensadores de eco cuando el retardo medio en un sentido en una red privada es inferior a 5 ms en las llamadas nacionales vía redes públicas con encaminamiento totalmente digital y una terminación de extremo lejano que conste de una sola configuración (véase 7.9.1). Además, si se rebasara el límite de 5 ms, no deberá interpretarse esa situación en el sentido de que habría que utilizar compensadores de eco de manera automática. La decisión deberá basarse únicamente en el resultado de la planificación con el modelo E. Como se explica en la cláusula 6, el valor de degradación ( $I_d$ ) en tanto que resultado parcial al efectuar los cálculos, resume todas las degradaciones provocadas por el retardo y el eco y deberá disponerse de él de manera independiente durante la planificación de la transmisión.

Las directrices que se siguen en América del Norte a propósito de los compensadores de eco se basan en [44] el cual no indica valores específicos del retardo de extremo a extremo a partir de los cuales deberían instalarse compensadores. Existe, sin embargo, una norma ampliamente aceptada respecto a los retardos crecientes provocados por la introducción de la tecnología digital. Según dicha directriz, cualquier sistema, red o componente nuevo que, por sí mismo, añada más de 2,5 ms de retardo medio en un sentido deberá aportar compensación de eco. La explicación de tal directriz es que, cuando una tecnología digital nueva empieza a estar presente en una conexión de extremo a extremo de la RTPC, dicha conexión no contiene por lo general ningún compensador de eco o, si lo contiene, se desconoce su capacidad.

Si, en una configuración dada, además del eco, son importantes otras degradaciones el análisis del índice R del modelo E y los resultados parciales para los factores de degradación  $I_s$ ,  $I_d$  e  $I_e$  deberá tener un carácter prioritario. Con valores del índice del modelo E  $R \geq 80$  cabe esperar una calidad suficientemente buena, es decir, en ese caso no sería necesario emplear compensadores de eco. Para valores más bajos del índice R del modelo E, como resultado parcial de los cálculos de dicho modelo, deberá tenerse en cuenta el factor de degradación  $I_d$ . Si este factor es  $\geq 20$ , habrá que seguir estudiando la posibilidad de instalar compensadores de eco, ya que probablemente se derive de ellos una mejora de la calidad. Como regla general, la inserción de compensadores de eco deberá ser objeto de análisis durante la planificación de la transmisión si al efectuar los cálculos se obtienen valores del índice del modelo E  $R \leq 80$  y el eco para el hablante es la principal degradación.

#### **10.4 Determinación del emplazamiento**

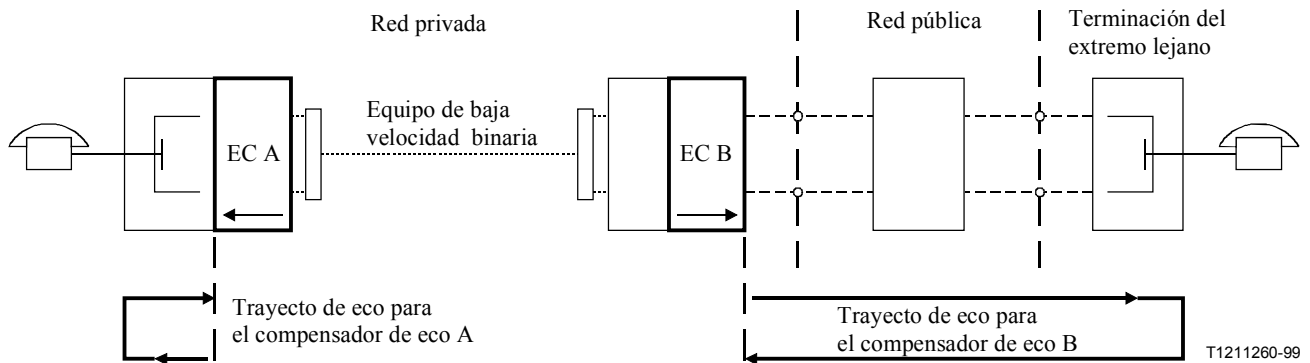
Si de los cálculos de la planificación se deduce la conveniencia de utilizar un compensador de eco, el paso siguiente consiste en investigar el emplazamiento apropiado del compensador de eco así como el análisis de sus propiedades. Dada la naturaleza de los efectos del eco, esa investigación deberá llevarse a cabo teniendo en cuenta no sólo la red privada sino también el hablante del extremo lejano; es decir, también deberá ser objeto de planificación el control de los efectos del eco en el extremo lejano atribuyendo una atenuación de eco suficiente o bien mediante la compensación del eco.

En una configuración como la que se muestra en la figura 23, el retardo adicional que conlleva el control del eco de esa conexión es introducido por la red privada. Por ello, la red privada debe encargarse de proporcionar los compensadores de eco necesarios. Además, sólo el planificador de esa red dispone de información sobre los encaminamientos y los tipos de equipos terminales, que son los principales factores a los que hay que atribuir la importancia que pueda tener el retardo. Por consiguiente, cuando surja un retardo adicional en configuraciones específicas dentro de la red

privada, la decisión sobre los compensadores de eco, y la correcta inserción de los mismos, deberá tomarse en el dominio de la red privada.

Cuando los retardos sean inferiores a 5 ms dentro de la red privada, la aplicación de los requisitos indicados en 7.9 llevará consigo el necesario control del eco en la terminación del extremo lejano.

Sin embargo, cuando los valores del retardo sean más altos, quizás haga falta utilizar un compensador de eco A en beneficio del hablante del extremo lejano y un compensador de eco B en beneficio del hablante de la red privada para controlar el eco de manera satisfactoria. Tal puede ser el caso si, por ejemplo, se utilizan equipos de baja velocidad binaria dentro de la red considerada, como se muestra en la figura 23.

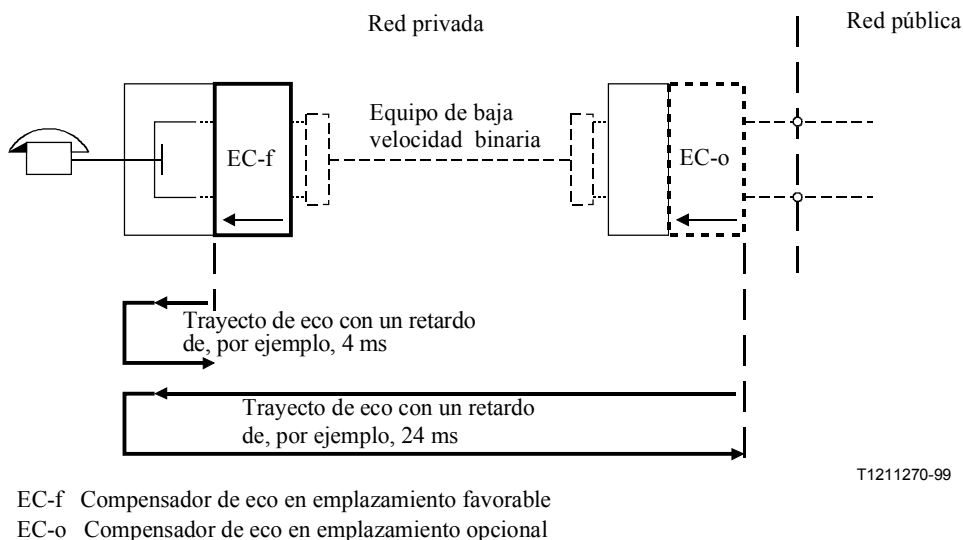


EC A Compensador de eco para el hablante en la terminación del extremo lejano

EC B Compensador de eco para el hablante dentro de la red privada

**Figura 23/G.108 – Aplicación de un par de compensadores de eco dentro de la red privada**

En la selección de los compensadores de eco adecuados, una de las características más importantes que es preciso analizar es el retardo de trayecto de eco máximo que el compensador puede compensar (a lo que a veces se denomina "retardo de extremo de cola"). Este valor deberá ser de 6 a 8 ms superior al retardo total efectivo (dos veces el retardo medio en un sentido) del trayecto de eco. Como se muestra en la figura 23, el trayecto de eco para el EC A (la flecha indica el sentido del trayecto de eco) está formado sólo por el convertidor híbrido de la PBX, es decir, sólo hay que compensar un breve retardo, mientras que para el EC B, el trayecto de eco incluye el encaminamiento total a través de la red pública con valores correspondientemente más altos del retardo que ha de compensar el mencionado compensador. Es importante señalar que, al seleccionar los requisitos de compensación de un EC, sólo deberán tenerse en cuenta los valores de retardo de los trayectos de eco correspondientes. La porción del retardo de la sección comprendida entre dos EC no es relevante a efectos de control del eco y sólo adquiere importancia cuando los valores son muy altos como parte del retardo total en un sentido ( $T_a$ ), que puede provocar degradaciones debidas a un retardo absoluto excesivo.

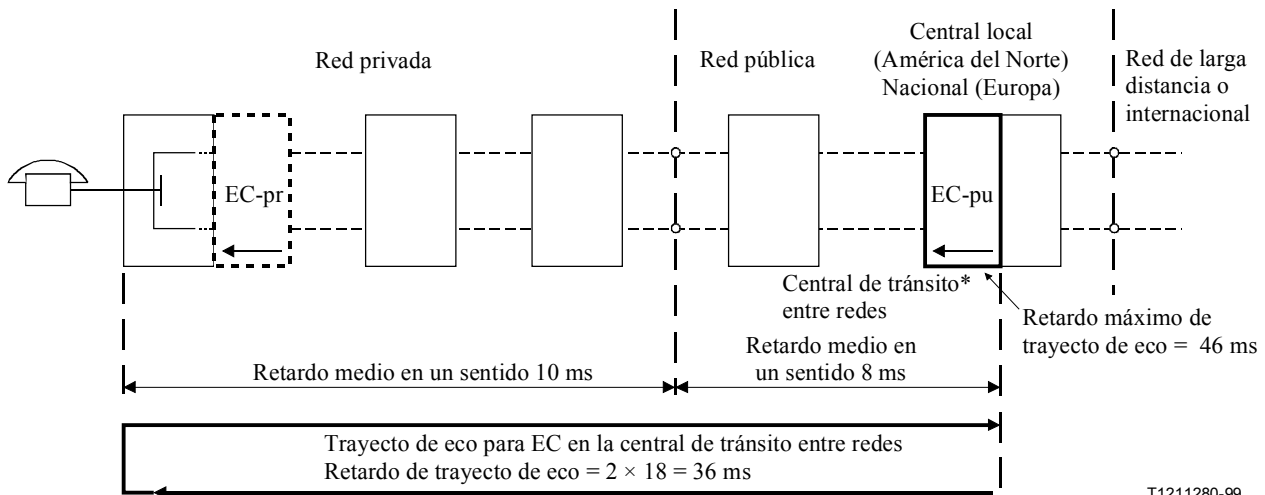


**Figura 24/G.108 – Opciones para el emplazamiento de un compensador de eco**

Como regla general, el compensador de eco debe insertarse tan cerca como sea posible de la fuente de eco. Por ello, el emplazamiento del EC A que se muestra en la figura 23, asociado con el convertidor híbrido, puede considerarse el más favorable. No obstante, también se pueden tener en consideración otros emplazamientos, como los que se ilustran en la figura 24 en donde el EC (para el control del eco en beneficio del extremo lejano) se ha insertado en la PBX que da acceso a la red pública.

Esta solución tiene la ventaja de que el número de dispositivos EC necesarios se reduce debido a su emplazamiento más centralizado. Además, la inserción automática de los compensadores de eco sólo en las conexiones encaminadas hacia/desde la red pública vía un equipo de baja velocidad binaria posiblemente sea más fácil de manejar cuando el control del eco esté situado en una posición EC-o como se muestra en la figura 24. Por otro lado, respecto a la posición del EC-f en la figura 24, se pueden utilizar compensadores de eco con requisitos menos estrictos ya que el retardo del trayecto de eco es más bajo. La posición del EC-o, por otra parte, no cumple el requisito de un trayecto de eco lineal que se describe en A.1.10 ya que el equipo de baja velocidad binaria (no lineal) forma parte del trayecto de eco.

A efectos de la planificación de las conexiones de larga distancia (por ejemplo, por medio de una empresa de explotación entre centrales en América del Norte) o internacionales, se puede suponer, en general, la existencia de compensadores de eco dentro de la red pública. Con tales configuraciones deberá investigarse si se necesita realmente emplear un compensador de eco adicional dentro de la red privada. En el caso de una conexión como la que se muestra en el ejemplo de la figura 25, el trayecto de eco comprende el encaminamiento a través de la red pública (local o nacional) y la red privada con su convertidor híbrido de terminación. Se supone que el retardo medio en un sentido de la red pública es de 8 ms y que el de la red privada es de 10 ms. Se considera que el compensador de eco EC-pu, insertado en la central de tránsito de entre redes de la red pública, puede compensar un retardo de trayecto de eco de 46 ms. El retardo efectivo del trayecto de eco de la configuración que se muestra es, según los cálculos,  $2 \times (10 + 8) = 36$  ms, lo que está muy por debajo del retardo máximo permitido del trayecto de eco del compensador de eco EC-pu. En esta situación, no es necesario un compensador Ec-pr adicional dentro de la red privada.



EC-pu Compensador de eco en red pública  
 EC-pr Compensador de eco en red privada  
 \* Central de tránsito: local-larga distancia (América del Norte)  
 nacional-internacional (Europa)

T1211280-99

**Figura 25/G.108 – Utilización de compensadores de eco en una conexión entre redes o internacional**

El valor de 10 ms de la figura 25 del retardo medio en un sentido dentro de la red privada es un valor bajo, sobre todo en las redes de mayor tamaño. Cuando sean previsible valores de retardo de red privada más altos, deberá considerarse la posibilidad de utilizar el compensador de eco EC-pr, quizás incluso en algunas conexiones nacionales o conexiones de empresas de explotación locales más largas. Este ejemplo ilustra la conveniencia de informarse bien sobre las particularidades de la red pública, el retardo medio esperado en el encaminamiento de larga distancia e internacional y las características de los compensadores de eco proporcionados por la red.

### 10.5 Tratamiento de los compensadores de eco en el modelo E

La aplicación apropiada de compensadores de eco, conformes por ejemplo, a las Recomendaciones G.168 [12] o G.165 [11], equivale a una mejora de la atenuación del eco. Para un tipo específico de compensador de eco, que puede ser insertado en la red objeto de la planificación, la inclusión del compensador en los cálculos del modelo E se puede hacer según uno de los dos métodos siguientes:

- Si se dispone de información detallada sobre los datos técnicos del compensador de eco, se utilizarán esos valores y especialmente el de mejora de la atenuación del eco para calcular los valores efectivos del TELR y el WEPL.
- Si no se dispone de información detallada sobre los datos técnicos del compensador de eco (aparte de su conformidad con las Recomendaciones G.165 [11] o G.168 [12]), se efectuará un análisis de la calidad esperada fijando los parámetros de entrada de TELR, WEPL, T y Tr en sus valores por defecto. Se supone, por consiguiente, que la conexión es "carente de eco".

Si bien el primer método es el preferido en el trabajo pormenorizados de la planificación de la transmisión por la red real objeto de estudio (es decir, la planificación de una red para un cliente concreto), el segundo método puede facilitar más la ejecución de tareas de carácter general.

## **11 Realización de la planificación**

### **11.1 Consideraciones generales**

La planificación de una red privada en relación con la calidad de transmisión de señales vocales se refiere, por lo general, a la investigación de las conexiones que se han identificado como conexiones críticas. En la mayoría de los casos, la conexión crítica es sólo una conexión determinada que es representativa de todos los equipos terminales comparables, por ejemplo, todos los aparatos telefónicos conectados a la misma central en el mismo lugar.

La planificación es necesaria cuando se establece una red privada totalmente nueva, pero también se puede llevar a cabo cuando se modifiquen o reformen tramos o componentes principales de una red existente. En este segundo caso, tramos existentes pueden ser también objeto de planificación para determinar la calidad previsible entre terminales nuevos y existentes y otros elementos, así como el efecto que tiene en la calidad de las redes existentes la introducción de cambios en el acceso y el encaminamiento a la red pública. Por lo general, la planificación de la transmisión deberá efectuarse siguiendo las etapas que a continuación se indican:

- Determinación de las prestaciones y los requisitos específicos de la red.
- Definición de las configuraciones de referencia que se han de investigar.
- Determinación y recogida de todos los parámetros de transmisión pertinentes de:
  - elementos dentro de la red privada;
  - elementos dentro de la(s) red(es) pública(s);
  - líneas arrendadas y troncales de enlace.
- Cálculo de extremo a extremo de la calidad esperada con el modelo E.
- Análisis de los resultados.

Esas etapas se han de considerar tan solo como una recomendación. Dependiendo del proyecto de planificación real, se pueden modificar o reformar. Además, la secuencia propuesta tiene un carácter puramente orientativo. En las subcláusulas que siguen se hace una descripción más detallada de cada una de esas etapas.

### **11.2 Determinación de los requisitos específicos**

Dependiendo de cuál sea la actividad empresarial del usuario, con respecto a sus demandas específicas de telecomunicación, por ejemplo, los diferentes sitios que se han de interconectar, los tipos principales de conexión, etc., se determinan previamente, por lo general, las características de una red privada que se indican a continuación, que sólo se pueden variar ligeramente en beneficio de la calidad de transmisión de señales vocales:

- Estructura y jerarquía de la red.
- Encaminamiento dentro de la red y hacia y desde la(s) red(es) pública(s).
- Tipos principales de conexión por la red pública (internacional, larga distancia nacional, local).
- Tipos principales de terminación del extremo lejano.

También deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos de la red, no directamente relacionados con las demandas del usuario, pero importantes de todos modos a efectos de la planificación de la transmisión:

- Tipo y punto de acceso a la red pública.
- Utilización de redes privadas virtuales (RPV).
- Tipo, encaminamiento y características de los troncales de enlace nacionales e internacionales y de las líneas arrendadas.

Los algoritmos del encaminamiento, así como las restricciones impuestas al mismo dentro de la red privada para llamadas internas y conexiones a través de la red pública, influyen mucho en la planificación de la transmisión. Es preciso tener un conocimiento detallado del encaminamiento para establecer cuáles son las conexiones críticas. Aquí se deberían incluir no sólo el encaminamiento típico sino también los procedimientos de encaminamiento utilizados en las distintas prestaciones de la red (por ejemplo, la transferencia de llamadas) o bien de encaminamiento alternativo si los elementos de transmisión están ocupados o en situación de fallo. Si se utilizan elementos de transmisión diferentes para el encaminamiento de llamadas internas y de llamadas hacia y desde las redes públicas, se pueden emplear equipos más económicos en los trayectos de encaminamiento de las conexiones internas.

En determinados escenarios de redes privadas, deberá determinarse la naturaleza de las conexiones encaminadas hacia redes públicas. Según se ha indicado ya varias veces en esta Recomendación, la planificación de la transmisión se basa en una consideración de extremo a extremo. En consecuencia, al planificador le interesa saber la cantidad de degradaciones con que contribuye el tramo de red pública. Por regla general, las degradaciones (por ejemplo, los retardos) con las que contribuyen las redes públicas son bajas en el caso de llamadas locales y cada vez mayores si se trata de conexiones de larga distancia nacionales o conexiones internacionales. Si, dependiendo de la actividad empresarial del usuario, la mayor parte de las conexiones a través de la red pública se puede asignar al encaminamiento local (por ejemplo, dentro del territorio de la compañía que opera a nivel local), es posible atribuir a la red privada una cantidad más elevada de degradaciones, propiciando así soluciones más económicas. En un entorno competitivo, se pueden comparar varias ofertas de acceso a la red pública, con niveles de degradación diferentes, en base a la calidad esperada y/o las posibles soluciones de tipo económico para la red privada. Se señala que el significado de "la mayor parte" significa en este contexto un porcentaje de entre el 90 y el 95% (no simplemente más del 50%) para el tipo de conexión considerada.

Por otra parte, y según cuál sea la actividad profesional que desarrolla el cliente, es posible determinar la preponderancia de un tipo específico de comunicantes, por ejemplo, en el dominio residencial (línea de abonado) o en el dominio empresarial (otra red privada). Esos datos servirán para seleccionar, durante la planificación, la terminación del extremo lejano según se describe en el anexo A. Si no es posible una definición clara de la terminación del extremo lejano, deberá utilizarse el tipo "aparato telefónico simple".

Cuando empresas de explotación de redes públicas ofrezcan acceso especial (por ejemplo, acceso directo a un nodo de red pública de jerarquía superior), o encaminamiento especial con baja degradación para determinadas llamadas, tales ofrecimientos deberán incluirse en la determinación básica de la configuración de referencia. Además, las empresas explotadoras de redes públicas facilitan por lo general troncales de enlace o líneas arrendadas así como prestaciones de red privada virtual (RPV) para la conexión entre los elementos de conmutación de una red privada. Utilizando como herramienta el modelo E, se puede efectuar durante la planificación un estudio de la relación calidad/coste para seleccionar entre las diversas ofertas de acceso, encaminamiento y opciones de conexión.

### **11.3 Definición de las configuraciones de referencia**

Como se indica en 11.1, deberán identificarse las conexiones más críticas para la planificación de la transmisión. La "configuración de referencia" se basa en la estructura de la red privada, junto con las posibles alternativas de encaminamiento, información sobre el tipo y el punto de acceso a la(s) red(es) pública(s), preponderancia de conexiones, y/o el tipo de terminaciones del extremo lejano (donde proceda). La finalidad de la configuración de referencia es obtener una visión de conjunto de las partes más importantes de la conexión crítica considerada. Se recomienda efectuar un diagrama de esa configuración incluyendo todos los elementos pertinentes, ya sean terminales, o de conmutación o transmisión que contribuyen con degradaciones. Este diagrama sirve también en las



otras etapas de la planificación para la determinación de los valores de todos los parámetros, la identificación de los trayectos de eco y sus características y los cálculos del modelo E.

La configuración de referencia debe definirse como una configuración de extremo a extremo que incluya los aparatos telefónicos de la red privada y la terminación del extremo lejano. En la mayoría de los casos, habrá que tener en cuenta más de una configuración de referencia, sobre todo si la estructura de la red privada y el encaminamiento son complejos y no puede establecerse claramente si un trayecto es o no crítico sin efectuar cálculos.

La determinación de las configuraciones de referencia en grandes redes privadas es muy importante para obtener resultados correctos de la planificación y normalmente requiere mucha experiencia y práctica en materia de planificación. Cuando se investigue la red, deberá prestarse una atención particular a los elementos que introducen retardo adicional y/o degradaciones de equipo, tales como los sistemas de baja velocidad binaria y los terminales que utilizan un trayecto aéreo (por ejemplo, los terminales móviles y los terminales inalámbricas). Las conversiones híbridas (de 4 hilos a 2 hilos) dentro de la red privada o pública pueden formar trayectos de eco y deberán ser analizadas con mucha atención. Aunque las conexiones más críticas, que sirven de base para la configuración de referencia, son normalmente conexiones a través de redes públicas hacia la terminación del extremo lejano, es posible que los encaminamientos comprendidos totalmente dentro de la red privada resulten algunas veces más críticos todavía.

#### **11.4 Determinación de los parámetros de la transmisión**

Durante esta etapa de la planificación, deberán determinarse todos los parámetros de la transmisión pertinentes de los diferentes elementos de la configuración de referencia para:

- la red privada;
- la(s) red(es) pública(s);
- los troncales de enlace y las líneas arrendadas.

Como mínimo deberán definirse los siguientes parámetros de los diversos elementos de la configuración de referencia:

- índices de sonoridad (para aparatos telefónicos);
- atenuación (para elementos de conmutación y transmisión);
- atenuación del eco (para elementos con una conversión de 4 hilos a 2 hilos);
- retardo medio en un sentido (a lo largo del trayecto de eco en su totalidad);
- retardo absoluto en un sentido (entre dos teléfonos, sobre todo para llamadas internacionales);
- número de conversiones A/D-D/A (número de qdu en elementos de todo tipo, por ejemplo, atenuadores digitales);
- factor de degradación de equipo (en los equipos que utilicen codificación a baja velocidad binaria).

Cuando así proceda, deberá determinarse el emplazamiento y las características de los compensadores de eco existentes en la red privada o pública así como los encaminamientos en los que actúan.

Por regla general, los valores de estos parámetros deberá facilitarlos el fabricante o el proveedor de cada elemento considerado. En el caso de redes públicas, puede obtenerse información sobre los valores de los parámetros en base al tipo de conexión y acceso mediante negociaciones entre operadores de redes públicas y privadas. Lo anterior también es aplicable a las características de la RPV o los troncales de enlace y las líneas arrendadas. El anexo A contiene más información sobre estos parámetros y los valores típicos de la planificación.

## 11.5 Cálculo de extremo a extremo con el modelo E

En esta etapa del proceso de planificación se seleccionan, como base del cálculo de la calidad esperada para la configuración considerada, la configuración o configuraciones de referencia definidas junto con los valores de todos los parámetros pertinentes. Como se indica en 9.2, 9.3 y 9.5, esta etapa requiere mucha atención para garantizar que las entradas al modelo E son correctas. En la mayoría de los casos también es preciso efectuar cálculos previos para determinados parámetros de entrada al modelo E, como se describe en la cláusula 8. Se recomienda encarecidamente transformar la configuración de referencia en una de las configuraciones de trabajo para el modelo E, descritas en 9.2.

La selección de la configuración de trabajo apropiada depende de la configuración de referencia que se va a investigar. En el caso de conexiones totalmente digitales, está claro que deberá utilizarse la configuración de trabajo que se muestra en la figura 21 para ese tipo de conexiones. El proceso de selección es algo más difícil cuando se trata de configuraciones de referencia con una o más conversiones de 4 hilos a 2 hilos (híbridas) dentro de la conexión. Por ejemplo, en el caso de una configuración cuyo lado red privada termina en un aparato telefónico digital y cuyo trayecto de eco está formado por un convertidor híbrido, ya sea dentro de la red privada o en la red pública, el reexamen de las configuraciones de trabajo de 9.2 induce a pensar que la configuración de trabajo para conexiones 2 hilos/4 hilos, que se muestra en la figura 20, es probablemente la más apropiada.

Para la selección de una configuración de trabajo es de todo punto necesario efectuar una asignación correcta del lado emisión y el lado recepción. El principio de planificación y la determinación de la calidad esperada están relacionados fundamentalmente con el usuario de la red privada. El principio y el algoritmo del modelo E se refieren a la calidad percibida en el lado recepción de la configuración de trabajo. Por consiguiente, para los cálculos del modelo E, deberá asignarse el teléfono de la red privada al lado recepción de la configuración de trabajo.

No obstante, es posible que también haga falta investigar la calidad de la terminación del extremo lejano, sobre todo con respecto a cualquier efecto del eco. Para efectuar esa investigación se invierte la asignación del lado emisión y el lado recepción. Suponiendo una terminación del extremo lejano terminada en un convertidor híbrido que conecta con un aparato telefónico analógico (en el que el hablante puede ser perturbado por el eco), deberá utilizarse la configuración de trabajo de la figura 19.

NOTA – Cuando se utilicen programas informáticos, es posible que esté incorporada en los mismos la capacidad de efectuar el cálculo para ambos lados sin cambiar los parámetros de entrada. De nuevo aquí es muy importante que el planificador conozca a fondo cuáles son las características y las limitaciones del programa utilizado, a fin de evitar resultados erróneos.

En el caso de configuraciones de referencia con una conversión de 4 hilos a 2 hilos dentro de la red privada se recomienda utilizar la configuración de trabajo para conexiones 2 hilos/2 hilos de la figura 18. Cuando se efectúe la transformación de la configuración de referencia en esta configuración de trabajo, será necesario, en algunas aplicaciones, considerar tramos de la red privada (incluidas, por ejemplo, una PBX y/o una sección de transmisión) como si fuesen una entidad (equivalente a un aparato telefónico). En esas aplicaciones, deberán combinarse los parámetros pertinentes de modo que puedan considerarse como los parámetros de entrada del teléfono A de la figura 18. En 9.5 se describe una situación comparable en el caso de un teléfono sin hilos.

## 11.6 Análisis de los resultados

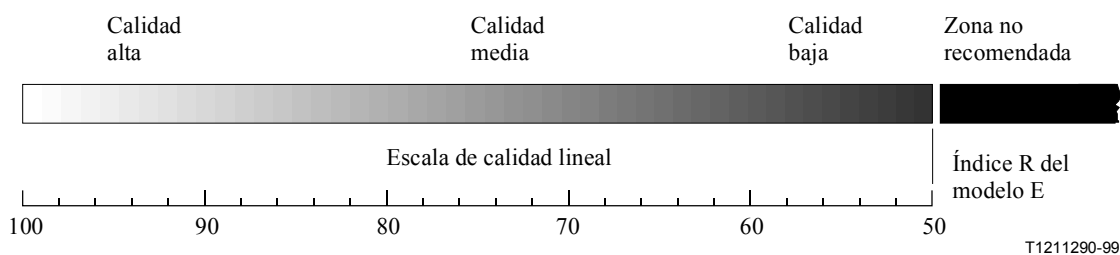
Una vez que se disponga de los resultados de los cálculos de la planificación en términos de índice R del modelo E, habrá que interesarse en primer lugar por las conexiones en las que este valor sea  $R \leq 50$ . No se recomiendan valores más bajos del índice R del modelo E, ni siquiera en casos excepcionales. Tampoco se recomienda la realización o la utilización práctica de una configuración

de referencia que, con sus valores de parámetros correspondientes, dé lugar a unos valores de R más bajos. Para tales conexiones, deberán encontrarse otras soluciones o bien deberá seleccionarse otro equipo de modo que la calidad de transmisión de señales vocales de extremo a extremo alcance valores más altos.

Es muy importante que el planificador comprenda por completo los principios de la planificación recomendados en la presente Recomendación.

En primer lugar, que la planificación se basa en una consideración de extremo a extremo, a diferencia de las prácticas anteriores en materia de planificación de las redes privadas en las que, ya fuese mediante regulación o en aplicación de normas definidas por la red pública, se establecían límites específicos a los diversos parámetros de la transmisión aplicables a la sección de red privada hasta la interfaz con una red pública.

En segundo lugar, que el resultado no es un "valor numérico" de los diversos parámetros para compararlo con el límite de extremo a extremo específico de cada uno de ellos, sino que más bien expresa la calidad que el usuario espera percibir cuando comunique a través de la configuración investigada. Como se indica en 4.3, la calidad se juzga de forma subjetiva, por lo que no pueden efectuarse asignaciones a un número fijo del índice R del modelo E, o a los límites entre las diferentes gamas de la escala de calidad completa. Al contrario, los términos cuantitativos deberán considerarse como una especie de espectro continuo de calidad percibida que va de la calidad alta a la calidad baja pasando por los valores medios, como se ilustra en la figura 26.



**Figura 26/G.108 – Valoración de una conexión en una escala de calidad lineal**

Aunque en la figura 26 se hace una distinción un tanto abrupta entre calidad alta, calidad media y calidad baja, no debe interpretarse en el sentido de que existe un valor específico de R que se considera el límite entre calidad alta y media o entre calidad media y baja. Sólo el límite entre calidad baja y la zona "no recomendada" o inaceptable está fijo en un valor de  $R = 50$ . Para más aclaraciones respecto a la interpretación de los resultados de los cálculos de la planificación, véanse la definición de categorías de calidad de transmisión señales vocales que figura en el cuadro 1 y el texto de la Recomendación G.109 [4].

A efectos de la planificación en la práctica, se recomienda que las conexiones normales dentro de la red considerada, o entre la red considerada y la red pública u otras redes, generen unos valores del índice del modelo E  $R \geq 70$ . En caso de configuraciones excepcionales, se pueden aceptar valores de R que se mantengan en la gama  $70 \geq R \geq 50$ , pero deberán evitarse valores más bajos. Conviene señalar de nuevo que, para un análisis de extremo a extremo como el que aquí se hace, en la calidad global no influye solamente la red objeto de planificación sino también las redes públicas. Por ello no resulta práctico, en la mayoría de las aplicaciones, efectuar la planificación de una red privada con el objetivo de "calidad alta" para todas las conexiones posibles.

## ANEXO A

### Parámetros de transmisión de elementos específicos

Este anexo contiene nuevas directrices sobre los diferentes elementos de red de la red privada, de redes públicas y de la terminación del extremo lejano. La naturaleza de esos parámetros y su importancia en el modelo E son las mismas en las regiones europea y norteamericana, y también en otras regiones. Cuando las configuraciones de red y los valores de los parámetros de determinados elementos de red difieren entre las regiones europea y norteamericana, esas diferencias se señalan para cada parámetro específico.

De acuerdo con los principios de la planificación de la presente Recomendación, la investigación de las configuraciones de referencia se basa en una consideración y un análisis de extremo a extremo. Para ello se necesitan datos de transmisión no sólo de los elementos situados dentro de la red objeto del análisis sino también de otras redes y de la terminación del extremo lejano. En el presente anexo se dan, como ayuda al planificador, directrices sobre elementos específicos ubicados en las redes privadas y en otras partes de una conexión. Cuando es posible, sobre todo en el caso de elementos utilizados de manera habitual con datos de transmisión normalizados, los valores de los parámetros se dan directamente y pueden emplearse en la planificación. Respecto a los demás elementos de transmisión o conexión, se darán instrucciones sobre los datos que es preciso recopilar para la planificación y la forma de analizar y comparar dichos datos.

#### A.1 Elementos en redes privadas y/o basadas en el IP

##### A.1.1 Aparatos telefónicos alámbricos

Por lo general, se supone que todos los aparatos telefónicos utilizados en las redes privadas están diseñados de acuerdo con las normas aplicables en la región correspondiente; por ejemplo, las normas de la industria norteamericana, las normas europeas o las normas nacionales. A efectos de la planificación sólo deberán utilizarse valores nominales; no habrá que tener en cuenta márgenes de tolerancia. Esto también es válido si se proporciona control de volumen en el sentido recepción o en el sentido emisión. En tal caso, sólo deberán utilizarse los valores del RLR y el SLR para fijar en su valor por defecto ese control de volumen.

Con respecto a las diferentes degradaciones y los parámetros pertinentes, los aparatos telefónicos alámbricos se pueden clasificar como aparatos telefónicos analógicos o digitales de acuerdo con su tipo de interfaz.

##### A.1.1.1 Aparatos telefónicos analógicos

En Europa, las características de transmisión de los aparatos telefónicos analógicos dependen sobre todo de la planificación nacional de las atenuaciones efectuada tradicionalmente. Por tanto, no cabe establecer en la presente Recomendación valores normalizados, valores que deberá proporcionar el fabricante o el operador de la red. Los parámetros que siguen se necesitan para planificar la transmisión y habrán de ser determinados:

Índice de sonoridad en emisión	SLR
Índice de sonoridad en recepción	RLR
Índice de enmascaramiento del efecto local	STMR
Impedancia de entrada	$Z_R$
Impedancia de equilibrado	$Z_B$
Retardo (si es aplicable)	$\tau$
Factor D del microteléfono	D

En América del Norte, las características de transmisión de los aparatos telefónicos analógicos se atienen por lo general a las normas de la industria que se indican en [41]. Esta norma abarca los índices de sonoridad y los valores de la impedancia. Sin embargo, no se tienen en cuenta en ella el retardo (si es aplicable) ni el factor D. Si los aparatos no están diseñados de acuerdo con esta norma, las características deberán obtenerse del fabricante.

Cualquiera que sea la región, los valores de los índices de sonoridad SLR, RLR y STMR deberán definirse de acuerdo con la Recomendación P.79 [29]. (Para evitar que se produzcan resultados erróneos aplicando el modelo E, no se deberán seguir utilizando antiguas definiciones, tales como las de valores equivalentes de referencia corregidos (CRE, *corrected reference equivalent*) o métodos de prueba tales como el de la norma OREM-A o la OREM-B.) Las impedancias de entrada y de equilibrado  $Z_R$  y  $Z_B$ , si no son especificadas por las normas de la industria, habrán de seguir un diseño moderno proporcionando una impedancia compleja capacitiva para optimizar la adaptación de impedancias entre el aparato telefónico y el equipo conectado. [Cualquier posible desadaptación en ese punto puede influir en el STMR del aparato telefónico, así como en la atenuación ponderada de equilibrado para el terminal en un convertidor híbrido conectado, dando lugar a un valor bajo para el TELR (véase también A.1.3).]

El factor D del microteléfono sólo se tendrá en cuenta si se utiliza un diseño de microteléfono que se aparte de la geometría común. Los aparatos telefónicos analógicos modernos pueden incorporar el procesamiento de la señal digital para proporcionar prestaciones adicionales en algunos casos. Deberá determinarse entonces el posible retardo causado por ese procesamiento.

#### A.1.1.2 Aparatos telefónicos digitales

Además de los requisitos de protocolo aplicables a los aparatos telefónicos digitales, se puede suponer normalmente que las características de transmisión son conformes a la Recomendación P.310 [27] o con [49] (Europa) o [42] (América del Norte). Es posible, no obstante, que se produzcan desviaciones con respecto a los valores correspondientes. Los valores de los parámetros que siguen se pueden utilizar directamente a menos que el teléfono empleado no cumpla las normas referenciadas.

		Europa	América del Norte
Índice de sonoridad en emisión	SLR	+ 7 dB	+8 dB
Índice de sonoridad en recepción	RLR	+ 3 dB	+ 2 dB
Índice de enmascaramiento del efecto local	SMTR	15 dB	18 dB
Retardo medio en un sentido	$\tau$	1,5 ms	No especificado (nota 1)
Atenuación (ponderada) por acoplamiento de terminal	TCLw	40 dB (nota 2)	40 dB (nota 3)
Factor D del microteléfono	D	3	No especificado
NOTA 1 – Para los aparatos digitales de América del Norte, este valor es irrelevante cuando se compara con otros componentes del escenario de la conexión.			
NOTA 2 – Normalizado a SLR = 7 dB, RLR = 3 dB (Europa).			
NOTA 3 – Normalizado a SLR = 8 dB, RLR = 2 dB (América del Norte); el valor deseable es de 45 dB.			

Los valores de sonoridad de América del Norte, para aparatos digitales, están siendo normalizados en [42] y [44] y reflejan los objetivos a largo plazo de la Recomendación P.310 [27]. Por lo general, los valores de los índices de sonoridad deberán estar de acuerdo con la Recomendación P.79 [29]. Algunos teléfonos pueden tener valores de atenuación ponderada por acoplamiento de terminal (TCLw), superiores a los indicados más arriba. Si esos valores más altos los ha indicado el fabricante, podrán ser utilizados a efectos de la planificación.

### **A.1.1.3 Terminales IP**

Además de las funciones relacionadas con las aplicaciones IP, un terminal IP (terminal de la Recomendación H.323 [26]) proporciona la conversión entre la interfaz acústica y la red basada en el IP y viceversa.

Cabe señalar que las realizaciones prácticas de los terminales IP se pueden apartar considerablemente del sistema tradicional de los aparatos telefónicos; por ejemplo, cascos telefónicos/altavoz y micrófonos con abrazadera en vez de un microteléfono. Incluso si un terminal IP funciona de manera similar a un aparato telefónico digital por lo que se refiere a los parámetros de la interfaz acústica (véase A.1.1.2), sus diversos componentes IP, por ejemplo el ordenador personal, la unidad de sonido, el altavoz, el micrófono y el programa informático de la aplicación, pueden ser proporcionados por diferentes fabricantes; a menudo, la combinación de todos esos componentes la efectuará el usuario. Por ello, los parámetros SLR, RLR, TCLw, STMR, LSTR y D no se pueden fijar de manera automática en los valores por defecto del cuadro 6 y quedan en estudio.

La parte digital de un terminal IP puede constar de los siguientes componentes:

- codificador/decodificador;
- dispositivos de detección de actividad vocal (VAD);
- dispositivos de corrección de errores sin canal de retorno (FEC);
- memoria tampón de recepción;
- ensamblado de paquetes/despaquetización.

Los componentes efectivamente contenidos y sus parámetros correspondientes no están normalizados como si fuesen un sistema completo y quedan, por tanto, en estudio.

### **A.1.2 Aparatos telefónicos sin hilos (incluidos los aparatos sin cordón)**

Los teléfonos sin hilos se usan con frecuencia en las redes privadas para proporcionar la ventaja de la movilidad en combinación con las redes celulares. Estos aparatos telefónicos pueden provocar retardos y distorsiones adicionales, debido a los principios de codificación aplicados en el trayecto aéreo.

Se supone que en la región europea los teléfonos inalámbricos cumplen las normas de dicha región o bien las normas nacionales apropiadas. El cuadro A.1 es un extracto tomado de las normas DECT y GSM, con todos los parámetros que es preciso tener en cuenta en la planificación según la presente Recomendación. Los aparatos sin hilos norteamericanos utilizan tecnología cuya aplicación se lleva a cabo con o sin licencia, o sea que está patentada o no lo está; el cuadro A.2 presenta los parámetros con tecnología patentada o no patentada que interesan al planificar la calidad de transmisión de señales vocales.

En el caso de los aparatos sin hilos que se apartan de estas normas, deberá disponerse de información sobre los valores reales de acuerdo con la lista de parámetros de los cuadros A.1 o A.2.

Esos valores se aplican a toda la configuración formada por la parte móvil y la parte fija, estando la parte fija conectada digitalmente a la conexión adyacente o al elemento de transmisión.

Puesto que sus valores de retardo medio en un sentido son muy elevados, los teléfonos sin hilos ya disponen normalmente de control del eco integrado, mediante compensadores de eco o supresores de eco. Este equipamiento adicional puede influir también en las decisiones sobre dispositivos de compensación de eco en otras secciones de la red, por lo que es preciso efectuar una investigación minuciosa de su interfuncionamiento (véanse 8.2.2 y A.1.10 para más información y, de manera específica, el anexo C sobre la supresión de eco integrada con referencias a la norma DECT).

**Cuadro A.1/G.108 – Valores de planificación para teléfonos sin hilos –  
Región europea**

		DECT	GSM velocidad plena	GSM velocidad media	GSM velocidad plena mejorada
Índice de sonoridad en emisión	SLR (dB)	7	7	7	7
Índice de sonoridad en recepción	RLR (dB)	3	3	3	3
Índice de enmascaramiento del efecto local	STMR (dB)	13	13	13	13
Atenuación ponderada por acoplamiento del terminal	TCL <sub>w</sub> (dB)	> 46 (nota 1)	> 46	> 46	> 46
Retardo medio en un sentido	$\tau$ (ms)	14	95	100	96
Atenuación de eco del supresor programable	$a_{ESS}$ (dB)	9	–	–	–
Atenuación de eco artificial (si hace falta)	$a_{Echo}$ (dB)	24 (nota 1)	–	–	–
Número de qdu (nota 2)	qdu	0,5	0,5	0,5	0,5
Factor de degradación de equipo	Ie	7	20	23	5
NOTA 1 – Una TCL <sub>w</sub> de 34 a 46 dB es opcional, se requiere atenuación de eco artificial.					
NOTA 2 – qdu sólo para la conversión A/D-D/A (ley A, Recomendación G.711 [15]), en el factor de degradación de equipo Ie se incluyen otros procesos.					

**Cuadro A.2/G.108 – Valores de planificación para teléfonos sin hilos –  
Región norteamericana**

		Con tecnología patentada: <b>TDMA</b>	Sin tecnología patentada: <b>PACS WUPE, PCI, PWT</b>
Índice de sonoridad en emisión	SLR (dB)	8	8
Índice de sonoridad en recepción	RLR (dB)	2	2
Índice de enmascaramiento del efecto local	STMR (dB)	15	15
Atenuación ponderada por acoplamiento del terminal	TCL <sub>w</sub> (dB)	45	45
Retardo medio en un sentido	$\tau$ (ms)	100	7
Atenuación de eco de supresor programable	$a_{ESS}$ (dB)	–	Ninguno
Atenuación de eco artificial (si se requiere)	$a_{Echo}$ (dB)	–	Ninguno
Número de qdu (nota)	qdu	0,5	0,5
Factor de degradación de equipo	Ie	10	7
NOTA – qdu solamente para la conversión A/D-D/A (ley $\mu$ , Recomendación G.711 [15]), en el factor de degradación de equipo Ie se incluyen otros procesos.			

### A.1.3 Equipos de conmutación

Se supone que los equipos de conmutación de una red privada (por ejemplo, las PBX) se atienen a los requisitos regionales pertinentes con respecto a su influencia en la calidad de la transmisión. Los requisitos apropiados se pueden encontrar en [52] (Europa) o [40] (América del Norte). Se señala

que en [52] ya no se especifican algunos parámetros significativos, sobre todo los de atenuación y retardo en un sentido, sino que se deja que los indique el fabricante.

Los equipos de conmutación pueden clasificarse, básicamente, de acuerdo con el tipo de conmutación interna:

- analógico a 2 hilos o analógico a 4 hilos;
- con modulación de impulsos en amplitud (MIA);
- con modulación por impulsos codificados (MIC) de acuerdo con la Recomendación G.711 [15] (ley A o ley  $\mu$ );
- según nuevos principios de codificación, por ejemplo, los de la Recomendación G.728.

Además, a efectos de la planificación de la transmisión, se pueden considerar diferentes tipos de interfaces con otros elementos de conexión:

- interfaz para conectar con redes públicas;
- interfaz para conectar con otros equipos de conmutación de la misma red privada;
- interfaz para conectar con terminales.

Por lo que se refiere a la capa física de estas interfaces, cabe hacer aún otra distinción:

- analógica a 2 hilos;
- analógica a 4 hilos;
- digital.

No es preciso tener en cuenta todas las combinaciones interfaz/capa física. El cuadro A.3 ilustra las posibilidades.

**Cuadro A.3/G.108 – Posibilidades de conexión del equipo de conmutación**

<b>Interfaz con elementos de conexión</b>	<b>Analógica a 2 hilos</b>	<b>Analógica a 4 hilos</b>	<b>Digital</b>
Red pública	Común en América del Norte, desapareciendo en Europa	Poco probable, excepto en el Reino Unido	Vigente en Europa, comenzando en América del Norte
La misma red privada	Sobre todo entre una PBX principal y una afluyente	Desapareciendo	Común
Terminales	Usual para aparatos analógicos	No se utiliza	Todos los terminales digitales, incluidos los inalámbricos

Los equipos de conmutación de una red privada proporcionan normalmente una "transconexión" o "conexión puerto a puerto" entre dos interfaces, en otras palabras, el trayecto de conmutación está "insertado" dentro de la conexión y, por tanto, es posible que contribuya a las degradaciones de la transmisión. Dada la diversidad de posibles tipos de transconexiones con respecto a la capa física de las interfaces, y considerando los diferentes tipos de conmutación interna, no cabe establecer ninguna norma o directriz de carácter general, que pudiera ser objeto de consideración al planificar la transmisión, sobre los parámetros y la importancia de la degradación imputable a los mismos. No obstante, deberá disponerse de información, proporcionada por el fabricante u obtenida por una deducción de carácter general con referencia a las normas sobre los parámetros que pueden contribuir a las degradaciones. Los parámetros más importantes que es preciso considerar en relación con una transconexión son:

- pérdida o ganancia entre las dos interfaces;
- número de qdu;



- valor del factor de degradación de equipo;
- retardo medio en un sentido;
- atenuación del eco;
- impedancia de entrada de las interfaces analógicas a 2 hilos;
- impedancia de equilibrado en las interfaces analógicas a 2 hilos (híbridas);
- distorsión (incluido el ruido y la diafonía).

El valor de la atenuación entre dos interfaces depende de los valores relativos del nivel de entrada y nivel de salida (ajuste de atenuación) elegidos de las interfaces analógicas y de la inserción de atenuadores de pérdidas o ganancias digitales dentro del trayecto de conmutación. (En [40] se especifica un plan de atenuaciones de puerto a puerto entre diversos tipos de interfaces pero no se establece ningún requisito respecto a la atribución de la atenuación entre interfaces.)

Cuando se utilicen leyes de codificación nuevas para la conmutación interna, el valor del factor de degradación de equipo ( $I_e$ ) deberá elegirse de acuerdo con el cuadro 2a. Con la salvedad de los atenuadores de pérdidas o ganancias digitales insertados, el número de qdu se puede fijar en  $qdu = 0$  para conmutación analógica interna (incluyendo la MIA) con ambas interfaces analógicas, o para conmutación digital interna (ley A o ley  $\mu$ ) con ambas interfaces digitales. Se puede utilizar un valor de  $qdu = 0,5$  para conmutación interna analógica o digital, cuando una de las dos interfaces es digital y, finalmente, un valor de  $qdu = 1$  es válido para conmutación digital interna cuando ambas interfaces son analógicas. En el caso de atenuadores digitales, el número de qdu deberá incrementarse en 0,7 por cada atenuador en todas las configuraciones.

NOTA – Se supone que, cuando se introduce pérdida o ganancia en un trayecto analógico digital vía fijaciones de valores de códec, no se produce un incremento adicional de qdu superior al valor de 0,5. Si la PBX permite la conversión ley A/ley  $\mu$ , puede haber qdu adicional, es algo que habrá que determinar.

El retardo medio en un sentido carece de importancia en el caso de equipos de conmutación que utilizan conmutación analógica interna e interfaces analógicas. Para todos los demás tipos de equipos de conmutación, el retardo depende de los tipos de interfaces y de la conmutación interna. A efectos de la planificación, se puede utilizar un valor medio de  $T = 1$  si se utiliza MIC, de acuerdo con la ley A o la ley  $\mu$ , para la conmutación interna, a menos que el fabricante especifique otra cosa (para más información sobre este tema, véanse las Recomendaciones Q.551 [36], Q.552 [37], Q.553 [38] y Q.554 [39], así como las referencias [60], [40] y [44]).

Cuando un trayecto de equipo de conmutación conecte una interfaz a 4 hilos (analógica o digital) a una interfaz a 2 hilos (o un trayecto de conmutador a 4 hilos conecte 2 interfaces a 2 hilos), deberá considerarse la atenuación del eco del convertidor híbrido de terminación en la interfaz o interfaces a 2 hilos. Las impedancias de entrada y equilibrado de cualquier interfaz a 2 hilos no son objeto de planificación de manera directa; sin embargo, deberá disponerse de especificaciones para determinar si existe una adaptación de impedancias adecuada en esas interfaces. (La referencia [40] especifica los requisitos de equilibrado mínimos para diversos tipos de interfaces a 2 hilos.)

La atenuación del eco (pérdida de retorno a 4 hilos en América del Norte) de una conversión de 4 hilos a 2 hilos es un valor muy importante en el cálculo del índice de sonoridad del eco para el hablante (TELR), en tanto que parámetro de entrada al modelo E. Junto con el retardo medio en un sentido del trayecto de eco, el TELR contribuye directamente al importante factor de degradación característica de eco. La atenuación del eco de una terminación a 2 hilos incluye cualquier ajuste de atenuación (niveles relativos) del convertidor híbrido en la interfaz a 2 hilos (tanto en el sentido emisión como en el sentido recepción) y la atenuación de equilibrado del terminal (TBRL) (equilibrio híbrido en América del Norte), de la interfaz. (En escenarios propios de América del Norte, el ajuste de la atenuación en el convertidor híbrido y el aporte de atenuación de red de la PBX, si es que existe, se combinan habitualmente en un valor único de atenuación de puerto a puerto.) La TBRL (equilibrio híbrido) es función del grado de adaptación entre la impedancia de equilibrado del convertidor híbrido y la impedancia del elemento terminal, de transmisión o de

conexión conectado en el lado a 2 hilos, y deberá estar disponible como un valor ponderado (TBRLw o equilibrio híbrido ponderado). Para más información sobre este algoritmo de ponderación, véase la Recomendación G.122 [7].

Las redes de equilibrado y las impedancias de entrada de los equipos de conmutación modernos proporcionan una característica capacitiva compleja con la que se obtiene una mejor adaptación a las características de las secciones de cables no cargadas. (En [52] y [40] se describen redes de equilibrado recomendadas.) Si la conversión de 4 hilos a 2 hilos se hace vía una interfaz analógica a 4 hilos, deberá incluirse también el ajuste de atenuación en dicha unidad de interfaz. Otro tanto cabe decir en el caso de atenuadores digitales con independencia de su ubicación.

En escenarios europeos, suponiendo un ajuste de atenuación normalizado de 0 dB (0 dBr) en el sentido emisión y de 7 dB (-7 dBr) en el sentido recepción para unidades de línea e interfaces con otros equipos y una red de equilibrado que se atiene al sistema capacitivo complejo, se pueden suponer a efectos de la planificación los siguientes valores medios de la TBRLw y la atenuación del eco:

**Cuadro A.4/G.108 – Valores medios de TBRLw y atenuación del eco (Europa)**

Terminación en el lado a 2 hilos	TBRLw	Atenuación del eco
Aparato telefónico analógico con impedancia de entrada compleja (longitud de línea irrelevante)	18 dB	25 dB
Aparato telefónico analógico con impedancia de entrada no compleja, por ejemplo, 600 ohmios	7 dB	14 dB
Sección de cable a 2 hilos (no cargada)	10 dB	17 dB
Otro equipo con impedancia de entrada compleja (longitud de línea irrelevante)	18 dB	25 dB

En algunas configuraciones son posibles valores más bajos. Si las interfaces utilizan equilibrado adaptable, la información pertinente deberá proporcionarla el fabricante.

Para los equipos de conmutación de América del Norte, la referencia [40] especifica unos requisitos mínimos de equilibrado híbrido (22 dB en la banda de eco) en interfaces terminales analógicas (llamadas "ONS") cuando se mide en 600 ohmios y en todas las demás interfaces a 2 hilos, cuando se mide en 600 ohmios o en una impedancia capacitiva compleja. No se especifican valores medios del equilibrado híbrido. Los sistemas norteamericanos no tienen valores de atenuación de unidad de línea normalizados, por lo que no se pueden dar valores de atenuación del eco; no obstante, en el cálculo del TELR global de una conexión de extremo a extremo deberá incluirse la atenuación puerto a puerto del sistema de terminación. A efectos de la planificación en América del Norte, se supone un equilibrado híbrido medio de 12 dB en líneas y 10 dB en secciones de cable no cargadas (sin adaptación de impedancias).

#### **A.1.4 Pasarelas IP**

Las funciones específicas de la pasarela dependerán de si el sentido de la transmisión es de Internet a la RTPC o viceversa. La pasarela tiene en concreto, y sin que sean las únicas, las siguientes funciones:

- Internet → RTPC
  - desensamblado de paquetes (incluyendo la "pila IP");
  - decodificación de señales vocales (incluyendo la ocultación de errores, el ruido de confort, la inserción de silencios, etc.);
  - gestión o regulación de la variación del retardo;
  - compensación del eco.

- RTPC → Internet
  - codificación de señales vocales (incluyendo la supresión de silencios, el ruido de confort, etc.);
  - ensamblado de paquetes (incluyendo la "pila IP").

### **A.1.5 Líneas arrendadas y troncales de enlace**

En las redes privadas, se utilizan las líneas arrendadas y los troncales de enlace, proporcionados por los operadores de redes públicas, para interconectar elementos de conmutación o para conectar terminales a equipos de conmutación. En América del Norte, las facilidades arrendadas entre equipos de conmutación se denominan troncales de enlace; las facilidades arrendadas utilizadas para conectar terminales situados en un lugar distante de los equipos de conmutación que les dan servicio a esos equipos se denominan líneas fuera de las instalaciones. En Europa, dichas facilidades se denominan líneas arrendadas cualquiera que sea su finalidad.

Con respecto a su presentación de interfaz, las facilidades arrendadas se pueden agrupar en las siguientes categorías básicas:

- analógica a 2 hilos;
- analógica a 4 hilos;
- digital.

A efectos de la planificación de la transmisión, las facilidades arrendadas digitales son independientes de su capa física (acceso a 64 kbit/s, a velocidad básica o a velocidad primaria); para la planificación de la transmisión, sólo se tiene en cuenta la capa de canales a 64 kbit/s. Facilidades arrendadas con interfaces analógicas en ambos extremos pueden incluir también secciones digitales y un bucle cerrado a 4 hilos. Además, en algunos casos puede haber facilidades analógicas disponibles con una interfaz a 2 hilos en un extremo y una interfaz a 4 hilos en el otro, o es posible que una facilidad tenga una interfaz analógica en un extremo y una interfaz digital en el otro.

Las facilidades arrendadas difieren no solamente por el tipo de sus interfaces sino también por su longitud. Por ello, no pueden indicarse aquí valores de planificación normalizados. Los datos de transmisión deberán ser proporcionados por el proveedor. La lista que sigue se puede considerar como una orientación para el planificador cuando requiera valores de parámetros:

- Atenuación de extremo a extremo (en ambos sentidos) para facilidades con interfaces analógicas, a 2 hilos y a 4 hilos.
- Niveles relativos de entrada y salida para facilidades con interfaces analógicas.
- Número de qdu para todos los tipos de facilidades excepto aquellas cuyo encaminamiento es totalmente digital y tienen interfaces digitales en ambos extremos.
- Factor de degradación de equipo para líneas que utilizan DCME, MICDA u otras leyes de codificación nuevas.
- Retardo medio en un sentido para todos los tipos de facilidades.

Las facilidades analógicas de América del Norte para troncales de enlace se diseñan por lo general de acuerdo con las reglas del plan denominado vía net loss (VNL) (atenuación proporcional a la longitud de la facilidad) salvo en el caso de troncales de enlace de corto alcance que funcionan con atenuación fija. Las facilidades utilizadas con terminales fuera de las instalaciones emplean normalmente pares trenzados (cargados o no cargados), con repetidores de frecuencia vocal (VFR, *voice frequency repeaters*) insertados, cuando son necesarios. Los siguientes son valores aproximados de atenuación de facilidades analógicas:

- Troncales del VNL:  $0,4 \text{ dB} + 0,0015 \times \text{longitud en millas}$ ; 2,9 dB como máximo.
- Troncales de corto alcance con atenuación fija: 2 dB.
- Líneas fuera de las instalaciones para terminales: 0-4,5 dB.

Es muy importante que la información sobre estos parámetros dada por los proveedores se base en valores "reales" de la facilidad arrendada de que se trate, en vez de valores máximos deducidos a partir de una consideración del "caso más desfavorable". De esta manera, el planificador puede evitar la inserción de compensadores de eco no necesarios y, en algunos casos, atribuir valores de degradación mayores a otros elementos de la red privada.

#### **A.1.6 Enlaces por cable de propiedad privada**

Además de las facilidades arrendadas, en algunas redes privadas se pueden utilizar enlaces por cable de propiedad privada; enlaces que conectan sobre todo terminales, sistemas claves y pequeñas PBX a elementos de conmutación mayores. Aquí sólo se consideran secciones de cables no cargadas a 2 hilos, que provocan atenuación en las secciones A1 o B1 de las configuraciones de trabajo definidas en las figuras 18 a 20. A efectos de la planificación, la atenuación de dichas secciones de cable se pueden expresar en forma de índice de sonoridad del circuito (CLR) en dB, un valor que se puede añadir directamente al SLR y el RLR de los aparatos telefónicos en el cálculo previo del  $SLR_S$  y el  $RLR_R$  (véase 8.1).

El CLR se puede calcular con la fórmula siguiente:

$$CLR = 0,015\sqrt{RC} \quad \text{en dB/km}$$

donde:

R = Resistencia del bucle de cable en ohmios por km

C = Capacitancia del cable en nanofaradios por km.

#### **A.1.7 Enlaces por satélite**

Cuando se utilicen enlaces por satélite como parte de la red privada, deberá disponerse de todos los parámetros pertinentes, tal como se indicaron para las facilidades arrendadas. El parámetro más importante con respecto a posibles degradaciones es el retardo medio en un sentido. Hay que tener en cuenta que el retardo total está formado por el retardo principal entre las dos estaciones terrenas y un posible retardo adicional entre las estaciones terrenas y la interfaz del equipo de conmutación situado en la red privada al que está conectado el enlace en cualquiera de los extremos, o en ambos. Estos valores los deberá proporcionar el operador del satélite. En el caso de enlaces por satélites vía satélites casi estacionarios en una órbita de 36 000 km, se puede utilizar en la planificación un valor de  $T = 260$  ms entre las estaciones terrenas. Los valores equivalentes para satélites en órbitas más bajas deberán ser indicados por el operador.

#### **A.1.8 Codificación a baja velocidad binaria**

En las de redes privadas, la utilización de codificación a baja velocidad binaria puede llevar a soluciones menos costosas. En muchos casos, facilidades digitales (arrendadas) utilizadas con elementos de conexión disponen de sistemas diseñados especialmente para proporcionar una característica de "anchura de banda por demanda" flexible, utilizando el número dado de canales a 64 kbit/s de la conexión de manera más económica, sobre todo en la transmisión de datos. En el caso de canales de señales vocales, la codificación a baja velocidad binaria, junto con los métodos llamados de detección de actividad vocal (VAD), reducirá los costes de manera similar.

A efectos de la planificación de la transmisión, es absolutamente necesario identificar todas las posibles degradaciones que pudieran introducir esos sistemas. Los principales parámetros que se han de considerar son, entre otros, las distorsiones y el retardo. Estos factores dependen del tipo de codificación a baja velocidad binaria. En términos generales, los sistemas se pueden clasificar según los siguientes principios:

- Principio del codificador de forma de onda  
Independientes de la velocidad binaria utilizada, todos los llamados codificadores de forma de onda reproducen, más o menos, la forma de onda original a la salida después de la

decodificación. Estos codificadores emplean principalmente los diferentes algoritmos MICDA descritos en las Recomendaciones G.721, G.726 y G.727.

- Principio del codificador no de forma de onda

La diferencia básica en el proceso de codificación es un análisis de la señal vocal efectuado a la entrada del codificador, que da lugar a una señal digital transmitida a velocidad binaria reducida que ya no tiene ninguna relación con la forma de onda original. El decodificador efectúa a continuación una nueva síntesis de la señal vocal. Esta categoría incluye el codificador RPE-LTP (utilizado en la norma GSM) y el codificador LD-CELP de acuerdo con la Recomendación G.728. Además, podría haber diversos principios de codificación no normalizados, llamados también de "codificador patentados".

- Principios orientados al "silenciamiento"

La reducción de la velocidad binaria transmitida se lleva a cabo detectando las pausas de las señales vocales (VAD).

La influencia de esos principios relativos a equipos y codificación en la calidad de las señales vocales sólo puede ser definida como el resultado de pruebas subjetivas, expresado en un valor del factor de degradación de equipo (Ie). En el cuadro 2a se dan los valores correspondientes a los codificadores normalizados de baja velocidad binaria. En los otros casos, los valores equivalentes y el resto de la información necesaria deberán ser facilitados por el fabricante. Tal es el caso sobre todo del retardo medio en un sentido de esos sistemas. Hay que señalar que algunos principios de codificación pueden dar lugar a opciones diferentes, con una influencia importante en el retardo específico del sistema, y que determinados sistemas utilizan velocidad binaria variable para adaptarse a situaciones de tráfico diferentes. Si se utilizan sistemas de baja velocidad binaria junto con una línea arrendada digital, al retardo específico del sistema se añade el retardo de la línea digital.

Algunos de esos sistemas tienen también la capacidad de insertar atenuación para impedir que en otras partes, por ejemplo, los compensadores de eco integrados, se produzcan niveles de señal vocal demasiado elevados. Debido al retardo específico del sistema, es posible que algunos sistemas estén ya equipados con compensadores de eco integrados. Los datos de transmisión de esos dispositivos deberán ser analizados atentamente durante la planificación, asociándolas sobre todo a la compensación del eco en otras secciones de la conexión investigada. Para más información, véase A.1.10.

### **A.1.9 Voz por paquetes**

Con miras a la utilización económica de las líneas digitales (arrendadas) normalizadas o de orden superior, en las redes privadas se aplicará también alguna forma de transmisión por paquetes, por ejemplo, el modo de transferencia asíncrono (ATM, *asynchronous transfer mode*) o la retransmisión de tramas. Además, los nodos de esos sistemas pueden estar situados en redes diferentes. Es necesario identificar claramente esos nodos durante la planificación e investigar si en una conexión se incluyen más de una sección por paquetes.

La paquetización de las señales vocales provoca un retardo adicional que depende de la orientación a células y del modo de transferencia. Por ello, a efectos de la planificación deberá disponerse de información sobre ese retardo, expresado como un valor del retardo medio en un sentido, en ms.

### **A.1.10 Compensadores de eco**

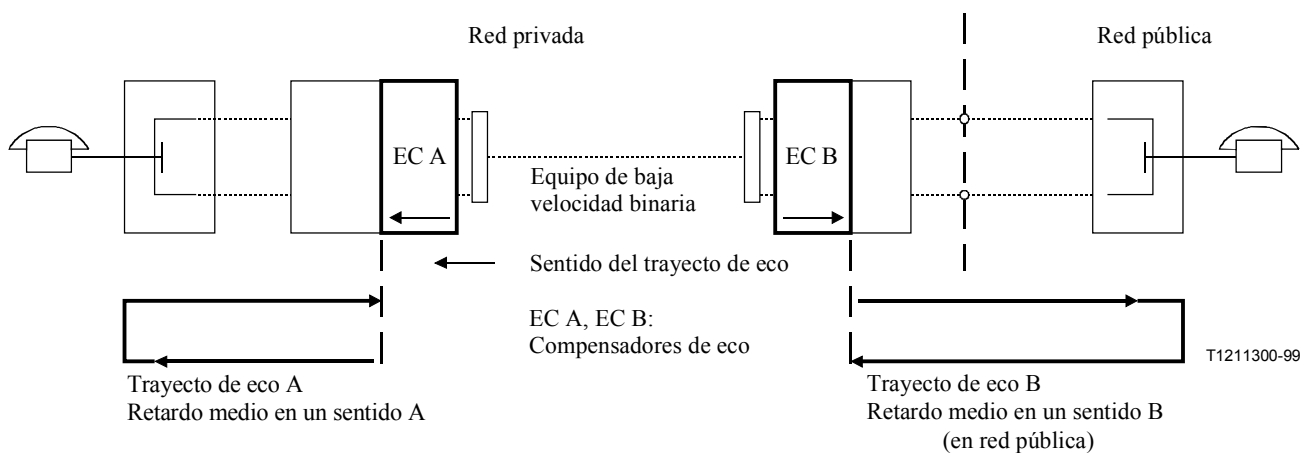
Como ya se ha indicado en 7.2 y 8.2, el resultado de los cálculos de la planificación puede mostrar que, en el índice R del modelo E, influye sobre todo el valor de degradación imputable al eco y al retardo (Id). En estas situaciones, deberá tomarse una decisión respecto a la inserción de dispositivos compensadores de eco. Las redes modernas sólo utilizan compensadores de eco ya que tienen diversas ventajas en comparación con los supresores de eco utilizados anteriormente. La presente subcláusula sólo se refiere, por ello, a los requisitos y datos técnicos de los compensadores de eco.

Para la aplicación de compensadores de eco, deben tenerse en cuenta varios aspectos. En primer lugar, el lugar correcto y optimizado de la red en donde deberán insertarse los compensadores de eco, asunto que habrá de ser objeto de una investigación. En la decisión al respecto pueden influir los dispositivos de control del eco ya disponibles dentro de la red privada, por ejemplo, en algunos elementos terminales específicos o en elementos de conexión, o en otras redes (públicas). La cláusula 10 contiene más información sobre la inserción de los compensadores de eco y las reglas aplicables al respecto.

Un segundo aspecto a considerar son las características técnicas de los compensadores de eco que pueden variar en gran medida dependiendo de su diseño y su aplicación. En el caso de compensadores de eco no integrados en equipos específicos sólo deberán utilizarse dispositivos en los que tengan en cuenta todos los parámetros de las Recomendaciones G.168 [12] o G.165 [11]. Los compensadores de eco integrados en equipos específicos se diseñan normalmente en función de la aplicación de que se trate y, por consiguiente, no necesariamente se atienen a la Recomendación G.165 [11] de manera estricta.

NOTA – Las características de los compensadores de eco conformes a la Recomendación G.165 [11] se miden utilizando una señal de ruido. Si se dispone además de los resultados obtenidos con otras señales de prueba, por ejemplo, con voz artificial según la Recomendación P.50 [28], o con señales de origen compuesto, esos datos permitirán efectuar una evaluación más precisa de la eficacia.

El análisis de los datos técnicos de un compensador de eco deberá llevarse a cabo junto con el del emplazamiento designado, sobre todo por lo que se refiera a las características del trayecto de eco, la parte de una conexión entre el compensador de eco y el origen de las reflexiones de la señal que se han de compensar. El encaminamiento del trayecto de eco deberá ser transparente a los bits y deberán determinarse los valores efectivos del retardo medio en un sentido y la atenuación del eco. En el caso de llamadas locales o de larga distancia, para las que normalmente no se aplica control del eco en las redes públicas, quizás sea necesario emplear compensadores de eco debido al retardo adicional dentro de la red privada. En esta situación, el operador de la red se ha de encargar de que haya un control del eco suficiente. De todos modos, en la mayoría de los casos ambos hablantes tendrán que soportar los efectos del eco, es decir, que habrá que insertar un par de compensadores de eco dentro de la red privada si no existe ningún acuerdo específico con el operador de la red pública.



**Figura A.1/G.108 – Compensadores de eco en una red privada y sus trayectos de eco**

En la figura A.1 se ilustra esta configuración con dos compensadores de eco EC A y EC B en una red privada y la definición de ambos trayectos de eco. El dispositivo EC A con su trayecto de eco dentro de la red privada suprime el eco para el hablante de la red pública y viceversa.

En el caso de compensadores de eco conformes a la Recomendación G.165 [11], el trayecto de eco deberá proporcionar una atenuación del eco mínima de 6 dB para que el funcionamiento sea satisfactorio. Este valor habrá de ser controlado sobre todo cuando el trayecto de eco termine en un convertidor híbrido utilizado también para compensar una pérdida (ganancia) de la sección a 2 hilos conectada. En algunos compensadores de eco, el valor mínimo requerido puede ser inferior o puede ser ajustable.

Las características más importantes son el retardo medio en un sentido del trayecto de eco y la gama de retardos, a lo que también se llama "retardos de cola", que el compensador de eco puede compensar. Para evitar confusiones, conviene señalar que el retardo de cola del trayecto de eco se expresa normalmente como un retardo medio en un sentido en la planificación de la transmisión, mientras que los datos correspondientes de un compensador de eco se dan como retardo de cola total en ms. En consecuencia, para decidir si un determinado compensador de eco es el adecuado para una configuración dada, deberán compararse los datos del dispositivo con el doble del valor del retardo medio del trayecto de eco en un sentido. A fin de garantizar un funcionamiento satisfactorio, el valor del compensador de eco deberá ser de 6 a 8 ms superior al valor del trayecto de eco. Si los compensadores de eco se atienen a las Recomendaciones G.168 [12] o G.165 [11], se puede dar por supuesta la capacidad de compensar en la gama de 40 a 60 ms. Los compensadores de eco integrados en dispositivos específicos, en cambio, pueden proporcionar valores más bajos. Si, por ejemplo, el EC A y el EC B de la figura A.1 están integrados en un equipo de baja velocidad binaria y se han diseñado sólo para conexiones punto a punto (trayecto de eco solamente a través de un equipo de conmutación), el retardo del trayecto de eco B por la red pública puede ser mucho más alto que el valor correspondiente del EC B, para compensar valores bajos.

Otro aspecto a considerar es la "linealidad" del trayecto de eco, que en este caso se refiere a un encaminamiento formado solamente por elementos transparentes a los bits junto con una decodificación/codificación normalizada en el convertidor híbrido de la terminación. La mayoría de los compensadores de eco utilizan un algoritmo de adaptación y compensación basado en esa configuración. Cuando en el trayecto de eco figuren equipos que utilizan la codificación a baja velocidad binaria, no se podrá garantizar el funcionamiento correcto del compensador de eco.

La capacidad de un compensador de eco de suprimir señales de eco se expresa mediante lo que se denomina nivel de eco residual. Por lo general no se trata de un valor constante; depende más bien del nivel de las señales vocales a la entrada y de la atenuación de eco efectiva del trayecto de eco. El valor puede darse como nivel de eco residual en dB o también como mejora de la atenuación de adaptación para el eco (ERLE, *echo return loss enhancement*). Puesto que no se puede obtener una compensación total, el nivel de eco residual es suprimido a continuación por el procesador no lineal (NLP), llamado también recortador central. A ese nivel de supresión se le denomina nivel umbral, es decir, todo eco residual por debajo de ese umbral será suprimido. El nivel umbral se expresa normalmente en valores de dBm0 y debe estar situado en la gama de -35 a -38 dBm0. Si los valores están de acuerdo con las Recomendaciones G.168 [12] y G.165 [11] o cumplen determinados requisitos (por ejemplo, la norma DECT), se pasan por alto las degradaciones debidas al eco en la conexión investigada, lo que significa que el valor de entrada del TELR al modelo E puede permanecer en su valor por defecto de 65 dB.

El principio de un compensador de eco y su algoritmo se basan en un proceso de adaptación que puede prolongarse durante un cierto periodo de tiempo hasta que se obtenga una reproducción satisfactoria de la señal de eco. Ese periodo de tiempo, llamado tiempo de convergencia, deberá ser tan corto como sea posible para evitar efectos perturbadores al comienzo de una secuencia vocal. Con periodos de tiempo inferiores a un segundo se obtiene una calidad suficiente.

Dependiendo del algoritmo utilizado, niveles de señales vocales extremadamente altos a la entrada del compensador de eco pueden provocar distorsiones y reducir la calidad del proceso de adaptación. En la planificación de la transmisión deberá incluirse el control de esos niveles. Por lo general, el

nivel de las señales vocales es suficientemente bajo si el índice de sonoridad en emisión a la entrada del compensador de eco es  $SLR \geq 7$  dB.

Cuando en una conexión se insertan compensadores de eco, se viola la transparencia a los bits. Esto es importante en determinados tipos de transmisión de datos que precisan encaminamiento transparente y deberá ser tenido en cuenta en consecuencia. Aunque los servicios no vocales a través de la red privada, tales como el de facsímil y otras aplicaciones con módem, no requieren un trayecto de transmisión transparente a los bits, el tratamiento de los datos puede resultar perturbado en algunos casos. La mayoría de los módems transmiten un tono de señal, el llamado "tono de neutralización" con una frecuencia de 2100 Hz, antes de empezar la transmisión, para neutralizar o desactivar los compensadores de eco insertados. Dependiendo de las aplicaciones concretas presentes en la red privada, los compensadores de eco deberían proporcionar o no esta prestación.

## **A.2 Parámetros de transmisión de redes públicas**

Junto con el principio básico de la planificación de esta Recomendación, que la planificación de extremo a extremo se lleve a cabo finalmente cuando se conozcan los valores reales de todos los parámetros de transmisión pertinentes de cada sección de una conexión, los datos de las redes públicas tendrán una influencia muy importante en la calidad resultante. Si se dispone de esos valores como valores reales con un grado de exactitud aceptable, en la mayoría de los casos la parte de los diferentes parámetros no utilizada dentro de la red pública puede ser utilizada por la red privada para hacer posible un diseño económico. Así se consigue mayor flexibilidad para la planificación de la red privada, a diferencia de lo que ocurría con los estrictos reglamentos anteriores en los que se establecía un reparto fijo entre las redes.

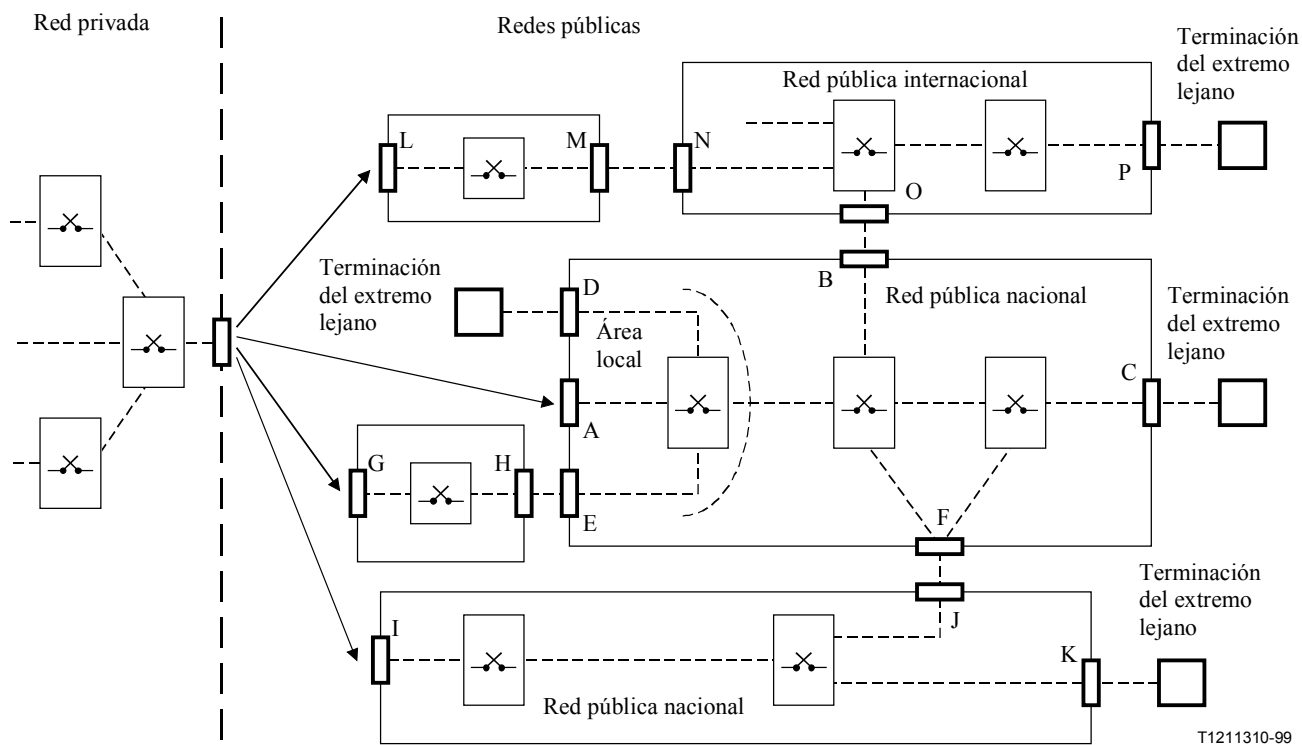
Cuando esos valores tengan que ser definidos durante el proceso de planificación, sólo se podrán obtener unos valores correctos en base a la cooperación o las negociaciones entre operadores de redes privadas y públicas. Habida cuenta de que el método de planificación se aplica sobre todo a grandes redes privadas con un número elevado de canales interconectados, cabe suponer que se produce un intercambio de información suficiente.

Para la investigación de las características reales de la transmisión de una red pública, deberán tenerse en cuenta los tipos principales de conexiones y el tipo de acceso (interconexión). En este sentido, la red pública se puede considerar como una "red de tránsito" que proporciona conexiones con conmutación de circuitos entre el punto de acceso y cualquier terminación del extremo lejano (un teléfono, una PBX u otras redes privadas), o con interfaces con otras redes públicas. En la figura A.2 se muestran varios escenarios posibles de acceso y encaminamiento hacia y entre diferentes redes públicas. Se señala que las conexiones de esta figura sólo son ejemplos de conexión; es decir, son posibles otras varias configuraciones, dependiendo del grado de competencia y liberalización existente.

NOTA – En lo que sigue no se consideran aquellos escenarios o contextos en los que intervienen redes IP.

Considerando primero los contextos europeos, los diversos tipos de interconexión con redes públicas se pueden describir de la siguiente manera: la principal red pública nacional a la que se accede por el punto A proporciona conexiones con terminaciones del extremo lejano ya sea en el área local por el punto D, o a modo de llamada de larga distancia al punto A. La misma red proporciona normalmente conexiones con redes internacionales por el punto B, entrando en la red nacional de un país extranjero por el punto O para conectar con una terminación del extremo lejano vía P.





**Figura A.2/G.108 – Acceso y encaminamiento en redes públicas**

Junto con la red nacional principal, podrían estar disponibles otras redes públicas, a través del punto de acceso I, con sus propias terminaciones del extremo lejano (terminales) por el punto K o mediante interconexiones con la principal red pública vía J y F. Además, pueden existir redes públicas que operen solamente en el área local, como se muestra en la figura A.2, a través de los puntos de acceso G y H, en donde H conecta de nuevo con la principal red pública vía E. Por último, los proveedores de redes que operan a nivel internacional pueden ofrecer acceso internacional directo por el punto de acceso L, conectando la red privada de un trayecto directo con la red pública nacional de un país extranjero a través de las interconexiones M y N.

Considerando a continuación los contextos de interconexión norteamericanos, la figura A.2 se puede describir como sigue: el punto de acceso A está conectado a la central de servicios local de la empresa de explotación de central local (LEC), que proporciona conexiones con otra terminación local (punto D), con terminaciones lejanas situadas dentro de la zona local de acceso y transporte (LATA, *local access and transport area*) (punto A en la misma LATA), o, a través de empresas de explotación entre centrales (IC), con terminaciones del extremo lejano (punto C en una LATA diferente) o empresas de explotación internacionales (vía B y O). El acceso podría efectuarse también directamente a una IC (punto de acceso I), de nuevo a terminaciones que también tienen acceso directo a esa IC (punto K) o a otra IC o LEC (por los puntos J y F). El punto de acceso G representa las conexiones con un proveedor de servicios local alternativo (ya sea un revendedor de servicios o una IC) o la conexión mediante un servicio inalámbrico. Las redes privadas pueden tener también acceso directo a empresas de explotación internacionales (punto L).

Estos ejemplos de posibles interconexiones de una red privada con redes públicas, mostrados en la figura A.2 para los puntos interfaz A, G, I y L, son todos ellos objeto de planificación de la transmisión. Los resultados de los estudios sobre la calidad esperada para las diferentes interconexiones se pueden utilizar, por ejemplo, para comparar diferentes ofertas de servicio de interconexión en base a su relación coste/calidad. Además, cualquier red privada puede utilizar más de uno de esos tipos de acceso en paralelo, por ejemplo, conexiones nacionales a través de A o I y conexiones internacionales a través del acceso L.

En Europa se supone que en todos los puntos de interconexión, A, G, I y L, entre la red privada y las redes públicas hay interfaces únicamente digitales; en contextos de América del Norte, en cambio, se puede considerar que están presentes interfaces digitales y analógicas. Las terminaciones vía C, D, K y P en las diferentes redes pueden ser analógicas digitales, dependiendo de la red y de la terminación del extremo lejano seleccionada a efectos de la planificación (véase A.3). Se puede suponer que las interconexiones con líneas internacionales por el punto B son digitales o analógicas a 4 hilos.

En las grandes redes públicas, son posibles encaminamientos y tratamientos de llamadas diversos para la misma conexión de extremo a extremo, con el resultado de una amplia gama de parámetros de transmisión (por ejemplo, el retardo) en vez de un valor específico y único para cada llamada de esa conexión. Se recomienda por tanto, de conformidad con los principios básicos de la planificación, que los valores se determinen sobre una base estadística más bien que considerando el "caso más desfavorable". No obstante, si se puede, deberán determinarse los valores medios de los parámetros para las diferentes categorías de llamadas; es decir, llamadas locales (entre A y D), llamadas de larga distancia nacionales (entre A y C) o accesos internacionales (entre A y B).

En la determinación de los valores correspondientes a las diferentes categorías de llamadas se deberán incluir todos los parámetros necesarios para la planificación de la red privada. La lista que sigue puede servir de orientación al planificador. Es importante señalar que en esa determinación sólo se tienen en cuenta los valores entre los puntos de acceso (red pública actuando como una red de tránsito), con lo que se excluyen de manera explícita las terminaciones del extremo lejano.

### **A.2.1 Atenuación**

Los valores de la atenuación deberán determinarse para ambos sentidos de la transmisión, sobre todo si, dentro de la red pública, puede existir un encaminamiento mixto analógico/digital junto con una conversión de 4 hilos a 2 hilos. Habrá que incluir además la inserción de atenuadores digitales y los valores de su atenuación.

### **A.2.2 Retardo medio en un sentido**

Deberá determinarse un valor promedio del retardo medio en un sentido de cada parte de un encaminamiento dentro de la red pública formado por secciones digitales o analógicas a 4 hilos. Si los valores para los dos sentidos de la transmisión difieren, en la planificación se utilizará su media aritmética. Si el encaminamiento de la llamada consta también de secciones a 2 hilos dentro de la(s) red(es) pública(s), no deberá tenerse en cuenta ningún posible retardo de esas secciones en los cálculos con respecto al eco. Habrá que prestar una atención especial al posible retardo adicional resultante de la utilización del ATM así como al encaminamiento radioeléctrico (por ejemplo, los puntos G y H de la figura A.2) o vía enlaces por satélite (por ejemplo, los puntos L y M de la figura A.2).

### **A.2.3 Atenuación del eco**

Habrá que determinar los valores de la atenuación media del eco, sobre todo si el encaminamiento dentro de la red pública contiene una conversión (híbrida) de 4 hilos a 2 hilos. Es preciso disponer de la atenuación media del eco de esa conversión híbrida de terminación como una atenuación ponderada del eco. Para más información sobre el algoritmo con el que se obtiene un valor ponderado, véase la Recomendación G.122 [7]. Si se inserta una atenuación adicional dentro de la parte a 4 hilos del encaminamiento, por ejemplo, en sistemas analógicos a 4 hilos (FDM) o atenuadores digitales de pérdidas o ganancias, la suma de esos valores en ambos sentidos de la transmisión deberá estar incluida en la información del operador de la red, ya que forman parte no sólo de la atenuación del eco para la configuración 4 hilos/2 hilos dada sino además entran en el cálculo final del TELR.

#### **A.2.4 Inserción de compensadores de eco**

El operador de la red deberá informar sobre la inserción de compensadores de eco, su emplazamiento y sus datos técnicos y la categoría de llamadas (por ejemplo, llamadas internacionales solamente) y los encaminamientos para los que han sido insertados. Esta información es muy importante para el planificador de la red privada al determinar si se necesitan o no compensadores de eco dentro de la misma. En Europa, los compensadores de eco se aplican principalmente en llamadas internacionales; sin embargo, en algunos casos, sobre todo entre países europeos contiguos, no son necesarios. En América del Norte, los compensadores de eco se utilizan en conexiones nacionales en las que el retardo medio en un sentido probablemente sea superior a 12,5 ms. En una u otra región se pueden instalar compensadores de eco si se utiliza el ATM o sistemas de codificación a baja velocidad binaria.

Por lo que se refiere a los datos técnicos (véase también A.1.10), se puede suponer que los dispositivos utilizados en redes públicas cumplen, en la mayoría de los casos, lo especificado en las Recomendaciones G.165 [11] o G.168 [12]. Cuando los retardos medios en un sentido sean superiores a 5 ms dentro de la red privada, el máximo retardo de cola que el compensador de eco puede compensar deberá ser indicado por el proveedor.

#### **A.2.5 Unidades de distorsión de cuantificación (qdu)**

El número de qdu disminuye al aumentar la digitalización de las redes públicas. A efectos de la planificación, este valor es importante sobre todo si el encaminamiento o bien elementos de la red privada dan lugar a contribuciones de qdu añadidas. Como ya se ha indicado en 8.4, sólo las conversiones A/D-D/A, de acuerdo con la Recomendación G.711 [15] (ley A o ley  $\mu$ ), y los atenuadores de pérdidas o ganancias digitales deberán incluirse en la planificación asignándoles un valor de qdu. Para codificaciones según otros principios, por ejemplo MICDA o si se utilizan codificadores de baja velocidad binaria, deberá utilizarse el factor  $I_e$ .

#### **A.2.6 Valores de degradación de equipo ( $I_e$ )**

La información aportada por el operador o los operadores de redes públicas deberá incluir valores del factor de degradación de equipo ( $I_e$ ), si se utilizan sistemas de codificación a baja velocidad binaria en cualquier tramo de la conexión. Esto también es importante en el caso de secciones radioeléctricas; por ejemplo, si se usa MICDA de acuerdo con la norma DECT [50]. Cuando se apliquen leyes de codificación normalizadas, se podrán utilizar los valores del cuadro 2a para la planificación.

#### **A.2.7 Parámetros relacionados con la transmisión IP**

La transmisión en las redes IP se lleva a cabo ensamblando múltiples bytes en paquetes. Los paquetes incluyen encabezamientos con información fundamental, tal como el origen y el destino del paquete, que se añade en las capas de transporte y red. El tamaño de la cabida útil y del encabezamiento pueden variar, dependiendo de la aplicación y de la naturaleza del protocolo que se utiliza. La comunicación entre dos puntos de extremo se hace por medio de un "tren de datos" (en cierto modo análogo a una conexión de una red con conexiones, por ejemplo la RTPC), que normalmente consta de múltiples paquetes. Cada uno de los paquetes procede de un origen concreto y puede seguir diferentes rutas hacia un destino concreto. En consecuencia, los paquetes de un determinado tren de datos pueden llegar al destino en un orden distinto de aquel en el que fueron transmitidos (es decir, que los paquetes pueden llegar fuera de secuencia). Características propias del protocolo, tales como los números de secuencia o las indicaciones de tiempo, permiten reensamblar los paquetes en el orden que deben tener en su destino.

De la secuenciación apropiada de los paquetes en el tren de datos se encargan las capas superiores de la pila de protocolos, y es algo que no forma parte del protocolo IP. Cuando una aplicación requiere que se utilicen los paquetes que llegan en la secuencia apropiada, se debe incluir un retardo suficiente que permita la integración de los paquetes demorados. Para aplicaciones tales como las

comunicaciones vocales, en donde los retardos de extremo a extremo se han de mantener tan breves como sea posible, quizás sea necesario declarar a los paquetes "muy demorados" como paquetes perdidos para que el retardo tenga un valor aceptable. La aceptación de un retardo mayor (que puede dar lugar a una calidad de transmisión de señales vocales superior, pero que aumentará la dificultad de la conversación) a cambio de la pérdida de paquetes (que puede dar lugar a una calidad de transmisión de señales vocales inferior, pero que facilitará el mantenimiento de una conversación interactiva) debe ser objeto de un análisis cuidadoso cuando se diseñen servicios vocales por protocolo Internet (VoIP, *voice over IP*).

El lector de la presente Recomendación puede deducir, de todo lo anterior, que los procesos de optimización en este campo todavía no han terminado y que por el momento no se dispone de soluciones normalizadas. Es por ello por lo que se ha de recabar del proveedor una explicación detallada de los mecanismos y las repercusiones que tiene una transmisión IP.

### **A.3 Parámetro de transmisión de la terminación del extremo lejano**

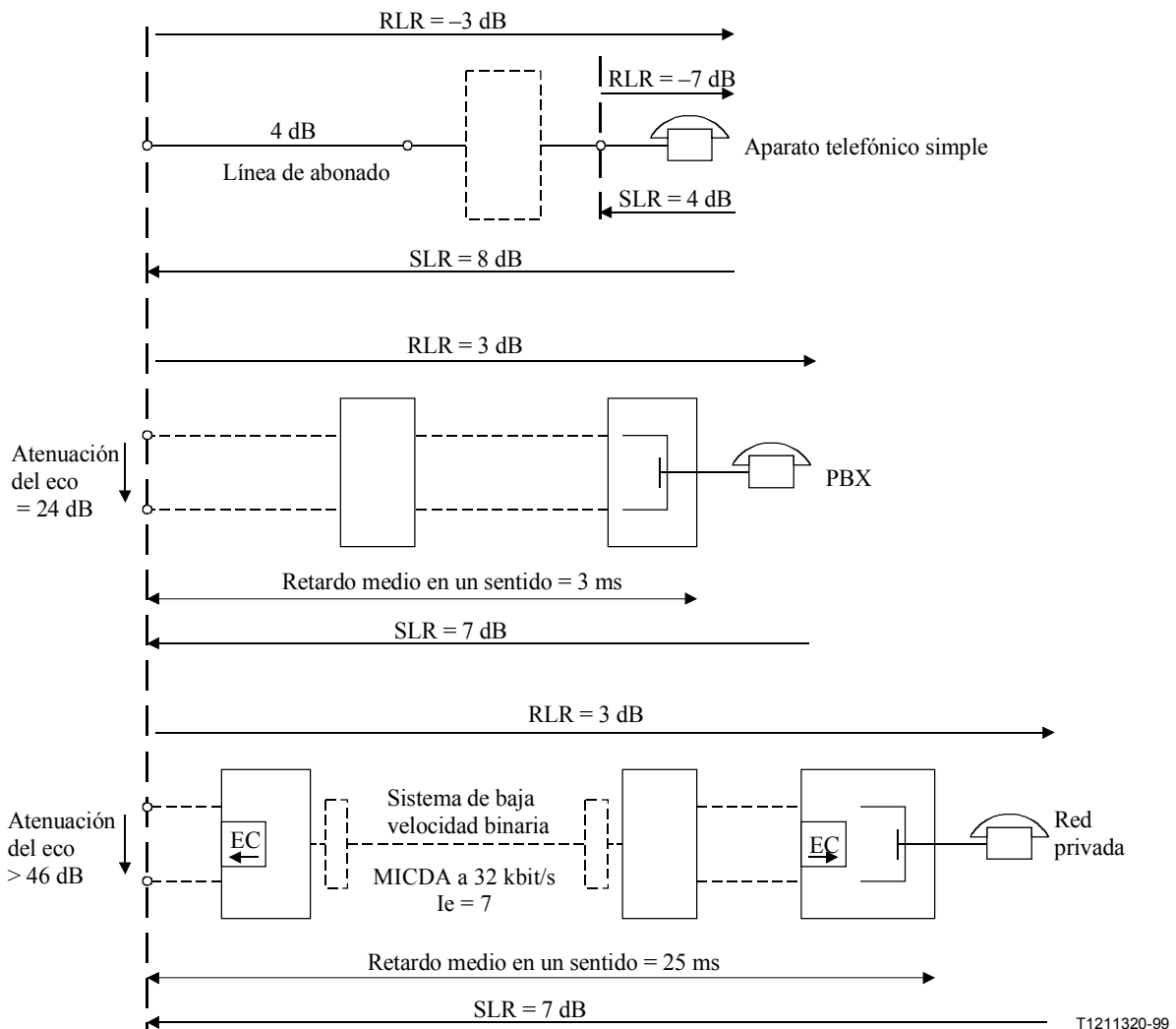
Los principios de planificación recomendados en esta Recomendación se basan en consideraciones relativas a la calidad de funcionamiento de extremo a extremo. Por ello, los resultados de la planificación de la transmisión deberán plasmarse en una estimación razonable de la calidad de las señales vocales que se va a conseguir. Los principios aludidos requieren la inclusión de diversas terminaciones del extremo lejano. No es posible obtener toda la información pertinente a propósito de las conexiones de toda la red pública, sobre todo los detalles de las terminaciones del extremo lejano. Será necesario, por consiguiente, recurrir a hipótesis basadas en valores medios para completar la planificación.

Al determinar las características de la transmisión de la terminación del extremo lejano, es necesario considerar dos posibilidades. La primera de ellas es que las llamadas terminen en un teléfono simple (residencial) y la segunda, que las llamadas terminen en una PBX o red privada (empresarial). Si el planificador de la red privada puede identificar cuál es la categoría preponderante, se puede utilizar esa información para efectuar una planificación más realista (se considera que hay preponderancia cuando el 95% o más de las llamadas pertenecen a una misma categoría).

#### **A.3.1 Escenarios de terminación del extremo lejano de Europa**

Para la definición de una terminación del extremo lejano que incluya todos los parámetros de transmisión pertinentes, se recomiendan tres tipos diferentes de terminación, mostrados en la figura A.3a. Hay que señalar que la configuración y los valores de esas tres terminaciones deben considerarse sólo nominales. La planificación de la atenuación a nivel nacional y los reglamentos nacionales pueden dar lugar también a otras configuraciones y/o valores más realistas. Cuando se disponga de los valores medios y de información nacional relativa a un determinado país o una terminación específica del extremo lejano, y se desvíen de los que se muestran en la figura A.3a, se dará preferencia a esos valores y configuraciones.

Se supone que el teléfono simple está conectado mediante conexión analógica a 2 hilos a la red pública con una atenuación media de la línea de abonado de 4 dB. La línea de abonado se considera parte de la terminación total. La configuración puede incluir además una pequeña PBX con conmutación analógica y atenuación irrelevante. Se supone que el aparato telefónico tiene unos valores de sonoridad nominales de  $SLR = 4$  dB y  $RLR = -7$  dB, lo que da como resultado  $SLR = 8$  dB y  $RLR = 3$  dB para la terminación del extremo lejano en su totalidad. Los valores del índice de sonoridad (LR) pueden apartarse de los valores indicados más arriba en los aparatos telefónicos normalizados de un determinado país. El retardo medio en un sentido y el valor de  $q_{du}$  se supone que son 0 en esa terminación.



**Figura A.3a/G.108 – Configuraciones y características de la transmisión para la terminación del extremo lejano – Europa**

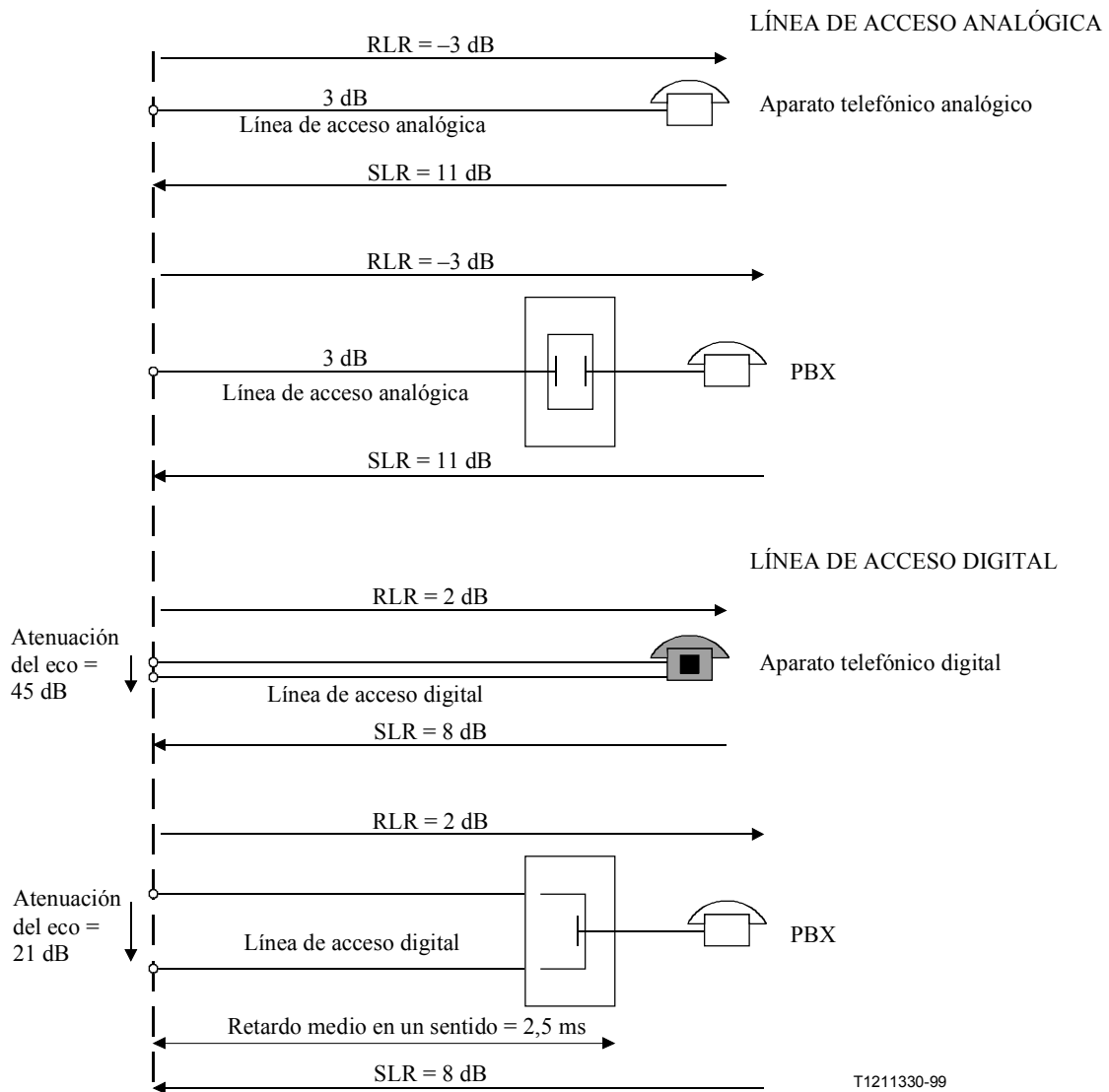
La segunda configuración ilustra una "PBX normalizada" o pequeña red como configuración típica para terminaciones que se hallan en un entorno empresarial. Se supone que la interconexión con la red pública y entre las dos PBX es digital, si bien el teléfono está conectado a un puerto de acceso analógico vía una línea de extensión cuya longitud es irrelevante. La conversión requerida de 4 hilos a 2 hilos dentro de la PBX forma un trayecto de eco con una atenuación ponderada del eco de 24 dB. Como retardo medio en un sentido del trayecto de eco se toma un valor de 3 ms. Los valores del índice de sonoridad se refieren a la interfaz digital con  $SLR = 7$  dB y  $RLR = 3$  dB, siguiendo [54] para interfaces digitales con redes públicas. El valor de  $q_{du}$  se supone que es de 0,5 (la mitad de una conversión A/D-D/A), sin que se utilicen atenuadores de pérdidas digitales.

La tercera configuración simula un encaminamiento "típico" dentro de una red privada de gran tamaño. Aquí se supone de nuevo que la interfaz con la red pública y las interconexiones entre las PBX son digitales. Entre la primera y la segunda PBX se inserta un sistema de baja velocidad binaria en el trayecto de la llamada, utilizando MICDA con  $I_e = 7$  junto con la detección de actividad vocal (VAD), lo que contribuye al retardo adicional. El retardo medio en un sentido entre la interfaz de la red pública y la conversión híbrida de la terminación (con una línea de extensión analógica a 2 hilos) se fija en 25 ms, incluyendo el retardo provocado por la VAD. Dado lo elevado de este valor de retardo, los compensadores de eco están activados en ambos sentidos (trayectos de eco). Puede suponerse, por tanto, que la atenuación del eco proporcionada por esta terminación es muy alta, y el TELR deberá fijarse en su valor por defecto de acuerdo con el cuadro 6. Los índices de sonoridad

son los mismos que para la segunda configuración,  $SLR = 7 \text{ dB}$  y  $RLR = 3 \text{ dB}$ , (de acuerdo con [54]); de manera similar, puede suponerse que el valor de  $qdu$  para esta terminación del extremo lejano es de 0,5.

### A.3.2 Escenarios de terminación del extremo lejano de América del Norte

La mejor manera de clasificar las terminaciones del extremo lejano de América del Norte es según el tipo de línea de acceso. La referencia [44] define dos tipos de líneas de acceso, a saber, analógicas y digitales. En la figura A.3b se ilustran ambos tipos de línea de acceso para conexiones a líneas de abonado y conexiones a una PBX. Los valores de sonoridad son los que, según se especifica en [44], caracterizan las líneas de acceso a la RTPC norteamericana. Para conexiones específicas, se pueden aplicar otros valores.



**Figura A.3b/G.108 – Configuraciones y características de la transmisión para la terminación del extremo lejano – América del Norte**

Se supone que el teléfono analógico está conectado mediante conexión analógica a 2 hilos a la red pública con una atenuación media de la línea de abonado de 3 dB. La línea de abonado se considera parte de la terminación global. Se supone que el aparato telefónico se atiene a los requisitos de [41], con lo que  $SLR = 11 \text{ dB}$  y  $RLR = -3 \text{ dB}$  para la terminación del extremo lejano completa. Se supone asimismo que el retardo medio en un sentido y el número de  $qdu$  son 0 en esa terminación.

El plan de atenuaciones de las PBX en América del Norte, especificado en [40], está concebido de manera tal que un teléfono analógico situado en un bucle local detrás de la PBX, conectada a la RTPC por medio de una línea de acceso analógica con una atenuación de aproximadamente 3 dB, presente unos valores de sonoridad en la interfaz con la RTPC equivalentes a los de una línea de acceso analógica típica terminada en un teléfono analógico. Así pues, si la terminación del extremo lejano es una línea de acceso analógica, el hecho de que esa línea termine en un teléfono o en una PBX no representa ninguna diferencia.

En [44] se definió inicialmente la línea de acceso digital como una línea que termina en un teléfono digital (similar a la RDSI) con características de sonoridad nominales conformes a las normas de la RDSI. (La versión de 1992 de [44] define estas características en términos históricos de la RDSI de América del Norte; en una actualización, programada para 1998, estaba previsto utilizar términos y valores del UIT-T duraderos para que fueran compatibles con las revisiones de [42].) Como se muestra en la figura A.3b, una línea de acceso digital terminada en un teléfono digital proporcionará una terminación del extremo lejano con las características de sonoridad y atenuación del eco conformes a [42].

Recientemente, la definición de línea de acceso digital se ha ampliado para incluir las terminaciones de cualquier equipo que se atenga a los niveles nominales de sonoridad de la RDSI. El plan de atenuaciones de las PBX de [40] está concebido de manera tal que la conexión de un teléfono analógico a una línea de acceso digital produzca niveles de sonoridad en la línea de acceso digital equivalentes a los producidos por un teléfono digital. La diferencia principal, a efectos de la planificación de la atenuación, es que la combinación de inserción de atenuación y conversión de 4 hilos a 2 hilos dentro de la PBX da lugar a un trayecto de eco con una atenuación de eco media de 21 dB. Las directrices de [44] relativas a la aplicación del control del eco en redes que conectan con la red pública sugieren un límite de 2,5 ms para el retardo medio del eco en un sentido, retardo que puede suponerse que es el de las conexiones típicas. Como el valor de qdu se supone el de 0,5 (la mitad de una conversión A/D-D/A), siempre que para insertar la atenuación requerida en la PBX no utilicen atenuadores digitales; en caso contrario, se han de incluir en el cálculo incrementos de qdu adicionales.

## ANEXO B

### Ejemplos de planificación

Los ejemplos de planificación contenidos en este anexo se han tomado de la planificación de redes privadas modificada por consideraciones relativas a escenarios basados en el IP, si bien el método expuesto en esos ejemplos es aplicable, por lo general, a cualquier configuración de red.

Debido al gran número de diferencias entre la región Europa y la región América del Norte en relación con las configuraciones de red y los valores de los distintos elementos de la red, los ejemplos de planificación que siguen se han separado para efectuar un análisis más realista de los escenarios con respecto a cada una de esas zonas. Así pues, en la cláusula B.1 se exponen ejemplos más cercanos a la situación europea, mientras que la cláusula B.2, cuya presentación es similar a la de la cláusula B.1, contiene detalles específicos de América del Norte.

NOTA 1 – No se dan ejemplos de planificación correspondientes a otras regiones porque los dos procedimientos diferentes de planificación de la transmisión que figuran en este anexo pueden servir fácilmente como orientación a los planificadores de la transmisión en otras regiones.

NOTA 2 – Para los cálculos de los ejemplos que siguen se ha tomado el modelo E de la Recomendación G.107 [3] en el momento de la publicación. Si una revisión posterior de la Recomendación G.107 [3] contuviera una versión perfeccionada del algoritmo, los ejemplos de este anexo seguirían siendo válidos de todos modos a efectos de exposición didáctica. Para el trabajo efectivo de

planificación de la transmisión habrá que referirse, en cualquier caso, a la versión más reciente de la Recomendación G.107 [3].

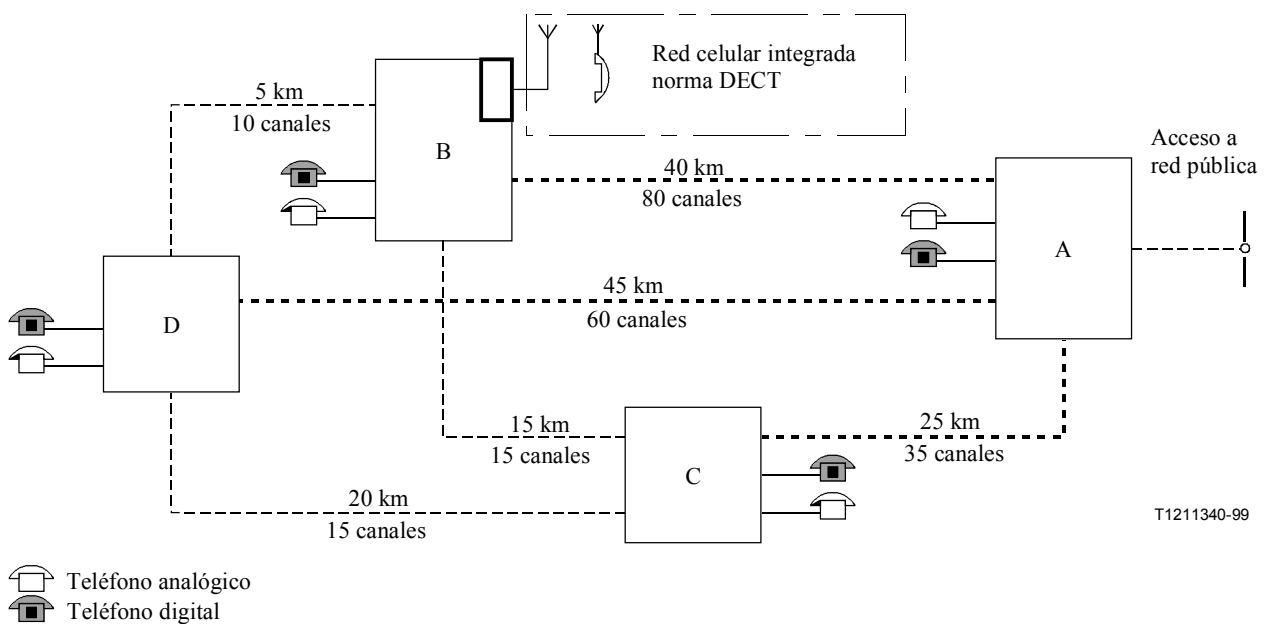
NOTA 3 – Los valores del factor de degradación de equipo (Ie) de los ejemplos que siguen se han tomado del apéndice I/G.113 [5] en el momento de la publicación. Si una revisión posterior del apéndice I/G.113 [5] contuviera valores de Ie diferentes para un determinado códec, los ejemplos de este anexo seguirían siendo válidos a efectos de exposición didáctica. Para el trabajo afectivo de planificación de la transmisión habrá que referirse, en cualquier caso, a la versión más reciente del apéndice I/G.113 [5].

## B.1 Ejemplo de planificación para el contexto europeo

En el ejemplo que sigue se describe cómo se efectúa la planificación de la transmisión de acuerdo con la presente Recomendación. El ejemplo no representa una red privada real, sino que se ha supuesto una determinada estructura, así como un encaminamiento y otros requisitos de usuario de manera que se puedan mostrar los aspectos más críticos de la planificación de la transmisión. Según el ejemplo, se producen unas degradaciones que requieren el empleo de dispositivos de control del eco, lo que permite hacer una exposición de las investigaciones necesarias para la inserción de compensadores de eco. Además, el ejemplo sigue las etapas de la planificación propuestas en la cláusula 11.

### B.1.1 Descripción de la red y demanda del usuario

En la figura B.1 se muestra la estructura básica de la red. La red da servicio a una empresa de tamaño medio, que opera sólo en un área regional y consta de cuatro PBX con matriz de conmutación digital. Las PBX A y B dan servicio a unas 500 extensiones cada una, mientras que las PBX situadas en C y D son equipos más pequeños para 150 extensiones solamente. En todas las PBX se utilizan aparatos telefónicos digitales y analógicos.



**Figura B.1/G.108 – Estructura básica de la red privada**

Todos los elementos de conmutación deberán estar interconectados mediante líneas arrendadas digitales a 2 Mbit/s proporcionadas por el operador de la red pública. En la figura B.1 se indica el número requerido de canales entre los diferentes emplazamientos según la carga de tráfico y las distancias medias. Entre los emplazamientos A-B, A-C y A-D habrá que tener en cuenta un gran volumen de tráfico de datos. Para estos elementos de transmisión deberá buscarse una solución



económica en la que se utilicen multiplexadores de datos con codificación integrada de las señales vocales a baja velocidad binaria.

Como requisito específico del usuario, deberá proporcionarse una red celular que dé servicio a teléfonos sin hilos de la norma DECT, dentro del edificio de oficinas del emplazamiento B. La interfaz entre las partes fijas de esta red celular y la PBX de B es digital.

El acceso a la red pública, y desde la red pública, se hace sólo a través de la PBX de A. La interconexión es totalmente digital. De acuerdo con la actividad empresarial de esta compañía, la mayor parte de las personas o entidades con las que se establece comunicación están en el dominio privado, es decir, se comunican por medio de aparatos telefónicos simples, conectados a la red pública. Aunque la compañía opere sólo en un área regional, no se pueden excluir llamadas de larga distancia nacionales. Las llamadas internacionales, sin embargo, no es preciso tenerlas en cuenta.

Básicamente no hay ninguna restricción al encaminamiento para conexiones internas o conexiones hacia y desde la red pública. Debido a la estructura "en rejilla" de la red privada, también habrá que tener en cuenta durante la planificación el reencaminamiento vía tres PBX en caso de troncales ocupados. Un reencaminamiento vía cuatro PBX (por ejemplo, de A a B vía C y D), no obstante, sería excepcional y no es preciso considerarlo.

### B.1.2 Definición de configuraciones de referencia

Cuando se investigue la red privada en busca de una conexión crítica con respecto a la calidad de transmisión de señales vocales, habrá que analizar sobre todo las conexiones a través de la red pública. En este ejemplo, en el que el acceso a la red pública es digital, sólo se han de considerar llamadas de larga distancia nacionales, y puede suponerse que el aparato telefónico simple con sus características típicas es la terminación del extremo lejano. El trayecto a través de la red pública forma un trayecto de eco vía el convertidor híbrido de la central local del extremo lejano.

Para la conexión más crítica dentro de esta red privada, habrá que tener en cuenta la posibilidad de utilizar equipos de baja velocidad binaria y la posibilidad de reencaminamiento a través de tres PBX. Es probable que, los teléfonos sin hilos del emplazamiento B contribuyan con degradaciones, principalmente efectos del eco, superiores a las de los teléfonos digitales o analógicos alámbricos. Los teléfonos sin hilos de la norma DECT, no obstante, están equipados con dispositivos de control del eco integrados por lo que resulta difícil decidir por adelantado qué aparato telefónico será más crítico. Por ello, deberán definirse e investigarse ambas configuraciones de referencia. Para la primera configuración de referencia se ha seleccionado aparato telefónico analógico y aparato telefónico digital conectados a la PBX de C, ya que un reencaminamiento a través de la PBX de D a la PBX de A contribuirá (según una estimación somera) con más tiempo de propagación debido a la longitud de las líneas arrendadas. En la figura B.2 se muestra la configuración de referencia 1 resultante.

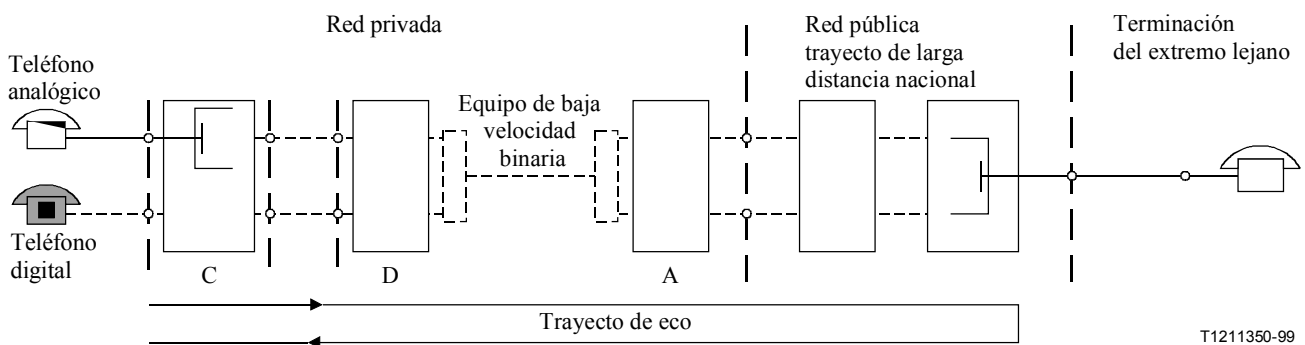
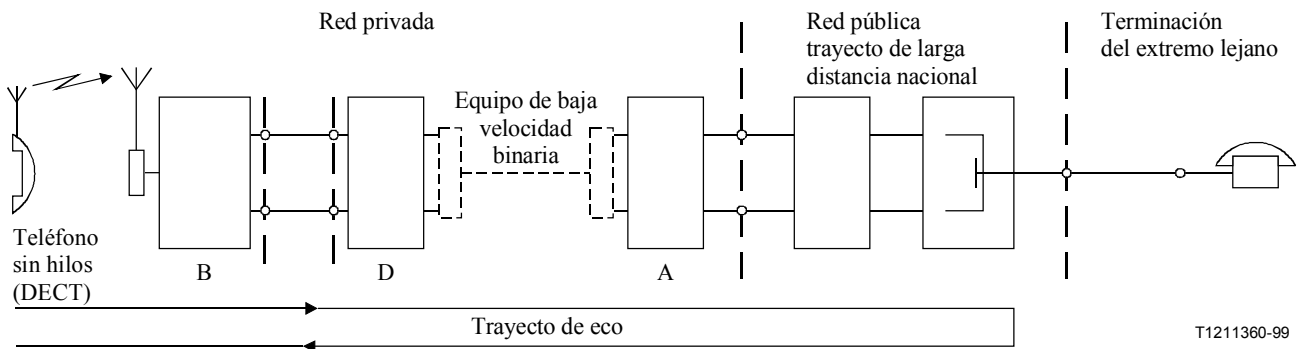


Figura B.2/G.108 – Configuración de referencia 1

Se han incluido ambos tipos de aparato telefónico para una posible diferencia de degradaciones. De esta manera, el planificador puede efectuar la estimación de la calidad de todas las extensiones de C utilizando la misma configuración de referencia. La configuración contiene también el equipo de baja velocidad binaria entre las PBX de A y D.

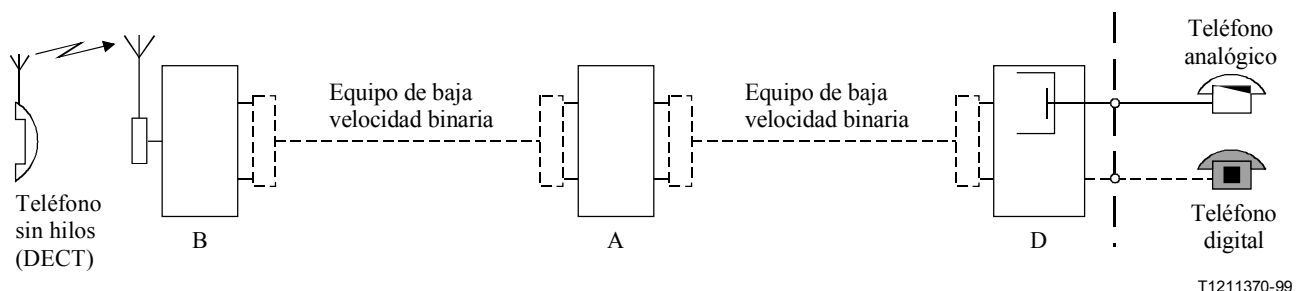
La segunda configuración de referencia se basa en los teléfonos sin hilos de la red celular del emplazamiento B conectados a través de las PBX de D y A y la red pública de nuevo al teléfono simple de la terminación del extremo lejano. En la figura B.3 se muestra el principio de esta configuración de referencia 2.

En ambas configuraciones de referencia cabe esperar degradaciones debidas al eco, causadas no sólo por el equipo de baja velocidad binaria sino también por el retardo adicional de los teléfonos sin hilos. El trayecto de eco efectivo mostrado en las figuras B.2 y B.3 es comparable para ambas configuraciones. Con respecto a la posible utilización de dispositivos de control del eco, se deberían considerar las dos configuraciones a la vez, para hacerse una idea de qué tipo de compensadores de eco y qué emplazamientos deben seleccionarse de modo que se dé servicio a los dos equipos terminales, que son diferentes, con el mismo dispositivo.



**Figura B.3/G.108 – Configuración de referencia 2**

Aunque, en la mayoría de los casos, las conexiones a través de la red pública son más críticas que las conexiones internas, también habrá que tener en cuenta los encaminamientos dentro de la red privada. En la red de este ejemplo, una configuración puede resultar crítica cuando los teléfonos sin hilos del emplazamiento B estén conectados con teléfonos analógicos o digitales de D vía la PBX de A. En este caso, dos equipos de baja velocidad binaria están conectados en tándem (entre B-A y A-D), contribuyendo con retardo y distorsiones, y posiblemente requieran la instalación de dispositivos de control del eco para las llamadas internas. Por ello se incluye en la planificación una tercera configuración de referencia, que se muestra en la figura B.4.



**Figura B.4/G.108 – Configuración de referencia 3**

Estas tres configuraciones de referencia sirven ahora de base para la determinación de los valores de los parámetros pertinentes de los diferentes elementos y para los cálculos de planificación que siguen. Si los resultados correspondientes a estas configuraciones, que son las más críticas y en las que se incluyen todos los dispositivos de compensación de eco necesarios, se hallan dentro de una gama de valores suficiente con respecto a la calidad esperada, puede suponerse que las demás conexiones de esta red privada tienen menores degradaciones.

### **B.1.3 Determinación de los parámetros de transmisión**

En la etapa siguiente se determinarán los valores de los diferentes parámetros de la transmisión de acuerdo con las tres configuraciones de referencia, en las que se indican todos los elementos pertinentes. La información correspondiente, o bien es conocida o bien deberán proporcionarla los operadores de redes o los suministradores de equipos. Habrá que determinar, para las configuraciones de referencias definidas, los valores de la terminación del extremo lejano, de la red pública, de las líneas arrendadas y de los equipos que se han de utilizar dentro de la red privada.

#### *Terminación del extremo lejano*

Como terminación del extremo lejano se ha elegido el aparato telefónico simple (dominio privado). Los valores correspondientes pueden tomarse de la descripción de A.3.1 con  $SLR = 8$  dB y  $RLR = -3$  dB. Estos valores incluyen una línea de abonado típica con una atenuación de 4 dB. Ahora bien, a efectos de los cálculos de la planificación y para la asignación a una configuración de trabajo del modelo E, se puede considerar la terminación del extremo lejano en su totalidad como un aparato telefónico.

#### *Red pública*

El operador de la red pública proporciona la información que se indica más adelante:

Para el acceso digital a la red pública se puede suponer la existencia de un encaminamiento totalmente digital dentro de la red hasta la central local, que da servicio a la terminación del extremo lejano, tanto si las llamadas son locales como si son regionales o de larga distancia. Dependiendo de la ubicación y del punto de acceso de la red privada, deberá suponerse un retardo medio en un sentido entre el punto de acceso y cada central local de terminación de 10 ms. El convertidor híbrido de la terminación proporciona un valor medio de 24 dB de atenuación de eco ponderada. Este valor incluye una atenuación de 7 dB en el sentido hacia la terminación del extremo lejano. Dentro de la red pública no hay más pérdidas o ganancias.

#### *Líneas arrendadas*

Todas las líneas arrendadas proporcionadas por el operador de la red pública son líneas digitales con una interfaz a 2 Mbit/s en ambos extremos. El encaminamiento es transparente a los bits en todos los casos. Los valores siguientes del retardo medio en un sentido han sido determinados por el operador:

Línea	A-B, A-C, C-D	cada una	1,0 ms
Línea	A-D		1,5 ms
Línea	B-C		0,8 ms
Línea	B-D		0,5 ms

### **Elementos terminales de la red privada**

A lo largo de la red se utilizan tres tipos de terminales: teléfonos analógicos, teléfonos digitales y teléfonos sin hilos. Cumplen los requisitos nacionales o las normas TBR europeas. Como terminales analógicos sólo se utilizan los de tipo moderno con circuitos electrónicos e impedancias complejas capacitivas. Los valores de los parámetros pertinentes a efectos de la planificación de la transmisión son los que se indican a continuación:

Teléfonos analógicos (los valores que siguen se han elegido en consonancia con los objetivos de este ejemplo):

Índice de sonoridad en emisión	SLR = +4 dB
Índice de sonoridad en recepción	RLR = -7 dB
Impedancia de entrada	$Z_R = 270 \Omega + (750 \Omega \parallel 150 \text{ nF})$
Impedancia de equilibrado	$Z_B =$ optimizada para terminación con $Z_R$
Retardo medio en un sentido	$\tau =$ irrelevante

Teléfonos digitales (de acuerdo con [49]):

Índice de sonoridad en emisión	SLR = +7 dB
Índice de sonoridad en recepción	RLR = +3 dB
Atenuación ponderada por acoplamiento del terminal	TCLw = > 46 dB
Retardo medio en un sentido	$\tau = 1,5 \text{ ms}$

Otros parámetros, asignados en el modelo E a un aparato telefónico, tales como el STMR, el LSTR y el factor D, pueden permanecer en sus valores por defecto. En el caso de teléfonos analógicos, esto está garantizado debido a la correcta adaptación de impedancias entre el teléfono analógico y la impedancia de entrada de las interfaces de extensión de las PBX.

Teléfonos sin hilos (de acuerdo con [50]):

Los valores están referidos a la interfaz digital con la PBX de B, es decir, incluyendo la parte portátil y la parte fija del teléfono sin hilos.

Índice de sonoridad en emisión	SLR = +7 dB
Índice de sonoridad en recepción	RLR = +3 dB
Retardo medio en un sentido	$\tau = 14 \text{ ms}$
Supresor programable (parte fija): atenuación de eco adicional	9 dB
tiempo de mantenimiento	60 ms
Compensador de eco	no aplicable con interfaces digitales
Atenuación de eco artificial	disponible, pero inhabilitada
Atenuación ponderada por acoplamiento del terminal	TCLw = 46 dB y 34 dB opcional (nota)

NOTA – Deberá suponerse la presencia de ambos tipos de parte portátil, no obstante lo cual se proporciona señalización hacia la parte fija de acuerdo con [50].

#### *Elementos de conmutación*

Las PBX de los diferentes emplazamientos son del mismo tipo con una matriz de conmutación MIC a 64 kbit/s. Sólo se disponen de interfaces analógicas para extensiones analógicas. Es posible la inserción de atenuadores de pérdidas o ganancias digitales y puede ser controlada dependiendo de los tipos de interfaces conectadas. En el caso de interfaces analógicas, se suponen los siguientes valores:

Nivel de entrada relativo (A/D)	0 dBr
Nivel de salida relativo (D/A)	-7 dBr
Impedancia de entrada	$270 \Omega + (750 \Omega \parallel 150 \text{ nF})$
Impedancia de equilibrado	$270 \Omega + (750 \Omega \parallel 150 \text{ nF})$
Atenuación de eco	25 dB (para terminación con $Z_R$ )

La atenuación del eco de 25 dB incluye la atenuación en recepción de 7 dB. Todas las demás características están de acuerdo con las normas nacionales o europeas. Los niveles de entrada y salida relativos de las interfaces digitales son de 0 dB<sub>r</sub>, si no se utiliza pérdida o ganancia digital. Para todas las conexiones que incluyen una interfaz de extensión analógica, la matriz de conmutación inserta una atenuación digital de 3 dB en ambos sentidos de la transmisión. Como valor de retardo medio en un sentido se puede suponer 1 ms (valor medio) para cada tipo de conexión a efectos de la planificación.

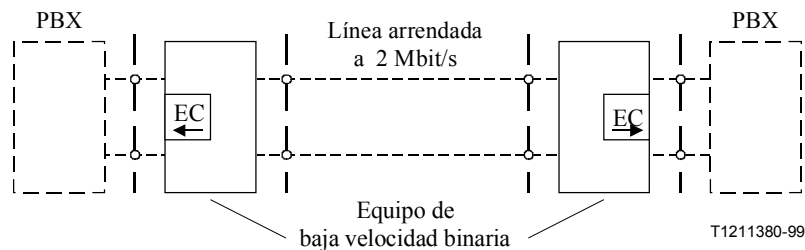
La transconexión por la matriz de conmutación sólo se efectúa después de la terminación (aparato telefónico en posición de descolgado). Todos los aparatos telefónicos analógicos utilizan señalización DTMF, es decir, para esta red no deberán considerarse ni circuitos en reposo ni cortocircuitos con respecto a la estabilidad.

*Equipo de baja velocidad binaria*

Todos los equipos de baja velocidad binaria (multiplexadores) son asignados a las líneas arrendadas digitales e instalados entre las interfaces a 2 Mbit/s de la línea arrendada y la PBX como se muestra en la figura B.5. El equipo lleva a cabo la compresión de las señales vocales utilizando MICDA a 32 kbit/s o 24 kbit/s. Los valores de factor de degradación de equipo correspondientes pueden tomarse del cuadro 2a con:

- equipos MICDA a 32 kbit/s       $I_e = 7$
- equipos MICDA a 24 kbit/s       $I_e = 25$

Si dos o más equipos están conectados en tándem cuando se efectúa una decodificación para la transconexión por una PBX, deberán agregarse las degradaciones de cada equipo de la conexión.



EC compensador de eco integrado

**Figura B.5/G.108 – Utilización de un equipo de baja velocidad binaria para una línea arrendada**

Para más capacidad en las líneas arrendadas se utiliza una detección de actividad vocal (VAD) además de la codificación MICDA. La VAD habrá de ser tenida en cuenta debido al retardo adicional. El retardo total de este equipo es demasiado alto para la mayoría de las aplicaciones, por lo que se proporcionan compensadores de eco integrados que pueden ser activados o desactivados manualmente. Las características que interesan de un equipo como éste a efectos de la planificación, indicadas por el suministrador, son como sigue:

Retardo medio en un sentido	20 ms (con VAD para 32 ó 24 kbit/s)
Atenuación entre las dos interfaces digitales	0 dB
Selección de la codificación	fija
Reconocimiento de señales de facsímil con adaptación de código	sí

Las características de los compensadores de eco integrados son (véanse también 10.2 y A.1.9):

Atenuación de eco mínima requerida (híbrida)	6 dB
Atenuación de eco (sin NLP)	25 dB
Nivel de eco residual (con NLP)	-65 dBm0
Umbral del NLP	-36 dBm0
Retardo de trayecto de eco permitido (dos veces el retardo medio en un sentido)	15 ms
Trayecto de eco lineal requerido	sí
Tiempo de convergencia	< 1 s

Se señala que estos compensadores de eco son, con la excepción del retardo de trayecto de eco permitido, casi idénticos a los que se ajustan a las Recomendaciones G.165 [11] o G.168 [12].

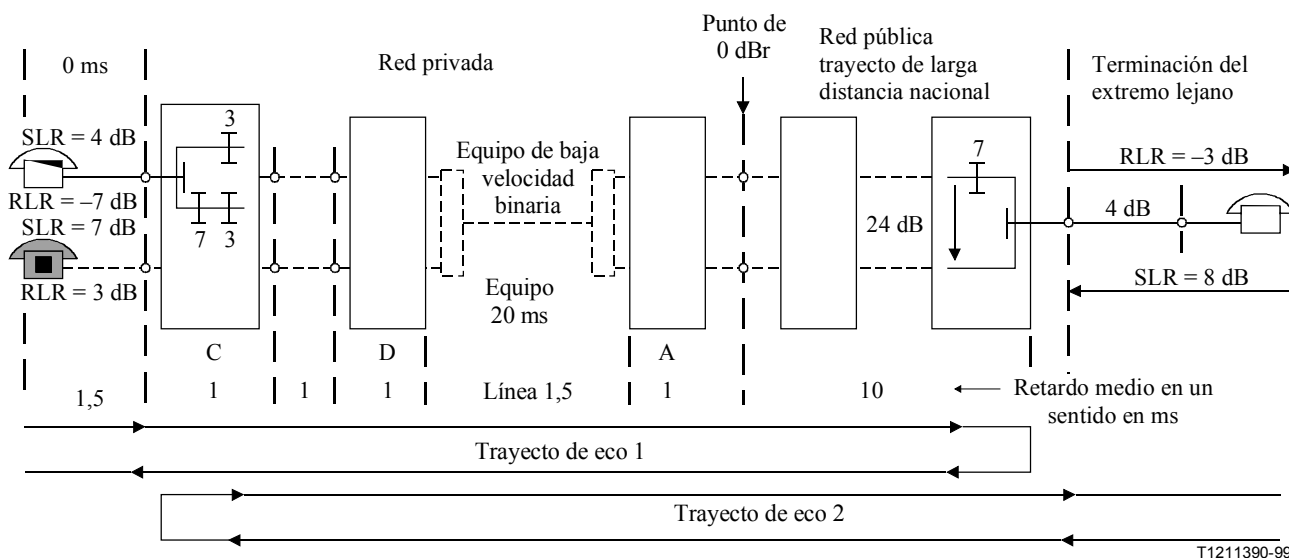
#### **B.1.4 Cálculos de extremo a extremo con el modelo E**

Una vez determinados y recogidos todos los datos necesarios, se pueden efectuar ya los cálculos con el modelo E. En este ejemplo, los cálculos se efectúan para cada una de las tres configuraciones de referencia separadamente. En las figuras B.6 a B.8 se ilustran de nuevo las configuraciones, que ahora contienen además todos los valores de los parámetros pertinentes para una identificación más clara de los parámetros de entrada al modelo E. En las tres configuraciones se pueden excluir ya de los cálculos algunos parámetros, es decir, que permanecerán en sus valores por defecto durante los mismos.

Como ya se ha mencionado, los parámetros relacionados con los aparatos telefónicos, tales como el STMR, el LSTR y los factores D, no son importantes debido a la correcta adaptación de impedancias de los aparatos analógicos y a que las características de los teléfonos digitales y sin hilos se atienen a las normas pertinentes. Se pueden utilizar, además, valores por defecto para los parámetros de ruido ambiente en el lado emisión y lado recepción, ya que todos los teléfonos están instalados en un entorno de trabajo burocrático sin ruido generalizado. Finalmente, también el número de unidades de distorsión de cuantificación puede permanecer en el valor por defecto de  $q_{du} = 1$  cuando se investiguen los aparatos telefónicos de C, ya que en todas las configuraciones está activa una conversión A/D-D/A (con independencia de la codificación MICDA que se trata separadamente). Si se consideran los aparatos telefónicos analógicos de C, se inserta un atenuador de pérdidas digital ( $q_{du} = 0,7$ ) con el resultado de un parámetro  $q_{du}$  de entrada de 1,7.

##### *Configuración de referencia 1*

En la figura B.6 se muestra la configuración de referencia 1 incluyendo todos los valores de parámetros necesarios e indicando los trayectos de eco que se han de calcular.



**Figura B.6/G.108 – Bases de cálculo de la configuración de referencia 1**

Para el cálculo y la definición de los valores efectivos de entrada al modelo E, el primer paso consiste en seleccionar una de las configuraciones de trabajo (véase 9.2) junto con la definición del punto de 0 dBr. En la configuración una vez establecida, se define el punto de 0 dBr entre la red privada y la red pública (interfaz de acceso de la PBX A).

La elección de la configuración de trabajo depende de si se considera el aparato telefónico analógico o el digital de la red privada. Respecto a las degradaciones debidas al trayecto de eco 1, presente con ambos aparatos telefónicos, deberá asignarse el aparato telefónico de la red privada al lado recepción de la configuración de trabajo. En la investigación del trayecto de eco 2, la terminación del extremo lejano representa el lado recepción en el modelo E.

Los parámetros pertinentes del eco de trayecto 1 deberán determinarse mediante un cálculo previo. Es importante señalar que el retardo medio en un sentido total de la línea arrendada entre A y D se compone de un retardo de 20 ms correspondiente al equipo de baja velocidad binaria y de un retardo de 1,5 ms de la propia línea arrendada. El TELR se puede calcular como sigue:

	<b>Teléfono analógico</b>	<b>Teléfono digital</b>
SLR de teléfono	4 dB	7 dB
Atenuación híbrida en C (trayecto de transmisión)	0 dB	–
Atenuador digital en C (trayecto de transmisión)	3 dB	0 dB
Atenuación de eco en red pública	24 dB	24 dB
Atenuador digital en C (trayecto de recepción)	3 dB	0 dB
Atenuación híbrida en C (trayecto de recepción)	7 dB	–
RLR de teléfono	<u>-7 dB</u>	<u>3 dB</u>
TELR	34 dB	34 dB

La WEPL se puede calcular como sigue:

	<b>Teléfono analógico</b>	<b>Teléfono digital</b>
TCLw del aparato telefónico digital	–	46 dB
Atenuación de eco (teléfono analógico)	25 dB	–
Atenuador digital en C (trayecto de transmisión)	3 dB	3 dB
Atenuador digital en C (trayecto de recepción)	3 dB	3 dB
Atenuación de eco en red pública	<u>24 dB</u>	<u>24 dB</u>
WEPL	55 dB	76 dB

El retardo medio en un sentido T del trayecto de eco 1 se obtiene por simple adición de cada uno de los valores a lo largo de la configuración de referencia de la figura B.6; y puesto que las fuentes de eco se hallan en ambos extremos de la conexión, los parámetros del retardo se pueden calcular como sigue:  $T_a = T$  y  $T_r = 2 T$ . El resultado es:

Teléfono analógico  $T = 35,5$  ms

Teléfono digital  $T = 37,0$  ms

El valor del retardo del teléfono analógico y el del teléfono digital difieren sólo ligeramente, como se esperaba. En otro cálculo previo, deberán determinarse el SLR y el RLR referidos al punto de 0 dBr definido como los parámetros de entrada finales. Para los teléfonos de la red privada, asignados al lado recepción del modelo E, sólo será necesario disponer del RLR. El valor se obtiene con  $RLR = 3$  dB en ambos teléfonos. Para el SLR, interesa el trayecto entre la terminación del extremo lejano (lado emisión) y el punto de 0 dBr. El resultado correspondiente es  $SLR = 8$  dB.

La degradación que queda por determinar en este ejemplo es el factor de degradación de equipo ( $I_e$ ). La configuración de referencia 1 contiene el equipo de baja velocidad binaria entre las PBX de A y D. La codificación utilizada es la MICDA con una velocidad binaria de 32 ó 24 kbit/s. De acuerdo con el cuadro 2a, los valores correspondientes son  $I_e = 7$  para 32 kbit/s e  $I_e = 25$  para 24 kbit/s. Estos valores se pueden utilizar directamente como parámetros de entrada. Ambos deberán formar parte de la planificación.

Antes de efectuar la serie de cálculos con el modelo E, habrá que fijar el valor de los parámetros de entrada que se indican a continuación para la configuración de referencia 1. Todos los demás parámetros de entrada se fijarán en sus valores por defecto, indicados en el cuadro 4.

SLR = 8 dB

RLR = 3 dB

TELRLR = 34 dB (para ambos teléfonos)

WEPL = 55 dB (para teléfonos analógicos)

WEPL = 76 dB (para teléfonos digitales)

T = 35,5 ms (para teléfonos analógicos)

T = 37,0 ms (para teléfonos digitales)

$T_a$  = 35,5 ms (para teléfonos analógicos)

$T_a$  = 37,0 ms (para teléfonos digitales)

$T_r$  = 71 ms (para teléfonos analógicos)

$T_r$  = 74 ms (para teléfonos digitales)

$I_e$  = 7 (para equipo MICDA a 32 kbit/s)

$I_e$  = 25 (para equipo MICDA a 24 kbit/s)



qdu = 1,7 (para teléfonos analógicos)

qdu = 1 (para teléfonos digitales, igual al valor por defecto)

Para reducir el número de cálculos, se pueden promediar los parámetros T y Ta a  $T = Ta = 36$  ms (en consecuencia, Tr se fija en 72 ms) y el número de qdu se puede dejar en el valor por defecto, ya que no habrá ninguna diferencia entre los resultados cuando los valores de qdu sean inferiores a 4 (véase también 7.5).

A continuación se muestra el resultado de los cálculos efectuados con el modelo E para la configuración de referencia 1 (con aparato telefónico analógico) expresado en forma de índice R de dicho modelo y los distintos valores de degradación, Is, Id e Ie. Se señala que, con el aparato telefónico digital, el índice R del modelo E aumenta en  $\Delta R = 0,5$  debido al mayor valor de la WEPL.

	<b>R</b>	Is	Id	Ie
con equipo MICDA a 32 kbit/s	<b>60,1</b>	0,3	26,1	7
con equipo MICDA a 24 kbit/s	<b>42,1</b>	0,3	26,1	25

Según un primer análisis, los valores resultantes del índice R del modelo E son muy bajos en ambos casos. Examinando los valores por separado, sobre todo por lo que se refiere a Id, suma de degradaciones debidas al eco, e Ie, degradaciones de equipos, la degradación más importante la provoca el retardo del equipo MICDA a 32 kbit/s. La misma degradación está presente además cuando se utiliza MICDA a 24 kbit/s. El elevado valor de Id se puede reducir si se utilizan dispositivos de control del eco. En tal caso, también el valor de  $R = 42,1$  se incrementaría, pero permaneciendo de todos modos por debajo de 70, un valor que deberá evitarse en conexiones normalizadas. Conexión normalizada significa que todos los abonados de los emplazamientos B, C y D perciben una calidad situada en la gama media en todas las llamadas hacia y desde la red pública. Por consiguiente, en una primera aproximación se puede optar por la exclusión de la MICDA a 24 kbit/s.

También deberán investigarse, en beneficio de la terminación del extremo lejano con respecto a los efectos del eco, los requisitos de la interfaz entre la red pública y la red privada, tal como se describe en 7.9. Los valores requeridos de los índices de sonoridad, generados por la red privada en la interfaz quedan satisfechos con  $SLR \geq 7$  dB y  $RLR \geq 3$  dB. Además, se garantiza una atenuación de eco  $\geq 24$  dB con 31 dB (25 dB del convertidor híbrido de C y atenuación digital de  $2 \times 3$  dB en C). Ahora bien, estos valores se limitan al caso de redes con un retardo medio en un sentido de menos de 5 ms. Para la configuración de referencia 1, sin embargo, ese valor es de 25,5 ms y se hace necesario efectuar un cálculo para el trayecto de eco 2 (véase la figura B.6).

Al efectuar dicho cálculo sólo deberá tenerse en cuenta el aparato telefónico analógico de la red privada, ya que el TELR será de todos modos más bajo (es decir, más crítico) que con un teléfono digital que termine el trayecto de eco con una TCLw de 46 dB. Como configuración de trabajo se puede utilizar la conexión 2 hilos/2 hilos de la figura 16 siendo de nuevo la interfaz entre la red pública y la red privada el punto de referencia de 0 dBr. La terminación del extremo lejano deberá asignarse entonces al lado recepción del modelo E.

En los cálculos previos se puede utilizar la configuración de referencia de la figura B.6. El SLR (ahora para el aparato telefónico de la red privada) hasta el punto de referencia es la suma de la atenuación del aparato y del atenuador digital de C que da como resultado a  $SLR = 7$  dB. El RLR de la terminación del extremo lejano incluye el valor de dicha terminación y la atenuación en recepción de 7 dB en la central local, cuya suma es  $RLR = 4$  dB.

Los parámetros T y TELR del trayecto de eco 2 se pueden agregar a lo largo de ese trayecto como se muestra en la figura B.6. El retardo medio en un sentido es  $T = 35,5$  ms, idéntico al de trayecto de eco 1. La suma de los componentes del TELR es como sigue:

SLR de la terminación del extremo lejano	8 dB
Atenuación híbrida en la central local	0 dB
Atenuador digital de C	3 dB
Atenuación de eco del convertidor híbrido de C (incluyendo la atenuación en recepción de 7 dB)	25 dB
Atenuador digital de C	3 dB
Atenuación híbrida en la central local	7 dB
RLR de la terminación del extremo lejano	<u>-3 dB</u>
TELR	43 dB

Todos los demás parámetros de entrada pueden dejarse en sus valores por defecto o pueden tener los mismos valores que se fijan para el trayecto de eco 1. Para el valor de degradación de equipo sólo se considera equipo MICDA a 32 kbit/s. Los parámetros de entrada son:

SLR	=	7 dB
RLR	=	4 dB
TELR	=	43 dB
WEPL	=	55 dB
T	=	35,5 ms
Ta	=	35,5 ms
Tr	=	71 ms
Ie	=	7 (para equipo MICDA a 32 kbit/s)

El resultado del cálculo para la terminación del extremo lejano es:

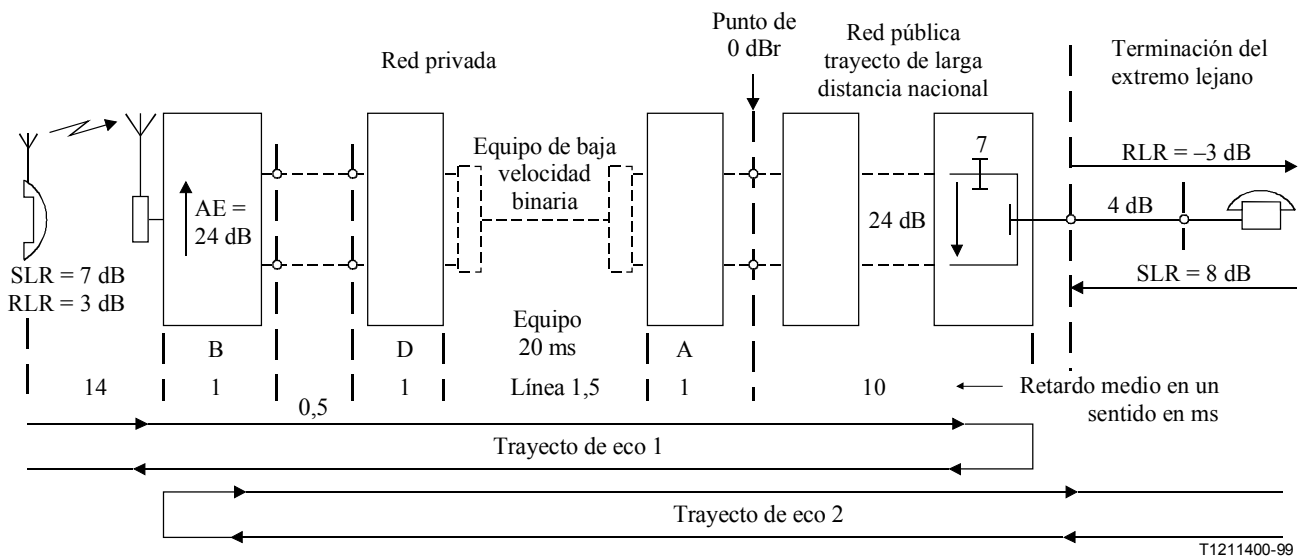
R	Is	Id	Ie
<b>76,3</b>	0,3	10,1	7

Con este valor de 76,3 del índice R del modelo E, el abonado de la terminación del extremo lejano puede esperar una calidad superior a la del abonado de la red privada. No obstante, incluso este valor podría mejorarse todavía si se proporcionaran los dispositivos de control del eco correspondientes para la terminación del extremo lejano.

### *Configuración de referencia 2*

El procedimiento, la definición del punto de 0 dB y los cálculos correspondientes a la configuración de referencia 2 son similares a los de la configuración de referencia 1. La única diferencia entre estas dos configuraciones está en la red privada, en la que ahora se considera un teléfono sin hilos conectado a la PBX de B, como se muestra en la configuración detallada de la figura B.7.

Para la estimación de la calidad de la red privada, deberá asignarse el teléfono sin hilos al lado recepción del modelo E en la primera investigación. En este caso se puede utilizar la configuración de trabajo para conexiones 2 hilos/4 hilos de la figura 19. Además, en una segunda investigación, habrán de tenerse en cuenta las degradaciones de la terminación del extremo lejano, sobre todo con respecto al eco. Las principales degradaciones en esta configuración se deberán, previsiblemente, al retardo y la distorsión causados por la utilización de la codificación MICDA. Otros parámetros, descritos para la configuración de referencia 1, se pueden dejar en sus valores por defecto o bien no tienen importancia en esta configuración.



AE atenuación de eco artificial

**Figura B.7/G.108 – Base de cálculo de la configuración de referencia 2**

El cálculo previo del valor de los índices de sonoridad para la investigación del teléfono digital, es igual que para la configuración 1, y los resultados son  $SLR = 8$  dB (terminación del extremo lejano) y  $RLR = 3$  dB (ningún atenuador digital activo en la PBX B). La atenuación de eco artificial, AE de B, que se muestra en la figura B.7 (si está habilitada, sólo es efectiva para el abonado de la terminación del extremo lejano) está inhabilitada en el caso presente.

Los parámetros del trayecto de eco 1 se determinan de nuevo para el retardo medio en un sentido T mediante una simple adición que da como resultado  $T = 49$  ms, que es igual al retardo absoluto  $T_a$ . Para el TELR dentro del trayecto de eco 1 deberá tenerse en cuenta una característica específica del teléfono sin hilos: el supresor programable (SS). El SS se fija en una atenuación adicional de 9 dB y permanece activado mientras dura la comunicación vocal. Esto se puede interpretar también en el cálculo del TELR como un incremento del RLR del teléfono sin hilos. El RLR que se ha de utilizar para calcular el TELR es entonces  $RLR = 3$  dB + 9 dB = 12 dB. Puesto que no hay ninguna otra atenuación, ni en la red privada (no hay atenuadores de pérdidas digitales en B) ni en la red pública, sólo la atenuación del eco en la central local y los índices de sonoridad del teléfono sin hilos con  $SLR = 7$  dB y  $RLR = 12$  dB contribuyen a la atenuación del trayecto de eco con  $TELR = 43$  dB.

Para las degradaciones causadas por el eco para el oyente y el trayecto de eco 2, se supone que está habilitada la atenuación de eco artificial, con 24 dB, porque de este modo resulta un valor más bajo para WEPL y TELR (del trayecto de eco 2) que la TCLw del aparato telefónico sin hilos. En este caso, para el retardo de ida y vuelta ( $T_r$ ) sólo se han de tener en cuenta los segmentos de retardo que se producen dentro del bucle a 4 hilos, es decir, se excluye el retardo de 14 ms causado por el aparato telefónico sin hilos; con lo que  $T_r = 2 \times 35$  ms = 70 ms. Para el cálculo de la WEPL sólo se ha de considerar la atenuación del eco de la terminación del extremo lejano con 24 dB y el AE (eco artificial) con 24 dB, lo que da como resultado una WEPL de 48 dB.

Para el factor de degradación de equipo se utiliza dos veces la codificación MICDA a 32 kbit/s, con el resultado de un valor total de  $I_e = 14$ . Los valores de entrada al modelo E para el cálculo de la configuración de referencia 2 son:

- SLR = 8 dB
- RLR = 3 dB
- TELR = 43 dB

WEPL = 48 dB  
 T = 49 ms  
 Ta = 49 ms  
 Tr = 70 ms  
 Ie = 14 (para equipo MICDA a 32 kbit/s)

fijándose todos los demás parámetros en sus valores por defecto. El resultado del cálculo es:

R	Is	Id	Ie
64,5	0,3	15,3	14

En un primer análisis, este resultado de índice del modelo E  $R = 64,5$  se considera también demasiado bajo, ya que todos los abonados que utilicen teléfonos sin hilos percibirían sólo una calidad media en las llamadas hacia y desde la red pública, lo que parece inaceptable. También para este tipo de conexiones deberán proporcionarse dispositivos de control del eco adicionales.

En la investigación de la calidad percibida en la terminación del extremo lejano, habrá que tener en cuenta el trayecto de eco 2 que se muestra en la figura B.7 y asimismo las degradaciones de equipo causadas por el equipo MICDA a 32 kbit/s que perturban también a la terminación del extremo lejano. Dicha terminación se asigna ahora al lado recepción del modelo E, lo que corresponde a la configuración de trabajo para conexiones 4 hilos/2 hilos de la figura 17. Los parámetros de entrada del índice de sonoridad son  $SLR = 7$  dB y  $RLR = 4$  dB.

Cuando se preparen los parámetros de entrada retardo medio en un sentido T y TELR, se han de tener en cuenta dos configuraciones diferentes del teléfono sin hilos con respecto al eco. En primer lugar, la parte portátil del sistema inalámbrico puede proporcionar una  $TCLw$  de  $> 46$  dB (esta opción no se indica en la figura B.7 con respecto al trayecto de eco). El TELR está formado ahora por el  $SLR = 8$  dB y el  $RLR = -3$  dB de la terminación del extremo lejano, la atenuación en recepción de 7 dB en el convertidor híbrido de la central local y la  $TCLw$  de 46 dB, con lo que resulta un valor de  $TELR = 58$  dB. Este valor es casi igual al que se obtiene cuando se utiliza un compensador de eco con independencia del valor del retardo medio en un sentido en la totalidad del trayecto de eco.

La parte portátil del teléfono sin hilos puede, no obstante, generar también una  $TCLw$  de sólo 34 dB como una opción. En esta situación, se habilita normalmente la atenuación de eco artificial, AE, en la PBX B, terminando la conexión con una atenuación de eco fija de 24 dB, pero excluyendo el retardo de 14 ms del sistema inalámbrico (en la figura B.7 se muestra esta configuración y está indicada por el trayecto de eco 2). El retardo medio en un sentido del trayecto de eco 2 es  $T = 35$  ms, mientras que el retardo absoluto  $Ta$  permanece en su valor de 49 ms. El TELR se puede calcular con 36 dB, mientras que los valores del retardo de ida y vuelta  $Tr = 70$  ms y la  $WEPL = 48$  dB permanecen inalterados. El valor del factor de degradación de equipo es el mismo,  $Ie = 14$ , que para el abonado de la red privada. Los parámetros de entrada al modelo E son:

$SLR = 7$  dB  
 $RLR = 4$  dB  
 $TELR = 36$  dB  
 $WEPL = 48$  dB  
 $T = 35$  ms  
 $Ta = 49$  ms

Tr = 70 ms

Ie = 14 (para equipo MICDA a 32 kbit/s)

fijándose todos los demás parámetros en sus valores por defecto. El resultado del cálculo es:

R	Is	Id	Ie
57,7	0,3	21,7	14

Este resultado de índice del modelo E R= 57,7 puede considerarse ya como de calidad baja y no deberá aceptarse en beneficio del abonado de la terminación del extremo lejano, es decir, habrá que insertar dispositivos de control del eco porque aquí la degradación más importante, con Id = 21,7, la causa también el eco.

### Configuración de referencia 3

Para la investigación de una conexión interna totalmente dentro de la red privada, la configuración más crítica previsible es la del encaminamiento entre un teléfono sin hilos en la PBX B y un teléfono alámbrico analógico o digital en el emplazamiento D con reencaminamiento vía la PBX de A que contiene, por tanto, dos secciones de línea arrendada y el trayecto aéreo, utilizando las tres secciones codificación MICDA sin correlación. En la figura B.8 se muestra la configuración de referencia que sirve de base para el trabajo de planificación.

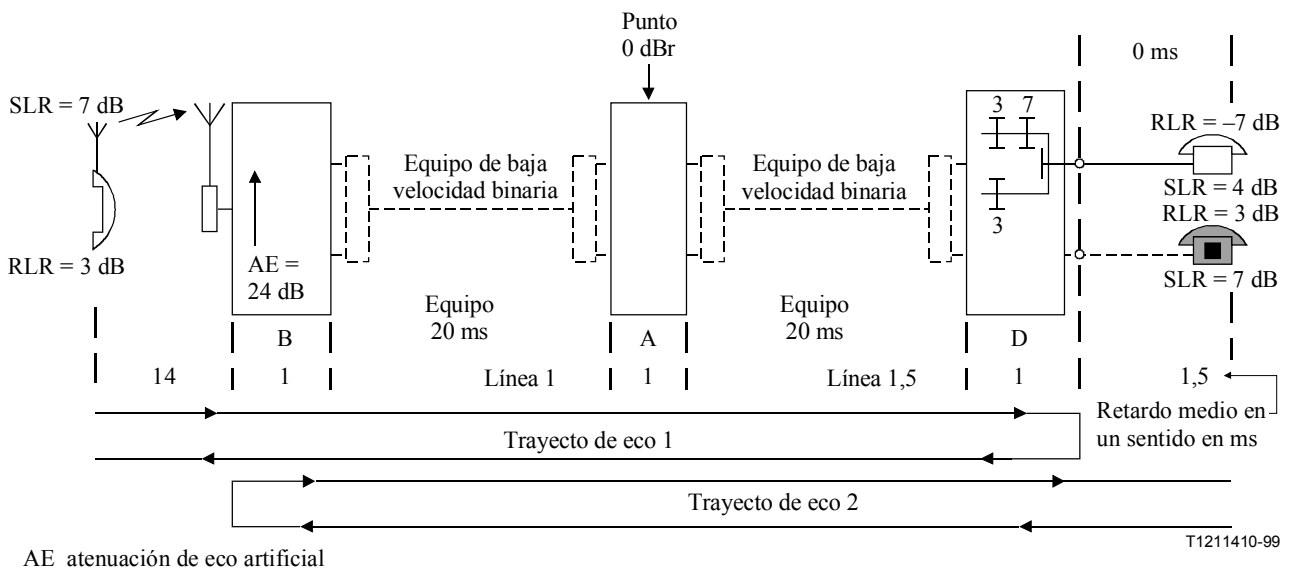


Figura B.8/G.108 – Bases de cálculo de la configuración de referencia 3

En esta investigación se han de establecer algunas hipótesis. Para la terminación en B se suponen teléfonos sin hilos con una TCLw de 34 dB y, en consecuencia, atenuación de eco artificial, AE, habilitada, ya que de todos modos será más crítica que una TCLw de 46 dB con respecto al TELR en el trayecto de eco 2. Para los terminales en la PBX de D, se consideran teléfonos analógicos porque la atenuación de eco proporcionada de 25 dB para un convertidor híbrido dará lugar a valores más bajos del TELR en el trayecto de eco 1 que un teléfono digital con TCLw = 46 dB.

En esta configuración es evidente que se excluirá la utilización de MICDA a 24 kbit/s. Todas las demás hipótesis con respecto a los diferentes parámetros son las mismas que en las configuraciones anteriores. Las investigaciones y los cálculos necesarios deberán efectuarse para ambos lados de la configuración.

Al efectuar la estimación de la calidad de los sistemas inalámbricos, deberá asignarse este teléfono al lado recepción del modelo E junto con la configuración de trabajo de la figura 18. El punto de 0 dB de esta configuración puede definirse como un punto de referencia "virtual" en el centro de la PBX A, para obtener una configuración casi simétrica. Los valores de los índices de sonoridad son  $SLR = 7$  dB (incluyendo la atenuación digital de 3 dB en la PBX D) y  $RLR = 3$  dB (sin el efecto del supresor programable). El retardo medio en un sentido T a lo largo del trayecto de eco 1 indicado en la figura B.8 es  $T = 59,5$  ms, que es igual a  $T_a$ . En el cálculo del TELR deberán incluirse una atenuación de eco de 25 dB para el convertidor híbrido y los atenuadores digitales de 3 dB cada uno en la PBX de D. También contribuye a la TELR, el supresor programable del trayecto de recepción, con una atenuación de 9 dB. El resultado es de  $TELR = 50$  dB.

Para las degradaciones causadas por el eco para el oyente y el trayecto de eco 2 deberá considerarse de nuevo la atenuación de eco artificial (AE), con 24 dB. A continuación se calcula el retardo de ida y vuelta  $T_r$ , como antes, excluyendo el retardo causado por el aparato telefónico sin hilos y se obtiene un resultado de  $T_r = 91$  ms. La WEPL incluye la atenuación de eco de 25 dB del convertidor híbrido y los atenuadores digitales de 3 dB cada uno en la PBX de D junto con la atenuación de eco artificial, AE, de 24 dB, con el resultado de  $WEPL = 55$  dB. En el cálculo del factor de degradación de equipo se ha de considerar una codificación MICDA a 32 kbit/s en tres secciones diferentes que acumulan un valor de  $I_e = 21$ . Mientras todos los demás parámetros están en sus valores por defecto, los parámetros de entrada se fijan como sigue:

- SLR = 7 dB
- RLR = 3 dB
- TELR = 50 dB
- WEPL = 55 dB
- T = 59,5 ms
- $T_a$  = 59,5 ms
- $T_r$  = 91,0 ms
- $I_e$  = 21 (para tres veces MICDA a 32 kbit/s)

El resultado del cálculo es:

<b>R</b>	$I_s$	$I_d$	$I_e$
<b>65,6</b>	0,5	8,5	21

En esta investigación se elige para el sentido opuesto, el teléfono digital de D (retardo adicional de 1,5 ms) y se asigna al lado recepción, pudiéndose utilizar una configuración de trabajo de acuerdo con la figura 19. Los valores de los índices de sonoridad son de nuevo  $SLR = 7$  dB y  $RLR = 3$  dB. En el retardo medio en un sentido T a lo largo del trayecto de eco 2 de la figura B.8 no se incluyen los 14 ms del sistema inalámbrico debido a la atenuación de eco artificial. Sin embargo, a diferencia del cálculo anterior, deberán tenerse en cuenta 1,5 ms adicionales para el teléfono digital. El valor total se calcula entonces con  $T = 47$  ms y el retardo de ida y vuelta  $T_r$  es exactamente dos veces este valor,  $T_r = 94$  ms. El retardo absoluto incluye el retardo causado por el teléfono sin hilos, con el resultado de  $T_a = 61$  ms.

Al TELR correspondiente sólo contribuyen el eco artificial (AE), y la suma del SLR y el RLR del teléfono de D, con un resultado de  $TELR = 34$  dB. La WEPL incluye la TCLw del aparato telefónico digital de 46 dB y el trayecto de eco artificial del aparato telefónico sin hilos que aporta 24 dB, con el resultado de  $WEPL = 70$  dB. Para las degradaciones debidas a la codificación MICDA deberá aplicarse el mismo valor de  $I_e = 21$  de antes. Los parámetros de entrada se han de fijar como sigue, con todos los demás parámetros en sus valores por defecto:

SLR = 7 dB  
 RLR = 3 dB  
 TELR = 34 dB  
 WEPL = 70 dB  
 T = 47 ms  
 Ta = 61 ms  
 Tr = 94 ms  
 Ie = 21 (para tres veces MICDA a 32 kbit/s)

El resultado del cálculo es:

R	Is	Id	Ie
41,6	0,5	31,8	21

### B.1.5 Análisis de los resultados

En el cuadro B.1 se presentan de forma resumida para una mejor visión de conjunto, los resultados de los cálculos correspondientes a las tres configuraciones de referencia expresadas en forma de índice R del modelo E y valores de las principales degradaciones Id e Ie de ambos lados de las conexiones. En la configuración de referencia 3, terminación opuesta se refiere al abonado de la PBX D.

**Cuadro B.1/G.108 – Resumen de los resultados de los cálculos**

Configuración de referencia	Red privada			Terminación opuesta		
	R	Id	Ie	R	Id	Ie
1	60,1	26,1	7	76,3	10,1	7
2	64,5	15,3	14	57,7	21,7	14
3	65,6	8,5	21	41,6	31,8	21

Los resultados de calidad esperada para las diferentes configuraciones varían mucho, desde un valor del índice del modelo E  $R = 76,3$ , que según en el cuadro 1 debería considerarse como de categoría de calidad media, hasta un valor de  $R = 41,6$  que se encuentra ya por debajo del límite inferior recomendado para R. La mayoría de los valores están en la gama de 60 a 70, situada en la categoría de calidad baja, solamente, y sus valores más bajos pueden dar lugar a quejas por parte de los usuarios. Se señala que, según el cuadro 1, en esta categoría de calidad de transmisión de señales vocales muchos de ellos estarían insatisfechos. Las principales degradaciones en estas configuraciones de referencia se deben al eco. También es importante la degradación de equipo causada por la utilización de equipos MICDA a 32 kbit/s. Considerando los resultados del cuadro B.1, la decisión anterior de evitar la utilización de MICDA a 24 kbit/s en los equipos de baja velocidad binaria se confirma ahora, ya que, si se utilizara, todos los valores de Ie aumentarían y pasarían a estar en la gama comprendida entre  $Ie = 25$  e  $Ie = 50$ .

Los valores bajos del índice R del modelo E aparecen no sólo en llamadas hacia y desde la red pública sino también con ciertas llamadas dentro de la red privada. Cuando se examinan los valores, sobre todo los de Id e Ie por separado, se observa que en la mayoría de los casos las degradaciones debidas al eco contribuyen en gran medida. En una primera aproximación se puede suponer que los valores de Id se reducen a casi  $Id = 0$  si se utilizan dispositivos de control del eco. De esta manera se

mejoraría además el índice R del modelo E en una cantidad equivalente casi al valor actual de Id. Para confirmarlo, deberán efectuarse de nuevo, los cálculos con los dispositivos de control del eco insertados.

En esta red privada es necesario, por consiguiente, utilizar compensadores de eco. La correcta selección de los compensadores de eco y su emplazamiento permitiría disponer de control del eco no sólo para llamadas internas sino también para llamadas hacia y desde la red pública, y además sería efectivo para la terminación opuesta.

### **B.1.6 Aplicación de compensadores de eco**

Una vez que se haya decidido utilizar compensadores de eco dentro de la red privada, las investigaciones deberán incluir un análisis de las características de los compensadores de eco también con respecto a su tipo de aplicación y emplazamiento. En la cláusula 10 y A.1.9 se da más información sobre la utilización de los compensadores de eco y todas las características necesarias, que será preciso tener en cuenta.

Cuando se investigue la utilización de dispositivos de control del eco en esta red privada, deberán resolverse las cuestiones y considerarse las reglas que a continuación se indican (véase también la cláusula 10):

- provisión de control del eco para ambos hablantes de una conexión;
- disponibilidad de información sobre la presencia o no de compensadores de eco dentro de la red pública y sobre su aplicación y característica;
- instalación de los compensadores de eco tan cerca como sea posible de la fuente de eco (por ejemplo, los convertidores híbridos);
- el retardo permitido del trayecto de eco del compensador ha de ser suficientemente mayor que el retardo del trayecto de eco efectivo;
- linealidad del trayecto de eco.

De acuerdo con la información aportada por los operadores de redes públicas y los suministradores de equipos y con la determinación de los parámetros (véase B.1.3), no se insertan compensadores de eco dentro de la red pública en llamadas de larga distancia nacionales. Además, los equipos de baja velocidad binaria ya disponen de compensadores de eco integrados, que pueden estar activados o desactivados. En un primer momento, deberán tenerse en cuenta dichos compensadores para su posible utilización.

Los compensadores de eco integrados están disponibles en ambos extremos de cada una de las tres líneas arrendadas de A a B, C y D, situados cerca de las interfaces de las líneas arrendadas de las PBX. En este caso, el trayecto de eco está formado sólo por el trayecto a través de la PBX con un retardo de 1 ms en el convertidor híbrido, que conecta el aparato telefónico analógico. Además, en caso de un reencaminamiento en el que, por ejemplo, la extensión de D se encamina por C a A, el retardo del trayecto de eco del compensador de C sólo es incrementado por los trayectos adicionales a través de la PBX C en 1 ms y por las líneas arrendadas entre C y D en 1 ms. El retardo del trayecto de eco efectivo de  $2 \times 3 \text{ ms} = 6 \text{ ms}$  está suficientemente por debajo del retardo permitido de los compensadores de eco de 15 ms. Como ya se ha indicado durante la determinación de las características de los equipos, se puede suponer que estos compensadores integrados cumplen la Recomendación G.165 [11] por lo que se refiere a todos los demás valores pertinentes. Por ello, una primera decisión consistirá en activar todos los compensadores de eco integrados de los extremos de las líneas arrendadas en los emplazamientos B, C y D. De esta manera se garantiza un control de eco adecuado para todos los hablantes de extremo lejano (incluida la terminación del extremo lejano a través de la red pública) cuando se conecten con cualquier extensión de B, C o D.

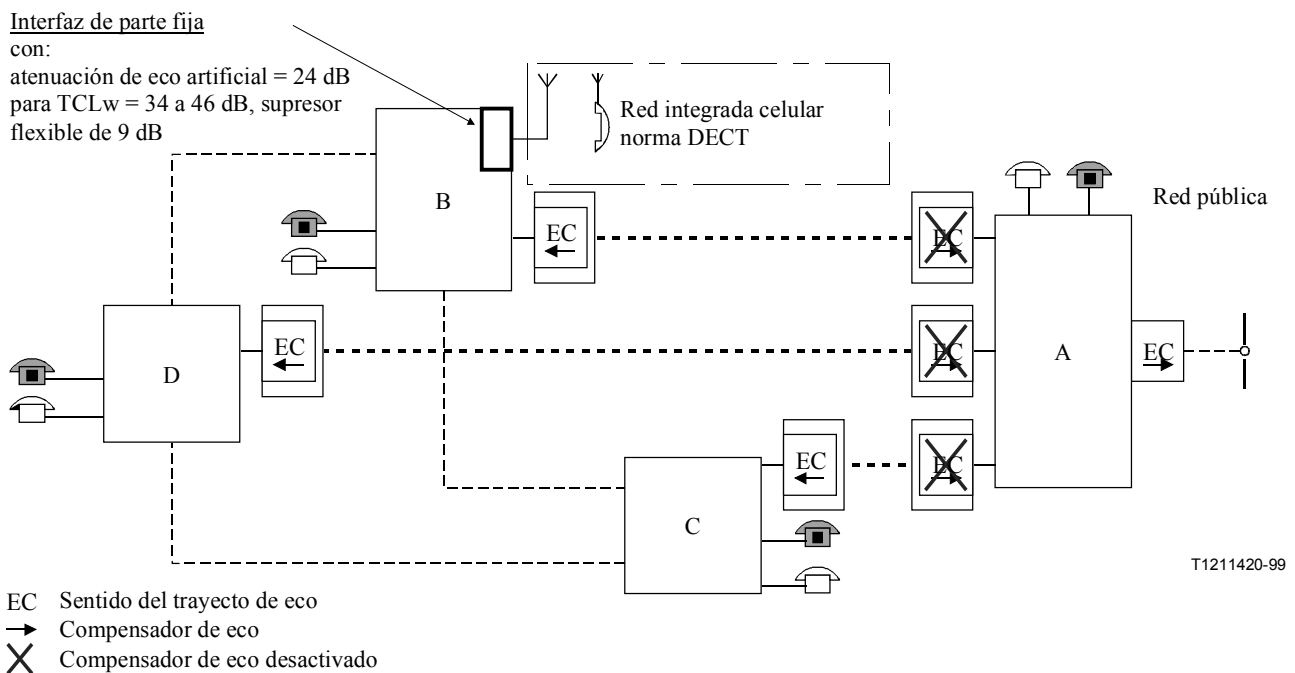
La cuestión siguiente es cómo proteger a los propios hablantes de las extensiones de B, C y D. Para todas las conexiones internas entre teléfonos de B, C y D, encaminadas a través de A, esa protección la garantiza el mismo equipo. Para llamadas hacia y desde abonados de A y de dentro de la red



pública, sin embargo, no existe hasta ahora ningún control del eco. Para conexiones con teléfonos de A podrían activarse los compensadores de eco integrados de los extremos de las líneas arrendadas de A. Las líneas arrendadas entre A y todos los demás emplazamientos cursan no solamente tráfico interno sino también tráfico entre la red pública y todas las extensiones de B, C y D. El retardo del trayecto de eco a través de la red pública es superior al retardo del trayecto de eco que se permite a los compensadores integrados, que es de sólo 15 ms, por lo que estos compensadores no se pueden utilizar con respecto al eco a través de la red pública.

Para resolver este problema, deberán utilizarse compensadores de eco separados, cuyas características se atengan a los requisitos de la red pública. Se pueden insertar en la PBX A, directamente en la interfaz con la red pública. Sin embargo, para evitar su puesta en tándem, los compensadores de eco integrados de A deberán ser desactivados. En la figura B.9 se ilustran estas decisiones sobre la aplicación de los dispositivos compensadores de eco.

Compensadores de eco separados situados en la interfaz de la red pública sólo se necesitan cuando se establecen conexiones con extensiones de B, C y D (encaminadas en cualquier caso con un retardo adicional de 20 ms) pero no de A. Si en este último caso permanecieran insertados, su repercusión sería irrelevante. Una solución más económica consiste, caso de que pueda aplicarse, en establecer un "grupo común" de compensadores, es decir, que sólo las llamadas entre las interfaces de líneas arrendadas y la red pública se encaminen a través de un compensador de eco del grupo común, mientras que las extensiones de A eluden ese grupo común de compensadores.



**Figura B.9/G.108 – Aplicación de dispositivos de control del eco en la red privada**

Para los teléfonos sin hilos de B, deberá activarse la atenuación de eco artificial en el caso de conexiones con partes portátiles cuya TCLw sea de 34 dB. De esta manera se permite un funcionamiento "dentro de gama" de los compensadores de eco integrados de B. El supresor programable no es necesario en principio, ya que todos los trayectos de eco críticos con un retardo superior disponen ahora de compensadores de eco, pero las degradaciones del eco se pueden reducir en caso de conexiones directas con extensiones de A (compensadores de eco de A desactivados), y con extensiones de C y D por del encaminamiento directo sin dispositivos de control del eco.

El único problema que queda por resolver es el de las conexiones con extensiones analógicas de A. Para los hablantes situados en B, C y D no se dispone de control del eco ya que los compensadores integrados de A están desactivados. No es posible activarlos por diferentes motivos, tales como la necesidad de evitar la puesta en tándem con los compensadores separados, la no linealidad del trayecto de eco y la superación de la longitud máxima de la cola de eco permitida en esos compensadores. Por consiguiente, deberá investigarse si el grupo común de compensadores de eco se puede utilizar también para las conexiones internas con las extensiones analógicas de A, o habrá que tener en cuenta el uso exclusivo de las extensiones digitales de A.

Las investigaciones sobre la aplicación correcta de los dispositivos de control del eco en la red deberán ser confirmadas finalmente mediante cálculos efectuados para todos los tipos posibles de llamadas realizadas dentro de la red, hacia y desde la red pública, incluyendo sobre todo los teléfonos sin hilos de B. Esos cálculos no se efectúan aquí. Cuando se lleven a cabo, los parámetros de entrada del retardo medio en un sentido T y el índice de sonoridad del eco para el hablante TELR del trayecto de eco se podrán fijar en sus valores por defecto de  $T = 0$  y  $TELR = 65$  dB.

Con respecto a los resultados que se muestran de forma resumida en el cuadro B.1 para todas las configuraciones de referencia, se puede suponer con bastante precisión que todos los valores del índice R del modelo E mejoran en la cantidad que indican los valores de  $I_d$ . La únicas degradaciones restantes son las degradaciones de equipo ( $I_e$ ), que pueden ser de hasta  $I_e > 21$  para la configuración de referencia 3. Se señala no obstante que esa configuración se definió como una conexión crítica que incluía un reencaminamiento con una sección adicional de baja velocidad binaria. Dependiendo de otras prestaciones de esta red privada, dicho encaminamiento no será necesariamente el encaminamiento "sistemático" de la mayoría de las llamadas.

## B.2 Ejemplo de planificación en el contexto de América del Norte

En los ejemplos que siguen se va a exponer cómo se efectúa la planificación de la transmisión de redes privadas en América del Norte de acuerdo con los principios de la presente Recomendación.

### B.2.1 Definición de configuraciones de referencia

Al igual que en la cláusula B.1, el análisis de los contextos de América del Norte se refiere a conexiones entre la red privada y la red pública, con líneas de acceso digitales interconectando las redes, terminaciones de extremo lejano constituidas por teléfonos de características típicas y utilización de equipos de baja velocidad binaria en la red privada (el caso de la conexión más crítica). El trayecto por la red pública constituye un trayecto de eco a través del convertidor híbrido en la central local del extremo lejano. La figura B.10 muestra la configuración de referencia 1 resultante. Las conexiones se ajustan a las de la red de la figura B.1.

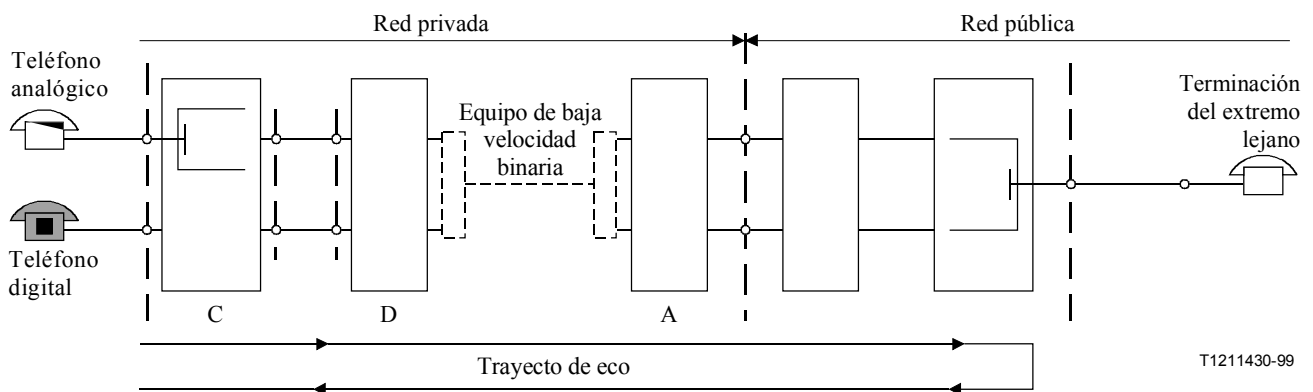
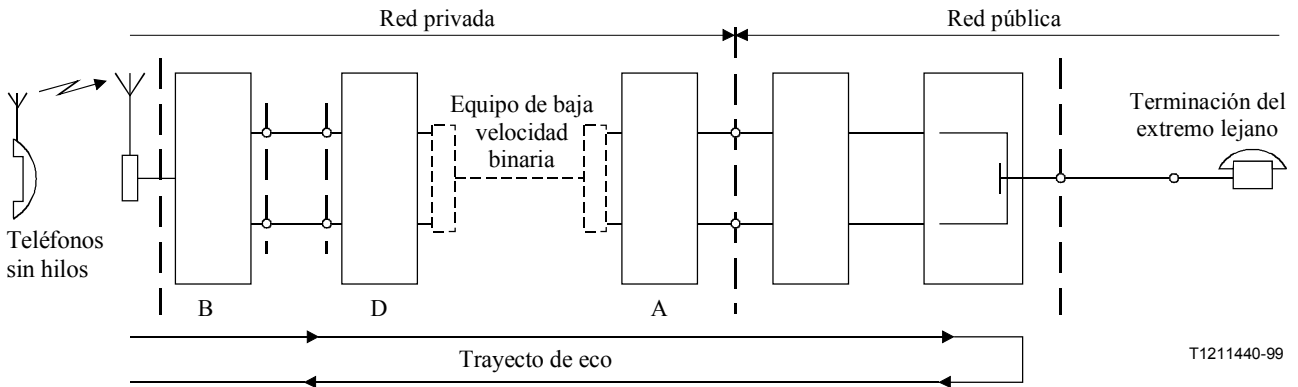


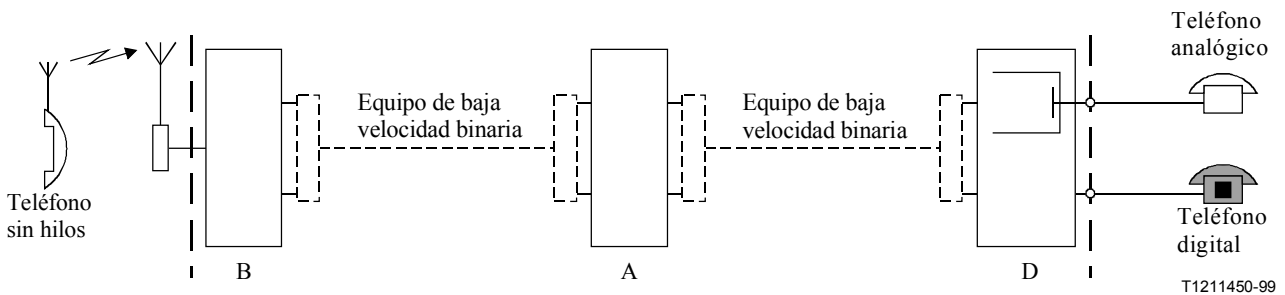
Figura B.10/G.108 – Configuración de referencia 1

Los teléfonos sin hilos pueden provocar degradaciones mayores en una interconexión, sobre todo debido al retardo añadido que afecta al comportamiento del eco. Por ello, se han analizado diversas situaciones con diferentes tipos de teléfonos sin hilos, clasificadas según la importancia de su contribución al retardo. En la figura B.11 se muestra la conexión de referencia.



**Figura B.11/G.108 – Configuración de referencia 2**

Para efectuar una comparación con la conexión anterior y por coherencia con el análisis de la cláusula B.1, se examina también un escenario de red privada en el que intervienen un teléfono sin hilos en un extremo y equipos de baja velocidad binaria en una conexión en tándem. En la figura B.12 se muestra la conexión de referencia.



**Figura B.12/G.108 – Configuración de referencia 3**

Estas tres configuraciones de referencia sirven de base a continuación para determinar los valores de los parámetros pertinentes de los diferentes elementos y para los cálculos de la planificación subsiguientes. Si los resultados correspondientes a estas configuraciones sumamente críticas, incluyendo todos los dispositivos de compensación de eco necesarios, se encuentran en una gama suficiente de la calidad esperada, se puede suponer que todas las demás conexiones de esta red privada tienen degradaciones menores.

### B.2.2 Determinación de los parámetros de transmisión

Para evaluar la calidad de transmisión de señales vocales de escenarios de conexiones particulares, son fundamentales los parámetros con los que se describe la situación. En los ejemplos ilustrados en la presente Recomendación, se exponen cálculos de transmisión pormenorizados, seguidos de un cuadro resumen.

### **B.2.2.1 Aplicación del factor de ventaja A**

El factor de ventaja A descrito en 7.8 ha sido utilizado para los cálculos que siguen en aquellos casos en que la tecnología inalámbrica está presente en la conexión de referencia. Se ha asignado un factor de ventaja de  $A = 5$  a las tecnologías que se aplican sin necesidad de licencia o tecnologías no patentadas (PACS, WUPE, PCI, PWT) mientras que a las tecnologías aplicadas mediante licencia o tecnologías patentadas (TDMA) se les ha asignado un factor de ventaja de  $A = 10$ . Se señala que esa asignación de un valor específico del factor de ventaja A a una determinada conexión objeto de análisis no es una asignación fija y la responsabilidad a propósito de la misma es totalmente del planificador de la transmisión. En 7.8 se dan más instrucciones respecto a la utilización del factor de ventaja A y se señalan sus límites superiores en situaciones típicas.

### **B.2.2.2 Utilización de atenuadores digitales**

En los ejemplos de planificación con los que se describen los contextos de América del Norte se ha supuesto que los ajustes de pérdidas o ganancias en las PBX o las centrales de extremo digitales (DEO) se efectúan mediante atenuadores digitales, con el resultado de 0,7 qdu adicionales en cada uno.

### **B.2.3 Cálculos de extremo a extremo con el modelo E**

Tras determinar y recoger todos los datos necesarios, se pueden efectuar los cálculos con el modelo E. En esta Recomendación, los cálculos se efectúan para cada una de las tres configuraciones de referencia separadamente. Las configuraciones se ilustran en los diagramas que se muestran antes de la subcláusula de los cálculos previos.

Se han utilizado parámetros normalizados en toda América del Norte, y cuando se utilizan valores por defecto, se indica que son "por defecto" si así procede. Los cálculos sólo se muestran en el caso de los parámetros que cambian.

### **B.2.4 Configuración de referencia 1a (aparato analógico @ A, aparato analógico @ B)**

Esta configuración representa una conexión de red privada a red pública en la que la terminación de la red privada es un aparato telefónico analógico. Esta conexión es el equivalente norteamericano de la configuración de referencia 1 de B.1 con un aparato telefónico en la terminación de la red privada.

En la configuración 1a, el aparato telefónico del lado A está conectado a la PBX A digital mediante un puerto de acceso ONS (estación en las instalaciones). La PBX A está conectada a la PBX C de tránsito a través de un puerto de acceso troncal de servicios integrados (IST, *integrated services trunk*). La atenuación básica de la PBX es de 3 dB hacia el IST y de 6 dB hacia la ONS, de acuerdo con el plan de atenuaciones de [40] para una conexión ONS-IST. Esta atenuación se varía en pasos de 1 dB (V) para obtener un trazado de la calidad de transmisión de señales vocales en función de la inserción de atenuación de la PBX para esta conexión. La facilidad troncal de enlace digital, B, utiliza un equipo de codificación a baja velocidad binaria. La PBX C de tránsito conecta el troncal de enlace digital (IST) a una línea de acceso digital (DAL, *digital access line*). Según el plan de atenuaciones de la PBX de [40], la atenuación para esta conexión de PBX es de 0 dB en ambos sentidos. La línea de acceso digital, D, conecta con la central local E de la RTPC E para la conexión con la red pública digital conmutada F y terminación en la central local digital G. De acuerdo con el plan de atenuaciones digitales de la red pública, la central G inserta una atenuación de 6 dB en el sentido recepción (hacia la línea de acceso analógica del abonado).

Configuración 1a: aparato analógico @ A; aparato analógico @ B

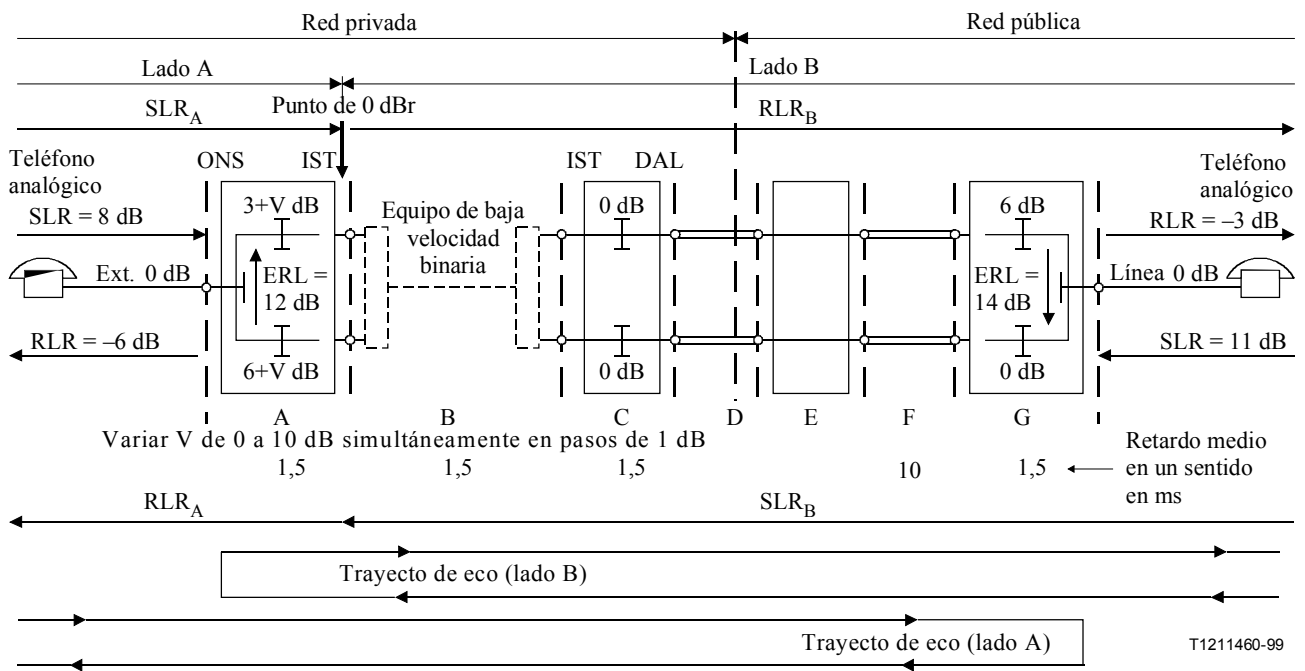


Figura B.13/G.108 – Base de cálculo de la configuración de referencia 1a

### B.2.4.1 Cálculos previos para la configuración 1a

#### B.2.4.1.1 Cálculo de SLR, RLR y OLR

##### Lado A

	Aparato → punto de 0 dBr	Punto de 0 dBr → aparato
Aparato telefónico	SLR 8 dB	RLR -6 dB
PBX A	3 + V dB	6 + V dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>	<b>SLR<sub>A</sub> = 11+V dB</b>	<b>RLR<sub>A</sub> = V dB</b>

##### Lado B

	Aparato → punto de 0 dBr	Punto de 0 dBr → aparato
Aparato telefónico	SLR 11 dB	RLR -3dB
DEO G	0 dB	6 dB
DEO E	0 dB	0 dB
PBX C	0 dB	0 dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>	<b>SLR<sub>B</sub> = 11 dB</b>	<b>RLR<sub>B</sub> = 3 dB</b>

## OLR

Oyente en el lado A	Oyente en el lado B
$SLR_B = 11 \text{ dB}$	$SLR_A = 11 + V \text{ dB}$
$RLR_A = V \text{ dB}$	$RLR_B = 3 \text{ dB}$
$OLR = 11 + V \text{ dB}$	$OLR = 14 + V \text{ dB}$

### B.2.4.1.2 Índice de sonoridad del eco para el hablante (TELR)

#### Análisis del TELR producido en el lado A:

$$\begin{aligned} \text{TELR} &= SLR_{\text{SET A}} + \text{atenuación de retorno (B)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} + RLR_{\text{SET A}} \\ &= 8 + 14 + (3 + V + 0 + 6 + 0 + 0 + 6 + V) + (-6) \\ &= 31 + 2 V \text{ dB} \end{aligned}$$

#### Análisis del TELR producido en el lado B:

$$\begin{aligned} \text{TELR} &= SLR_{\text{SET B}} + \text{atenuación de retorno (A)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} + RLR_{\text{SET B}} \\ &= 11 + 12 + (0 + 0 + 6 + V + 3 + V + 0 + 6) + (-3) \\ &= 35 + 2 V \text{ dB} \end{aligned}$$

### B.2.4.1.3 Atenuación ponderada del trayecto de eco (WEPL)

$$\begin{aligned} \text{WEPL} &= \text{atenuación de retorno (A)} + \text{atenuación de retorno (B)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} \\ &= 12 + 14 + (3 + V + 0 + 6 + 0 + 0 + 6 + V) \\ &= 41 + 2 V \text{ dB} \end{aligned}$$

### B.2.4.1.4 Valores de retardo T, Ta y Tr

$$\begin{aligned} T(\text{ms}) &= \text{suma de retardos de las PBX} + \text{retardo de equipo de baja velocidad binaria} + \text{retardo de central de extremo digital (C)} + \text{retardo de red} + \text{retardo de central de extremo digital (G)} \\ &= 1,5 + 1,5 + 1,5 + 10 + 1,5 \\ &= 16 \end{aligned}$$

$$T_a = T$$

$$T_r = 2 \times T$$

### B.2.4.1.5 Número de unidades de distorsión de cuantificación

Este parámetro representa las degradaciones debidas a la distorsión de cuantificación. Se introduce como el número de unidades de distorsión de cuantificación. Se señala que, para la conversión A/D-D/A, se utiliza el valor de 1. Los atenuadores de pérdidas digitales tienen un valor de qdu adicional de 0,7. En este escenario, hay en total un par de conversión A/D-D/A y un atenuador de pérdidas digital si el lado A es el oyente y dos atenuadores digitales si el lado B es el oyente.

$$\begin{aligned} \text{Por consiguiente,} \quad qdu_A &= n \times 1 + m \times 0,7 \\ &= n \times 1 + 1 \times 0,7 \\ &= 1,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qdu_B &= n \times 1 + m \times 0,7 \\
 &= 1 \times 1 + 2 \times 0,7 \\
 &= 2,4
 \end{aligned}$$

donde  $n$  = número de pares de conversión A/D-D/A

$m$  = número de atenuadores digitales

#### B.2.4.1.6 Factor de degradación de equipo

En el ejemplo anterior, se utiliza un códec de baja velocidad binaria en la sección B dentro de la red privada. Normalmente, se aplica MICDA a 32 kbit/s. El códec produce una leve degradación de la voz y, de acuerdo con el cuadro 2, el valor del factor de degradación de equipo  $I_e$  es 7.

#### B.2.4.2 Cuadros resumen de parámetros de entrada

En los cuadros B.2a y B.2b se presentan de forma resumida los parámetros de entrada de la configuración 1a; todos los demás parámetros permanecen en sus valores por defecto, indicados en el cuadro 6.

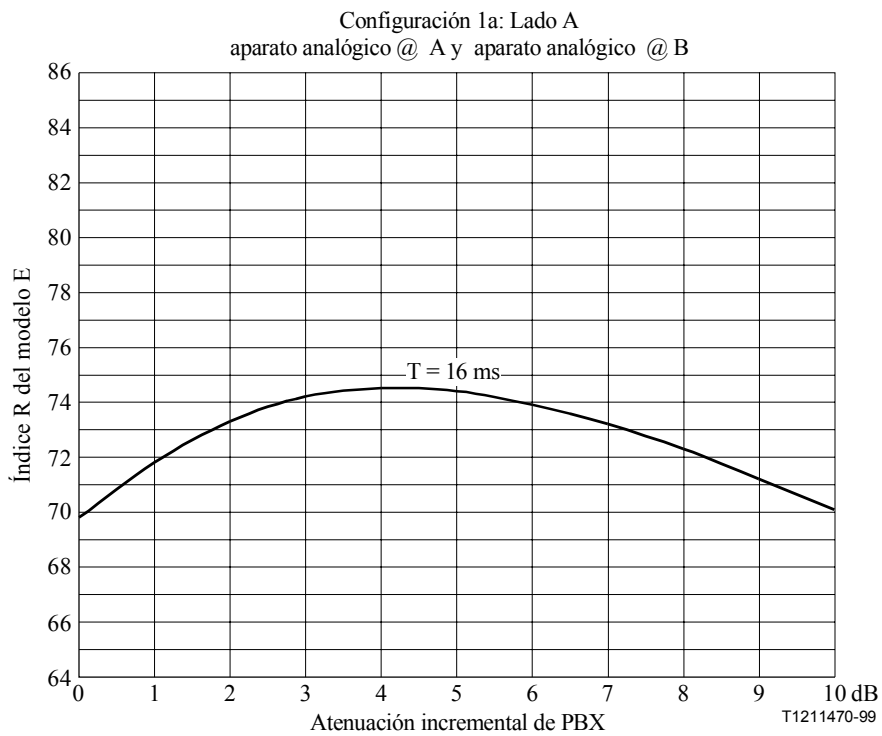
**Cuadro B.2a/G.108 – Parámetros de entrada al modelo E para la configuración 1a según se percibe en el lado A**

Parámetros de entrada	Valores	Unidad
Índice de sonoridad en emisión ( $SLR_B$ )	11	dB
Índice de sonoridad en recepción ( $RLR_A$ )	V	dB
Índice de sonoridad del eco para el hablante	$31 + 2V$	dB
Atenuación ponderada del trayecto de eco	$41 + 2V$	dB
Factor de degradación de equipo ( $I_e$ )	7	
Unidad de distorsión de cuantificación	1,7	
Retardo de ida y vuelta	32	ms
Retardo medio en un sentido	16	ms
Retardo absoluto	16	ms

**Cuadro B.2b/G.108 – Parámetros de entrada al modelo E para la configuración 1a según se percibe en el lado B**

Parámetros de entrada	Valores	Unidad
Índice de sonoridad en emisión ( $SLR_A$ )	$11 + V$	dB
Índice de sonoridad en recepción ( $RLR_B$ )	3	dB
Índice de sonoridad del eco para el hablante	$35 + 2V$	dB
Atenuación ponderada del trayecto de eco	$41 + 2V$	dB
Factor de degradación de equipo ( $I_e$ )	7	
Unidad de distorsión de cuantificación	2,4	
Retardo de ida y vuelta	32	ms
Retardo medio en un sentido	16	ms
Retardo absoluto	16	ms

### B.2.4.3 Resultados

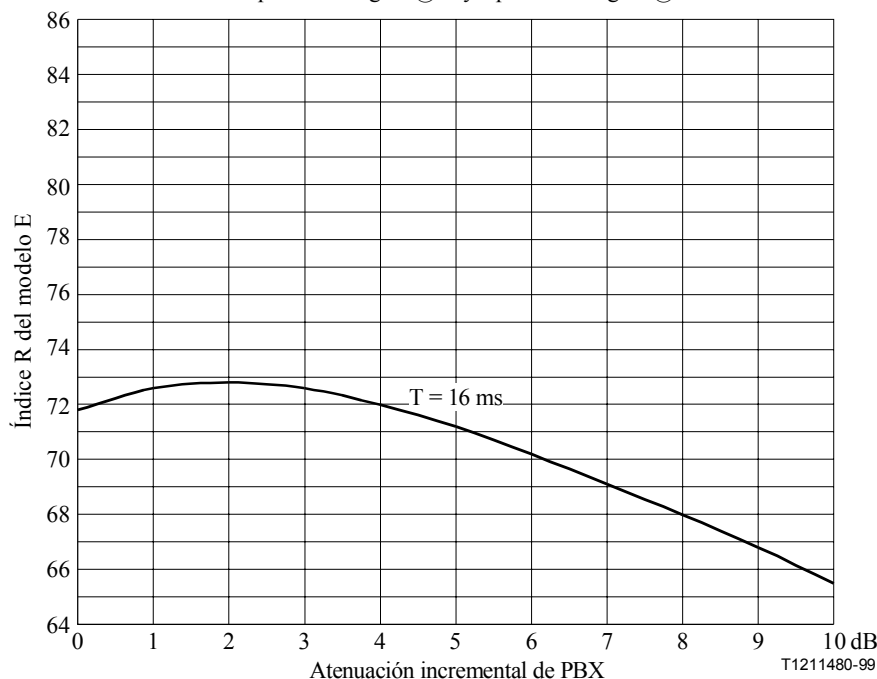


**Figura B.13a/G.108 – Aparato analógico @ A y aparato analógico @ B según se percibe en el lado A**

Como muestra la figura B.13a, la calidad de transmisión de señales vocales óptima para el oyente en el lado A puede alcanzarse cuando la atenuación incremental de la PBX se halla en la gama de 3 a 5 dB.



Configuración 1a: Lado B  
 aparato analógico @ A y aparato analógico @ B



**Figura B.13b/G.108 – Aparato analógico @ A y aparato analógico @ B según se percibe en el lado B**

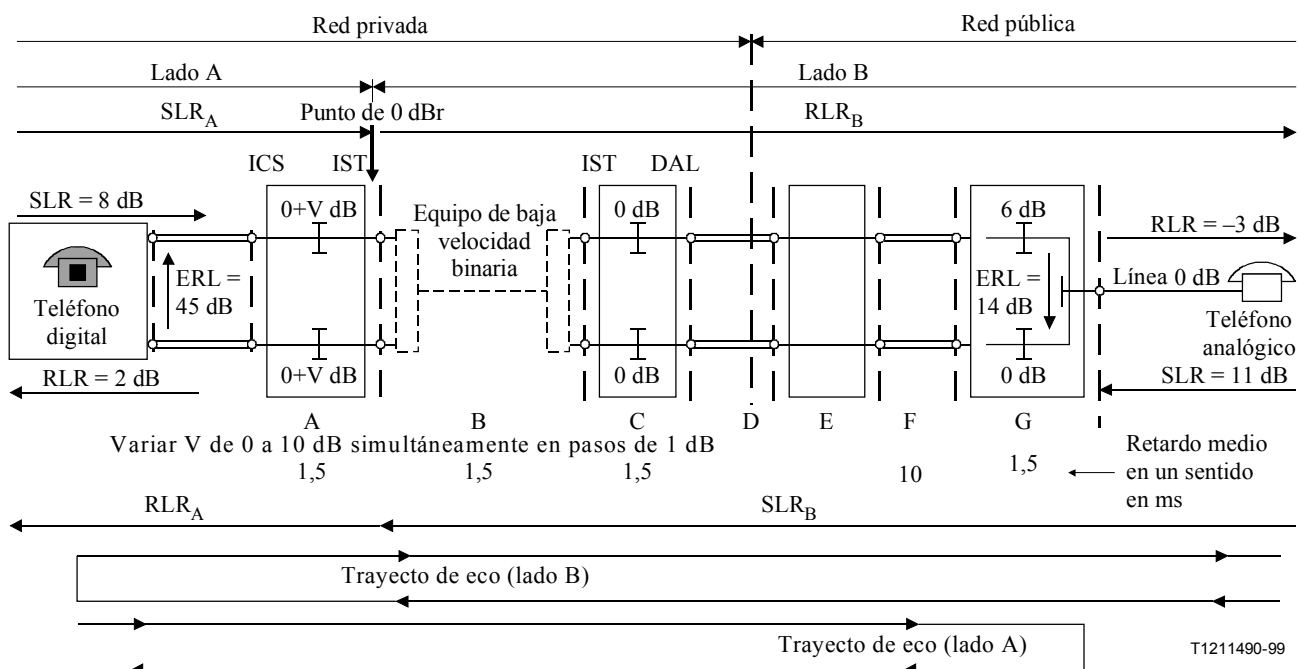
Como muestra la figura B.13b, la calidad de transmisión de señales vocales óptima para el oyente en el lado B puede alcanzarse cuando la atenuación incremental de la PBX se halla en la gama de 1 a 3 dB. La calidad óptima absoluta es algo menor que la del lado A; esto se debe a que la atenuación acústica de extremo a extremo es algo mayor (14 dB frente a 11 dB) cuando B es el oyente. Sin embargo, la situación óptima se produce con una atenuación incremental de PBX más baja ya que el TELR es algo mayor para el lado B.

### **B.2.5 Configuración de referencia 1b (aparato digital @ A, aparato analógico @ B)**

Esta configuración representa una conexión de red privada a red pública en la que la terminación de la red privada es un aparato telefónico digital. Esta conexión es el equivalente norteamericano de la configuración de referencia 1 de la sección D con un aparato digital en la terminación de la red privada.

En la configuración 1b, el aparato telefónico del lado A está conectado a la PBX A digital mediante un puerto de acceso ICS (estación compatible de la RDSI). La PBX A está conectada a la PBX C de tránsito a través de un puerto de acceso de troncal de servicios integrados (IST). La atenuación básica de la PBX es de 0 dB en cada sentido, de acuerdo con el plan de atenuaciones de [40] para una conexión ONS-IST. Esta atenuación se varía en pasos de 1 dB (V) para obtener un trazado de la calidad de transmisión de señales vocales en función de la inserción de atenuación de la PBX para esta conexión. La facilidad troncal de enlace digital, B, utiliza un equipo de codificación a baja velocidad binaria. La PBX C de tránsito conecta el troncal de enlace digital (IST) a una línea de acceso digital (DAL). Según el plan de atenuaciones de la PBX de [40], la atenuación para esta conexión de PBX es de 0 dB en ambos sentidos. La línea de acceso digital, D, conecta con la central local E de la RTPC para la conexión con la red pública digital conmutada F y terminación en la central local digital G. De acuerdo con el plan de atenuaciones digitales de la red pública, la central G inserta una atenuación de 6 dB en el sentido recepción (hacia la línea de acceso analógica del abonado).

Configuración 1b: aparato digital @ A; aparato analógico @ B



(En este escenario, A es una PBX de terminación y C es una PBX de tránsito)

Figura B.14/G.108 – Bases de cálculo de la configuración de referencia 1b

### B.2.5.1 Cálculos previos para la configuración 1b

#### B.2.5.1.1 Cálculo de SLR, RLR y OLR

##### Lado A

	Aparato → punto de 0 dBr	Punto de 0 dBr → aparato
Aparato telefónico	SLR 8 dB	RLR 2 dB
PBX A	0 + V dB	0 + V dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>	<b>SLR<sub>A</sub> = 8 + V dB</b>	<b>RLR<sub>A</sub> = 2 + V dB</b>

##### Lado B

	Aparato → punto de 0 dBr	Punto de 0 dBr → aparato
Aparato telefónico	SLR 11 dB	RLR -3dB
DEO G	0 dB	6 dB
DEO E	0 dB	0 dB
PBX C	0 dB	0 dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>	<b>SLR<sub>B</sub> = 11 dB</b>	<b>RLR<sub>B</sub> = 3 dB</b>

## OLR

Oyente en el lado A	Oyente en el lado B
$SLR_B = 11 \text{ dB}$	$SLR_A = 8 + V \text{ dB}$
$RLR_A = 2 + V \text{ dB}$	$RLR_B = 3 \text{ dB}$
$OLR = 13 + V \text{ dB}$	$OLR = 11 + V \text{ dB}$

### B.2.5.1.2 Índice de sonoridad del eco para el hablante (TELR)

#### Análisis del TELR producido en el lado A:

$$\begin{aligned} \text{TELR} &= SLR_{\text{SET A}} + \text{atenuación de retorno (B)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} + RLR_{\text{SET A}} \\ &= 8 + 14 + (0 + V + 0 + 6 + 0 + 0 + 0 + V) + 2 \\ &= 30 + 2 V \text{ dB} \end{aligned}$$

#### Análisis del TELR producido en el lado B:

$$\begin{aligned} \text{TELR} &= SLR_{\text{SET B}} + \text{atenuación de retorno (A)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} + RLR_{\text{SET B}} \\ &= 11 + 45 + (0 + 0 + 0 + V + 0 + V + 0 + 6) + (-3) \\ &= 59 + 2 V \text{ dB} \end{aligned}$$

### B.2.5.1.3 Atenuación ponderada del trayecto de eco (WEPL)

$$\begin{aligned} \text{WEPL} &= \text{atenuación de retorno (A)} + \text{atenuación de retorno (B)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} \\ &= 45 + 14 + (0 + V + 0 + 6 + 0 + 0 + 0 + V) \\ &= 65 + 2 V \text{ dB} \end{aligned}$$

### B.2.5.1.4 Valores de retardo T, Ta y Tr

$$\begin{aligned} T(\text{ms}) &= \text{suma de retardos de las PBX} + \text{retardo de equipo de baja velocidad binaria} + \text{retardo de} \\ &\quad \text{central de extremo digital (C)} + \text{retardo de red} + \text{retardo de central de extremo} \\ &\quad \text{digital (G)} \\ &= 1,5 + 1,5 + 1,5 + 10 + 1,5 \\ &= 16 \end{aligned}$$

$$T_a = T$$

$$T_r = 2 \times T$$

### B.2.5.1.5 Número de unidades de distorsión de cuantificación

Este parámetro representa las degradaciones debidas a la distorsión de cuantificación. Se introduce como el número de unidades de distorsión de cuantificación. Se señala que, para la conversión A/D-D/A, se utiliza un valor de 1. Los atenuadores de pérdidas digitales tienen un valor de qdu adicional de 0,7. En este escenario, hay en total un par de conversión A/D-D/A y un atenuador de pérdidas digital si el lado A es el oyente y dos atenuadores digitales si el lado B es el oyente.

$$\begin{aligned} \text{Por consiguiente, } q_{duA} &= n \times 1 + m \times 0,7 \\ &= 1 \times 1 + 1 \times 0,7 \\ &= 1,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{duB} &= n \times 1 + m \times 0,7 \\
 &= 1 \times 1 + 2 \times 0,7 \\
 &= 2,4
 \end{aligned}$$

donde  $n$  = número de atenuadores digitales

$m$  = número de atenuadores digitales

### B.2.5.1.6 Factor de degradación de equipo

En el ejemplo anterior, se utiliza un códec de baja velocidad binaria en la sección B dentro de la red privada. Normalmente, se aplica MICDA a 32 kbit/s. El códec produce una leve degradación de la voz y, de acuerdo con el cuadro 2, el valor del factor de degradación de equipo ( $I_e$ ) es 7.

### B.2.5.2 Cuadros resumen de parámetros de entrada

En los cuadros B.3a y B.3b se presentan de forma resumida los parámetros de entrada de la configuración 1b; todos los demás parámetros permanecen en sus valores por defecto, indicados en el cuadro 6.

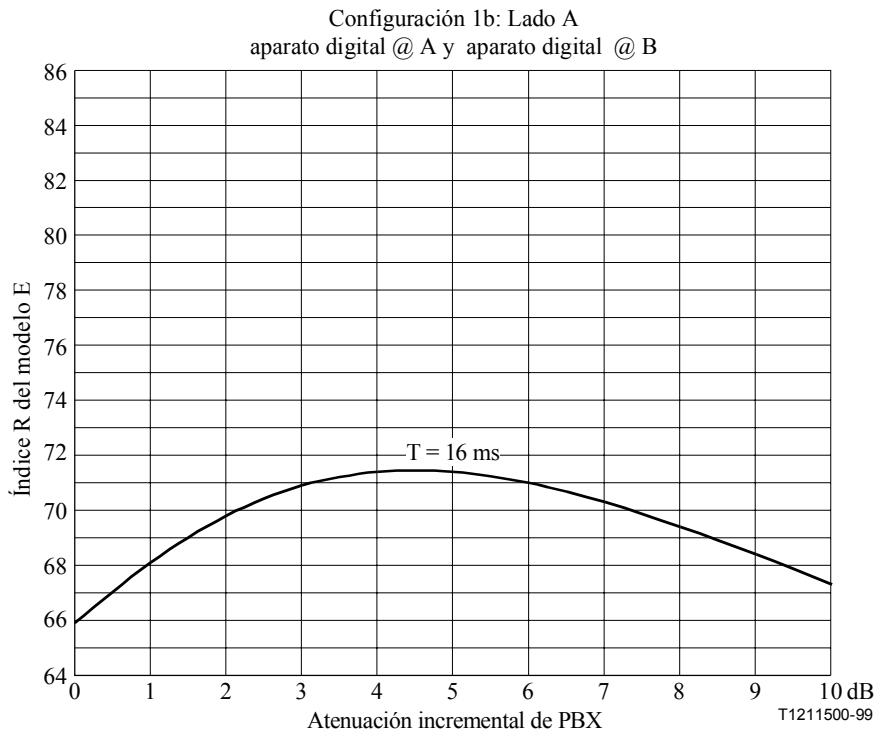
**Cuadro B.3a/G.108 – Parámetros de entrada al modelo E para la configuración 1b según se percibe en el lado A**

Parámetros de entrada	Valores	Unidad
Índice de sonoridad en emisión ( $SLR_B$ )	11	dB
Índice de sonoridad en recepción ( $RLR_A$ )	$2 + V$	dB
Índice de sonoridad del eco para el hablante	$30 + 2V$	dB
Atenuación ponderada del trayecto de eco	$65 + 2V$	dB
Factor de degradación de equipo ( $I_e$ )	7	
Unidad de distorsión de cuantificación	1,7	
Retardo de ida y vuelta	32	ms
Retardo medio en un sentido	16	ms
Retardo absoluto	16	ms

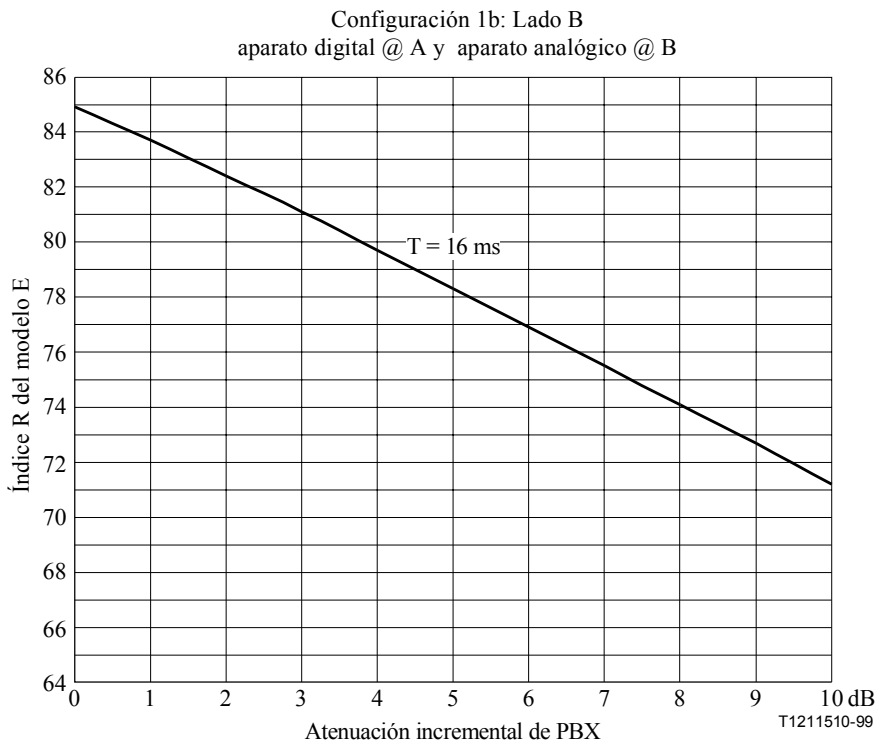
**Cuadro B.3b/G.108 – Parámetros de entrada al modelo E para la configuración 1b según se percibe en el lado B**

Parámetros de entrada	Valores	Unidad
Índice de sonoridad en emisión ( $SLR_A$ )	$8 + V$	dB
Índice de sonoridad en recepción ( $RLR_B$ )	3	dB
Índice de sonoridad del eco para el hablante	$59 + 2V$	dB
Atenuación ponderada del trayecto de eco	$65 + 2V$	dB
Factor de degradación de equipo ( $I_e$ )	7	
Unidad de distorsión de cuantificación	2,4	
Retardo de ida y vuelta	32	ms
Retardo medio en un sentido	16	ms
Retardo absoluto	16	ms

### B.2.5.3 Resultados



**Figura B.14a/G.108 – Aparato digital @ A y aparato analógico @ B según se percibe en el lado A**



**Figura B.14b/G.108 – Aparato digital @ A y aparato analógico @ B según se percibe en el lado B**

Las figuras B.14a y B.14b ilustran puntos de calidad de transmisión de señales vocales óptima con sus respectivas atenuaciones incrementales en las PBX. Para el lado B, la calidad de transmisión de señales vocales óptima se produce cuando no hay más atenuación en la PBX ya que el elevado valor de la atenuación de adaptación para el eco (ERL) de 45 dB proporciona un control del eco suficiente como para minimizar los efectos del eco.

Por otro lado, cuando el oyente está en el lado A, teniendo el lado opuesto (B) una ERL de sólo 14 dB, un valor entre 4 y 4,5 dB indica la mejor calidad de transmisión de señales vocales que es posible obtener.

### B.2.6 Configuración de referencia 2 (escenario de conexión de portátil)

Esta configuración representa una conexión de red privada a red pública en la que la terminación de la red privada es un aparato telefónico portátil. Esta conexión es el equivalente norteamericano de la configuración de referencia 2 de B.1.

En la configuración 2, el portátil (aparato sin hilos) del lado A está conectada a la PBX A digital mediante un puerto de acceso ICS (estación compatible de la RDSI). La PBX A está conectada a la PBX C de tránsito a través de un puerto de acceso troncal de servicios integrados (IST). La atenuación de la PBX es de 0 dB en cada sentido, de acuerdo con el plan de atenuaciones de [40] para una conexión ONS-IST. La facilidad troncal de enlace digital, B, utiliza un equipo de codificación de baja velocidad binaria. La PBX C de tránsito conecta el troncal de enlace digital (IST) a una línea de acceso digital (DAL). Según el plan de atenuaciones de la PBX de [40], la atenuación para esta conexión de PBX es de 0 dB en ambos sentidos. La línea de acceso digital, D, conecta con la central local E de la RTPC para la conexión con la red pública digital conmutada F y terminación en la central digital local G. De acuerdo con el plan de atenuaciones digitales de la red pública, la central G inserta una atenuación de 6 dB en el sentido recepción (hacia la línea de acceso analógica del abonado).

Configuración 2: aparato portátil @ A; aparato analógico @ B

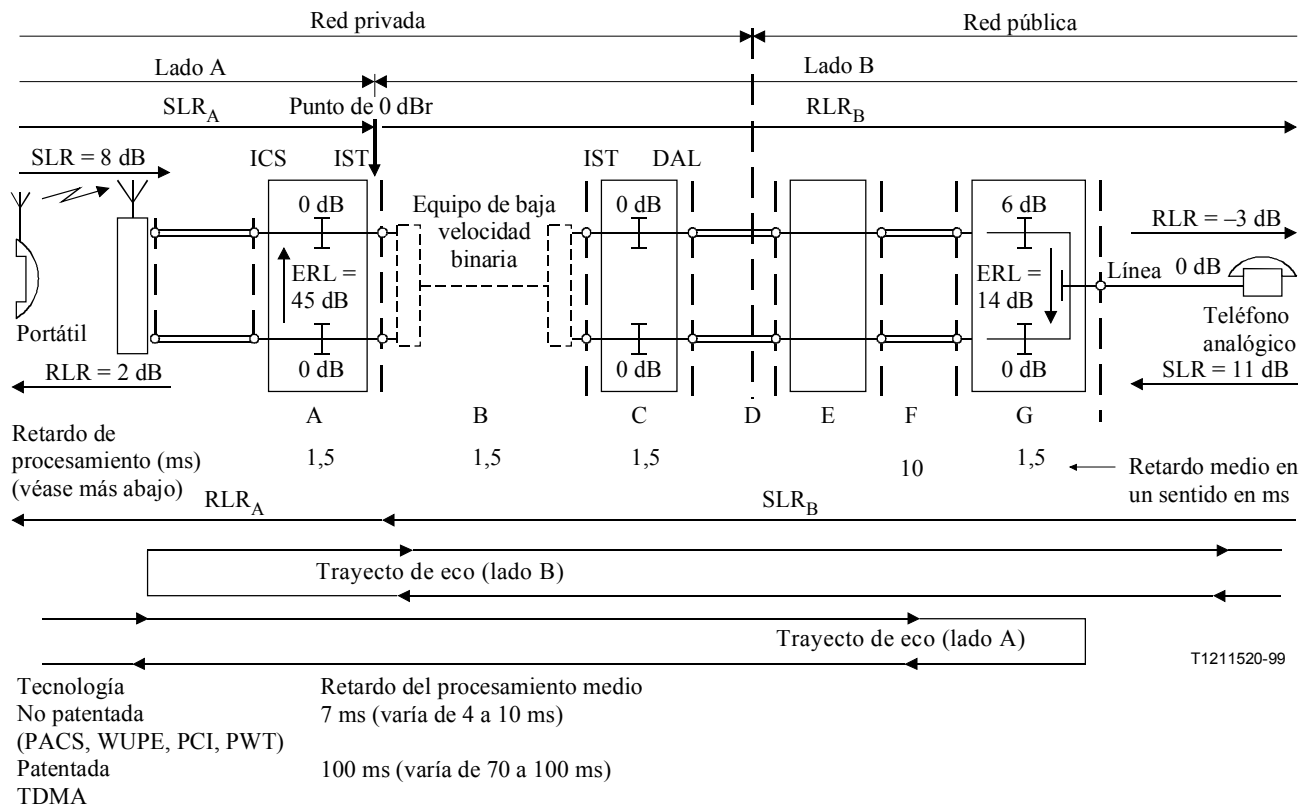


Figura B.15/G.108 – Base de cálculo de la configuración de referencia 2

### B.2.6.1 Cálculos previos para la configuración 2

#### B.2.6.1.1 Cálculo de SLR, RLR y OLR

##### Lado A

	Aparato → punto de 0 dBr	Punto de 0 dBr → Aparato
Aparato telefónico	SLR 8 dB	RLR 2 dB
PBX A	0 dB	0 dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>	<b>SLR<sub>A</sub> = 8 dB</b>	<b>RLR<sub>A</sub> = 2 dB</b>

##### Lado B

	Aparato → punto de 0 dBr	Punto de 0 dBr → Aparato
Aparato telefónico	SLR 11 dB	RLR -3dB
DEO G	0 dB	6 dB
DEO E	0 dB	0 dB
PBX C	0 dB	0 dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>	<b>SLR<sub>B</sub> = 11 dB</b>	<b>RLR<sub>B</sub> = 3 dB</b>

##### OLR

Oyente en el lado A	Oyente en el lado B
SLR <sub>B</sub> = 11 dB	SLR <sub>A</sub> = 8 dB
RLR <sub>A</sub> = 2 dB	RLR <sub>B</sub> = 3 dB
OLR = 13 dB	OLR = 11 dB

#### B.2.6.1.2 Índice de sonoridad del eco para el hablante (TEL<sub>R</sub>)

##### Análisis del TEL<sub>R</sub> producido en el lado A:

$$\begin{aligned}
 \text{TEL}_R &= \text{SLR}_{\text{SET A}} + \text{atenuación de retorno (B)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} + \text{RLR}_{\text{SET A}} \\
 &= 8 + 14 + (0 + 0 + 6 + 0 + 0 + 0) + 2 \\
 &= 30 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

##### Análisis del TEL<sub>R</sub> producido en el lado B:

$$\begin{aligned}
 \text{TEL}_R &= \text{SLR}_{\text{SET B}} + \text{atenuación de retorno (A)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} + \text{RLR}_{\text{SET B}} \\
 &= 11 + 45 + (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 6) + (-3) \\
 &= 59 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

#### B.2.6.1.3 Atenuación ponderada del trayecto de eco (WEPL)

$$\begin{aligned}
 \text{WEPL} &= \text{atenuación de retorno (A)} + \text{atenuación de retorno (B)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} \\
 &= 45 + 14 + (0 + 0 + 6 + 0 + 0 + 0) \\
 &= 65 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

#### B.2.6.1.4 Valores de retardo T, Ta y Tr

$$\begin{aligned} T(\text{ms}) &= \text{retardo de acceso de la tecnología inalámbrica} + \text{retardo de la PBX} + \text{retardo de equipo de baja velocidad binaria} + \text{retardo de central de extremo digital} + \text{retardo de red} + \text{retardo de central de extremo digital} \\ &= 7 \text{ (tecnología no patentada) o } 100 \text{ (tecnología patentada)} + 1,5 + 1,5 + 1,5 + 10 + 1,5 \\ &= 23 \text{ ó } 116 \end{aligned}$$

$$T_a = T$$

$$T_r = 2 \times T$$

#### B.2.6.1.5 Número de unidades de distorsión de cuantificación

Este parámetro representa las degradaciones debidas a la distorsión de cuantificación. Se introduce como el número de unidades de distorsión de cuantificación. Se señala que, para la conversión A/D-D/A, se utiliza un valor de 1. Los atenuadores de pérdidas digitales tienen un valor de qdu adicional de 0,7. En este escenario, hay en total un par de conversión A/D-D/A y cero atenuadores de pérdidas digitales si el lado A es el oyente y un atenuador digital si el lado B es el oyente.

$$\begin{aligned} \text{Por consiguiente, } q_{duA} &= n \times 1 + m \times 0,7 \\ &= 1 \times 1 + 0 \times 0,7 \\ &= 1,0 \\ q_{duB} &= n \times 1 + m \times 0,7 \\ &= 1 \times 1 + 1 \times 0,7 \\ &= 1,7 \end{aligned}$$

donde  $n$  = número de pares de conversión A/D-D/A

$m$  = número de atenuadores digitales

#### B.2.6.1.6 Factor de degradación de equipo

El códec utilizado con la tecnología inalámbrica influye en la calidad de transmisión de señales vocales. Para los dos tipos de tecnología analizados se utilizaron valores del cuadro 2a. El factor de degradación de equipo total ( $I_e$ ), es la suma de todos los factores de degradación de equipo presentes:

$$\begin{aligned} I_e &= \text{valor de } I_e \text{ del códec utilizado con la tecnología inalámbrica} + \text{valor de } I_e \text{ del equipo de baja velocidad binaria (LBR, } \textit{low binary rate}) \\ &= 7 \text{ (tecnología no patentada) ó } 10 \text{ (tecnología patentada)} + 0 \text{ (0 equipos de LBR) ó } 7 \text{ (1 equipo de LBR)} \\ &= 7 \text{ ó } 14 \text{ (tecnología no patentada) } \quad \text{o} \\ &= 10 \text{ ó } 17 \text{ (tecnología patentada)} \end{aligned}$$

#### B.2.6.2 Cuadros resumen de parámetros de entrada

En los cuadros B.4a y B.4b se presentan de forma resumida los parámetros de entrada de la configuración 2; todos los demás parámetros permanecen en sus valores por defecto, indicado en el cuadro 6.



**Cuadro B.4a/G.108 – Parámetros de entrada al modelo E  
para la configuración 2 según se percibe en el lado A**

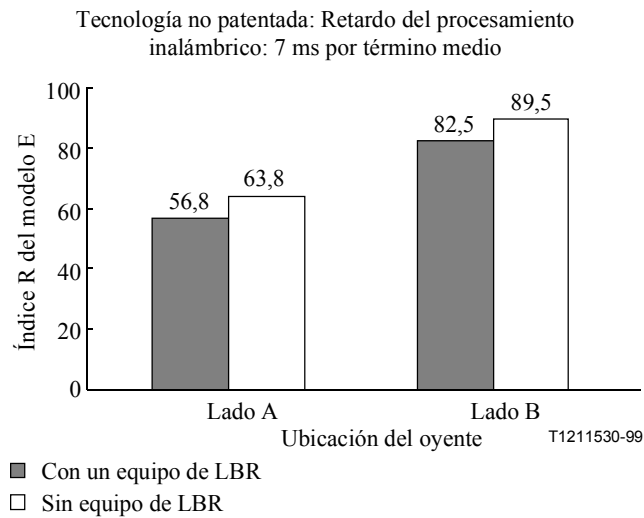
<b>Parámetros de entrada</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidad</b>
Índice de sonoridad en emisión (SLR <sub>B</sub> )	11	dB
Índice de sonoridad en recepción (RLR <sub>A</sub> )	2	dB
Índice de sonoridad del eco para el hablante	30	dB
Atenuación ponderada del trayecto de eco	65	dB
Factor de degradación de equipo (I <sub>e</sub> )	7 ó 14 (tecnología no patentada), 10 ó 17 (tecnología patentada)	
Factor de ventaja (A)	5 (tecnología no patentada), 10 (tecnología patentada)	
Unidad de distorsión de cuantificación	1	
Retardo de ida y vuelta	46 (tecnología no patentada) 232 (tecnología patentada)	ms
Retardo medio en un sentido	23 (tecnología no patentada) 116 (tecnología patentada)	ms
Retardo absoluto	23 (tecnología no patentada) 116 (tecnología patentada)	ms

**Cuadro B.4b/G.108 – Parámetros de entrada al modelo E  
para la configuración 2 según se percibe en el lado B**

<b>Parámetros de entrada</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidad</b>
Índice de sonoridad en emisión (SLR <sub>A</sub> )	8	dB
Índice de sonoridad en recepción (RLR <sub>B</sub> )	3	dB
Índice de sonoridad del eco para el hablante	59	dB
Atenuación ponderada del trayecto de eco	65	dB
Factor de degradación de equipo (I <sub>e</sub> )	7 ó 14 (tecnología no patentada), 10 ó 17 (tecnología patentada)	
Factor de ventaja (A)	5 (tecnología no patentada), 10 (tecnología patentada)	
Unidad de distorsión de cuantificación	1,7	
Retardo de ida y vuelta	46 (tecnología no patentada) 232 (tecnología patentada)	ms
Retardo medio en un sentido	23 (tecnología no patentada) 116 (tecnología patentada)	ms
Retardo absoluto	23 (tecnología no patentada) 116 (tecnología patentada)	ms

### B.2.6.3 Resultados

#### B.2.6.3.1 Tecnología no patentada: Retardo del procesamiento inalámbrico: 7 ms por término medio (WUPE, PCI, PWT)

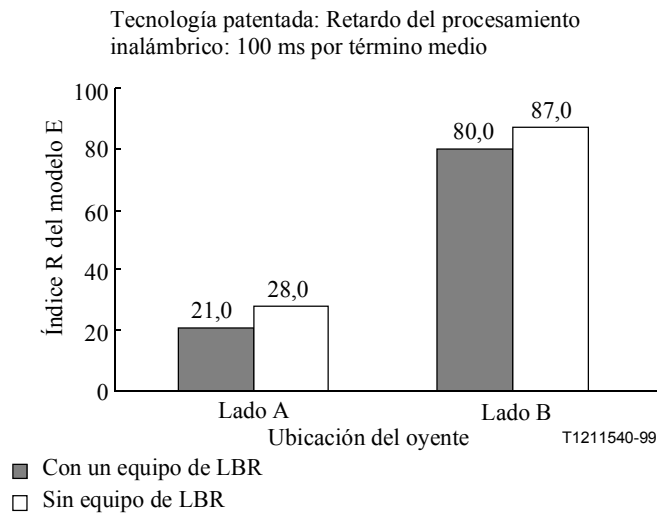


**Figura B.15a/G.108 – Tecnología no patentada : Retardo del procesamiento inalámbrico: 7 ms por término medio**

La figura B.15a muestra el comportamiento de la calidad de transmisión de señales vocales cuando el oyente está en el lado A y en el lado B respectivamente. Las dos barras indican los casos en que hay un equipo de velocidad binaria baja y en que no hay ninguno. Como puede observarse, la calidad de transmisión de señales vocales percibida en el lado B es mejor que la percibida en el lado A. El motivo de esa diferencia es que el valor de la atenuación de adaptación para el eco en el lado A es mucho mayor que en el lado B (45 dB frente a 14 dB). Con una atenuación de adaptación para el eco (ERL) mayor, la compensación del eco es más eficaz y, por tanto, mejora la calidad de transmisión de señales vocales.

También puede observarse cómo el equipo de baja velocidad binaria degrada la calidad de transmisión de señales vocales estableciendo una diferencia con respecto a la situación en que no hay ninguno de esos equipos, sobre todo cuando la compensación del eco no se lleva a cabo de manera eficaz (diferencias mayores en el lado A en comparación con el lado B).

### B.2.6.3.2 Tecnología patentada: Retardo del procesamiento inalámbrico: 100 ms por término medio (TDMA)



**Figura B.15b/G.108 – Tecnología patentada: Retardo del procesamiento inalámbrico: 100 ms por término medio**

En la figura B.15b se muestra la misma observación para el caso de tecnología utilizada con licencia o tecnología patentada. La única diferencia es que la cifra absoluta representativa del comportamiento de la calidad es mucho más baja que cuando se utiliza una tecnología inalámbrica no patentada. Ello se debe a que con la tecnología inalámbrica patentada se produce un retardo mucho mayor (100 ms frente a 7 ms por término medio), y a que también es mayor el factor de degradación de equipo del códec de baja velocidad binaria asociado.

### B.2.7 Configuración de referencia 3a (aparato analógico @ B)

Esta configuración representa una conexión de red privada una de cuyas terminaciones es un aparato telefónico portátil y la otra, un aparato telefónico analógico. Esta conexión es el equivalente norteamericano de la configuración de referencia 3 de B.1 con un aparato telefónico analógico en el lado B.

En la configuración 3a, el portátil (aparato sin hilos) del lado A está conectado a la PBX B digital mediante un puerto de acceso ICS (estación compatible de la RDSI). La PBX A está conectada a la PBX B de tránsito a través de un puerto de acceso de troncal de servicios integrados (IST). La atenuación de la PBX es de 0 dB en cada sentido, de acuerdo con el plan de atenuaciones de [40] para una conexión ONS-IST. La facilidad troncal de enlace digital, B, utiliza equipos de codificación de baja velocidad binaria. La PBX A de tránsito conecta el troncal de enlace digital (IST) a otro troncal de enlace digital (IST). Según el plan de atenuaciones de la PBX de [40], la atenuación para esta conexión de PBX es de 0 dB en ambos sentidos. Este troncal de enlace digital conecta con la PBX D de terminación. Tal como se muestra, ambas facilidades de troncal de enlace utilizan un equipo de codificación de baja velocidad binaria; el análisis de esta conexión se hace para este caso, así como para aquellos casos en los que sólo un troncal de enlace, o ninguno, utiliza ese equipo. La PBX D conecta con un teléfono analógico a través de un puerto de acceso ONS con las atenuaciones que se indican en la descripción de la configuración 1a.

Configuración 3a: aparato portátil @ A; aparato analógico @ B

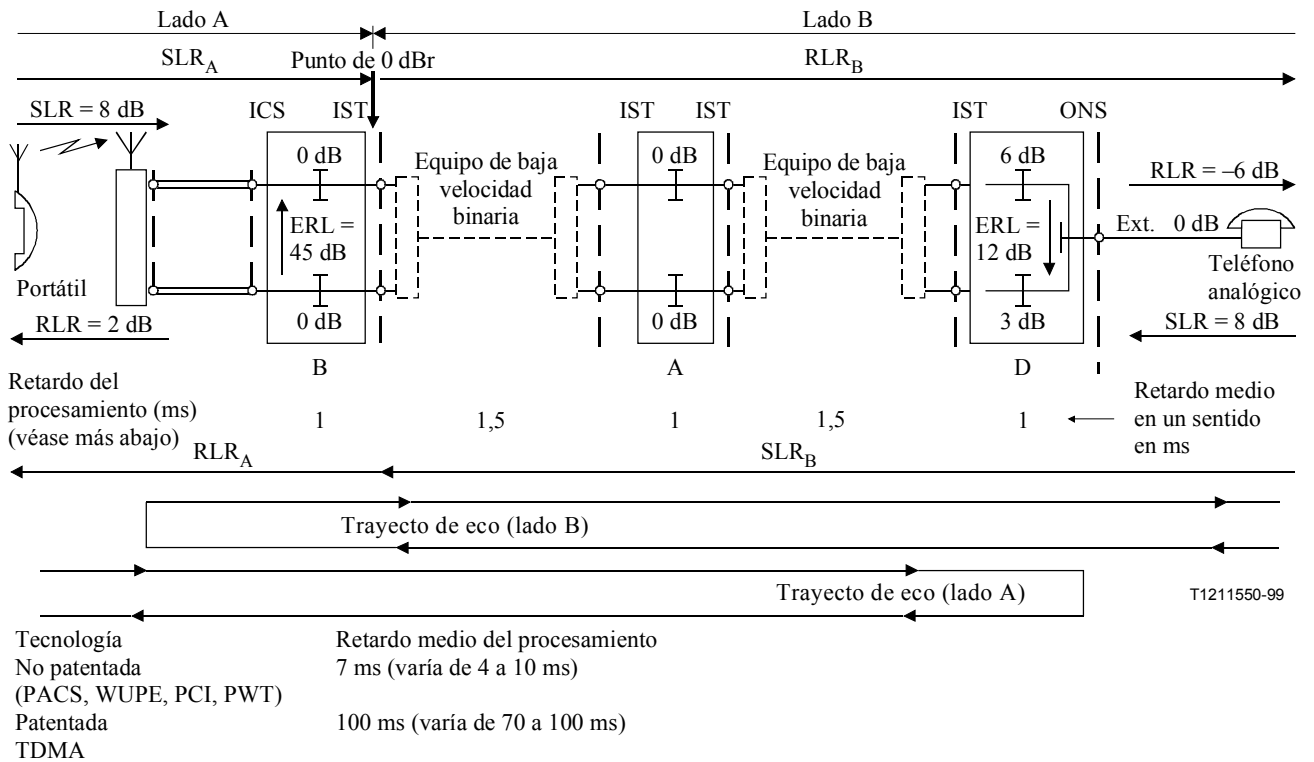


Figura B.16/G.108 – Base de cálculo de la configuración de referencia 3a

### B.2.7.1 Cálculos previos para la configuración 3a

#### B.2.7.1.1 Cálculo de SLR, RLR y OLR

##### Lado A

	Aparato → punto de 0 dBr	Punto de 0 dBr → Aparato
Aparato telefónico	SLR 8 dB	RLR 2 dB
PBX B	0 dB	0 dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>	<b>SLR<sub>A</sub> = 8 dB</b>	<b>RLR<sub>A</sub> = 2 dB</b>

##### Lado B

	Aparato → punto de 0 dBr	Punto de 0 dBr → Aparato
Aparato telefónico	SLR 8 dB	RLR -6 dB
PBX D	3 dB	6 dB
PBX A	0 dB	0 dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>	<b>SLR<sub>B</sub> = 11 dB</b>	<b>RLR<sub>B</sub> = 0 dB</b>

## OLR

Oyente en el lado A	Oyente en el lado B
SLR <sub>B</sub> = 11 dB	SLR <sub>A</sub> = 8 dB
RLR <sub>A</sub> = 2 dB	RLR <sub>B</sub> = 0 dB
OLR = 13 dB	OLR = 8 dB

### B.2.7.1.2 Índice de sonoridad del eco para el hablante (TEL<sub>R</sub>)

#### Análisis del TEL<sub>R</sub> producido en el lado A:

$$\begin{aligned}\text{TEL}_R &= \text{SLR}_{\text{SET A}} + \text{atenuación de retorno (B)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} + \text{RLR}_{\text{SET A}} \\ &= 8 + 12 + (0 + 0 + 6 + 3 + 0 + 0) + (2) \\ &= 31 \text{ dB}\end{aligned}$$

#### Análisis del TEL<sub>R</sub> producido en el lado B:

$$\begin{aligned}\text{TEL}_R &= \text{SLR}_{\text{SET B}} + \text{atenuación de retorno (A)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} + \text{RLR}_{\text{SET B}} \\ &= 8 + 45 + (3 + 0 + 0 + 0 + 0 + 6) + (-6) \\ &= 56 \text{ dB}\end{aligned}$$

### B.2.7.1.3 Atenuación ponderada del trayecto de eco (WEPL)

$$\begin{aligned}\text{WEPL} &= \text{atenuación de retorno (A)} + \text{atenuación de retorno (B)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} \\ &= 45 + 12 + (0 + 0 + 6 + 3 + 0 + 0) \\ &= 66 \text{ dB}\end{aligned}$$

### B.2.7.1.4 Valores de retardo T, T<sub>a</sub> y T<sub>r</sub>

$$\begin{aligned}T(\text{ms}) &= \text{retardo de acceso de la tecnología inalámbrica} + \Sigma \text{retardos de las PBX/retardos de centrales de extremo} + \Sigma \text{retardos de equipos de velocidad binaria baja} \\ &= 7 \text{ (tecnología no patentada)} \text{ ó } 100 \text{ (tecnología patentada)} + 3 \times 1 + 2 \times 1,5 \\ &= 13 \text{ ó } 106\end{aligned}$$

$$T_a = T$$

$$T_r = 2 \times T$$

### B.2.7.1.5 Número de unidades de distorsión de cuantificación

Este parámetro representa las degradaciones debidas a la distorsión de cuantificación. Se introduce como el número de unidades de distorsión de cuantificación. Se señala que, para la conversión A/D-D/A, se utiliza un valor de 1. Los atenuadores de pérdidas digitales tienen un valor de q<sub>du</sub> adicional de 0,7. En este escenario, hay en total un par de conversión A/D-D/A y un atenuador de pérdidas digital cualquiera que sea el lado en que se hace el análisis.

$$\begin{aligned}\text{Por consiguiente, } q_{du} &= n \times 1 + m \times 0,7 \\ &= 1 \times 1 + 1 \times 0,7 \\ &= 1,7\end{aligned}$$

donde n = número de pares de conversión A/D-D/A

m = número de atenuadores digitales

### B.2.7.1.6 Factor de degradación de equipo

El códec utilizado con la tecnología inalámbrica influye en la calidad de transmisión de señales vocales. Para los dos tipos de tecnología analizados se utilizaron valores del cuadro 2a. El factor de degradación de equipo total ( $I_e$ ), es la suma de todos los factores de degradación de equipo presentes:

- $I_e$  = valor de  $I_e$  del códec utilizado con la tecnología inalámbrica + valor de  $I_e$  del equipo de baja velocidad binaria (LBR)
- = 7 (tecnología no patentada) ó 10 (tecnología patentada) + 0 (0 equipos de LBR) ó 7 (1 equipo de LBR) ó 14 (2 equipos de LBR)
- = 7 ó 14 ó 21 (tecnología no patentada)    o
- = 10 ó 17 ó 24 (tecnología patentada)

### B.2.7.2 Cuadros resumen de parámetros de entrada

En los cuadros B.5a y B.5b se presentan de forma resumida los parámetros de entrada para la configuración 3a (aparato analógico @ B); todos los demás parámetros permanecen en sus valores por defecto, indicados en el cuadro 6.

**Cuadro B.5a/G.108 – Parámetros de entrada al modelo E para la configuración 3a (aparato analógico @ B) según se percibe en el lado A**

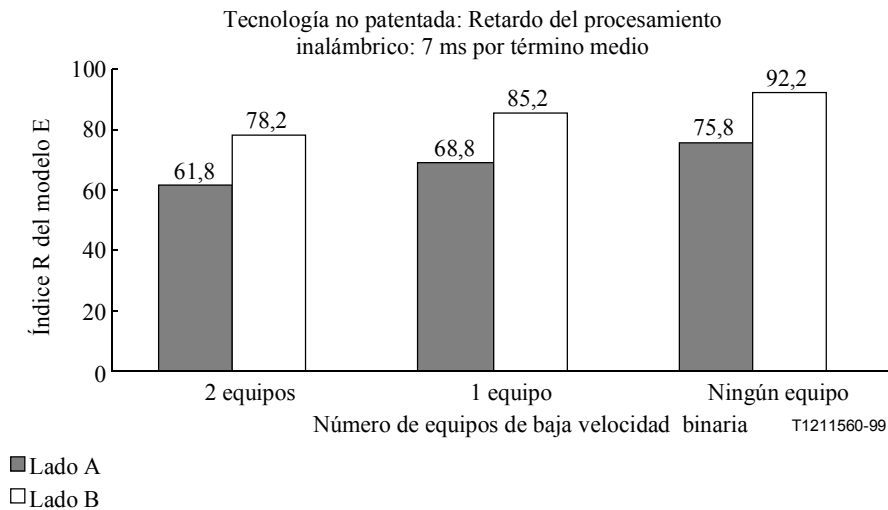
Parámetros de entrada	Valores	Unidad
Índice de sonoridad en emisión ( $SLR_B$ )	11	dB
Índice de sonoridad en recepción ( $RLR_A$ )	2	dB
Índice de sonoridad del eco para el hablante	31	dB
Atenuación ponderada del trayecto de eco	66	dB
Factor de degradación de equipo ( $I_e$ )	7 ó 14 ó 21 (tecnología no patentada), 10 ó 17 ó 24 (tecnología patentada)	
Factor de ventaja (A)	5 (tecnología no patentada) 10 (tecnología patentada)	
Unidad de distorsión de cuantificación	1,7	
Retardo de ida y vuelta	26 (tecnología no patentada) 212 (tecnología patentada)	ms
Retardo medio en un sentido	13 (tecnología no patentada) 106 (tecnología patentada)	ms
Retardo absoluto	13 (tecnología no patentada) 106 (tecnología patentada)	ms

**Cuadro B.5b/G.108 – Parámetros de entrada al modelo E para la configuración 3a (aparato analógico @ B) según se percibe en el lado B**

Parámetros de entrada	Valores	Unidad
Índice de sonoridad en emisión (SLR <sub>A</sub> )	8	dB
Índice de sonoridad en recepción (RLR <sub>B</sub> )	0	dB
Índice de sonoridad del eco para el hablante	56	dB
Atenuación ponderada del trayecto de eco	66	dB
Factor de degradación de equipo (I <sub>e</sub> )	7 ó 14 ó 21 (tecnología no patentada), 10 ó 17 ó 24 (tecnología patentada)	
Factor de ventaja (A)	5 (tecnología no patentada) 10 (tecnología patentada)	
Unidad de distorsión de cuantificación	1,7	
Retardo de ida y vuelta	26 (tecnología no patentada) 212 (tecnología patentada)	ms
Retardo medio en un sentido	13 (tecnología no patentada) 106 (tecnología patentada)	ms
Retardo absoluto	13 (tecnología no patentada) 106 (tecnología patentada)	ms

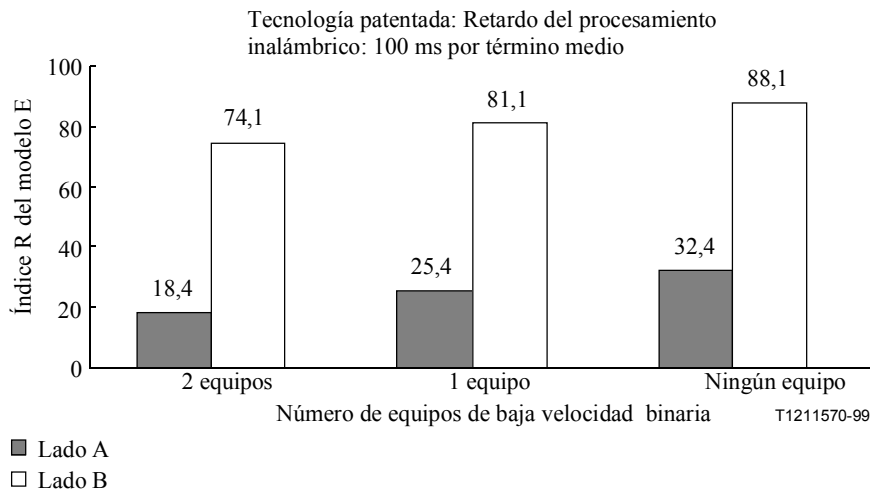
### B.2.7.3 Resultados

#### B.2.7.3.1 Tecnología no patentada: Retardo del procesamiento inalámbrico: 7 ms por término medio (WUPE, PCI, PWT)



**Figura B.16a/G.108 – Tecnología no patentada: Retardo del procesamiento inalámbrico: 7 ms por término medio**

### B.2.7.3.2 Tecnología patentada: Retardo del procesamiento inalámbrico: 100 ms por término medio (TDMA)



**Figura B.16b/G.108 – Tecnología patentada: Retardo del procesamiento inalámbrico: 100 ms por término medio**

Los resultados mostrados en las figuras B.16a y B.16b indican que la calidad de transmisión de señales vocales percibida en el lado B es mucho mejor que la percibida en el lado A. El valor mayor de la atenuación de adaptación para el eco (ERL) en el lado A proporciona una mejor compensación de eco y, por tanto, una mejor calidad de transmisión de señales vocales a la parte opuesta B.

De nuevo, cuantos más equipos de baja velocidad binaria se utilizan peor es la calidad de la transmisión de señales vocales resultante. Esta observación aplica tanto si la tecnología utilizada, es una tecnología patentada como si se trata de tecnología no patentada.

### B.2.8 Configuración de referencia 3b (aparato digital @ lado B)

Esta configuración representa una conexión de red privada una de cuyas terminaciones es un aparato telefónico portátil y la otra, un aparato telefónico digital. Esta conexión es el equivalente norteamericano de la configuración de referencia 3 de B.1 con un aparato telefónico digital en el lado B.

En la configuración 3b, el portátil (aparato sin hilos) del lado A está conectado a la PBX B digital mediante un puerto de acceso ICS (estación compatible de la RDSI). La PBX A está conectada a la PBX B de tránsito a través de un puerto de acceso troncal de servicios integrados (IST). La atenuación de la PBX es de 0 dB en cada sentido, de acuerdo con el plan de atenuaciones de [40] para una conexión ONS-IST. La PBX A de tránsito conecta el troncal de enlace digital (IST) a otro troncal de enlace digital (IST). Según el plan de atenuaciones de PBX de [40], la atenuación para esta conexión de PBX es de 0 dB en ambos sentidos. Este troncal de enlace digital conecta con la PBX D digital de terminación. Tal como se muestra, ambas facilidades troncales de enlace utilizan un equipo de codificación de baja velocidad binaria; el análisis de esta conexión se hace para este caso, así como para aquellos casos en los que sólo un troncal de enlace, o ninguno, utiliza ese equipo. La PBX D conecta con un teléfono digital a través de un puerto de acceso ICS con una atenuación de 0 dB en cada sentido.



Configuración 3b: aparato portátil @ A; aparato digital @ B

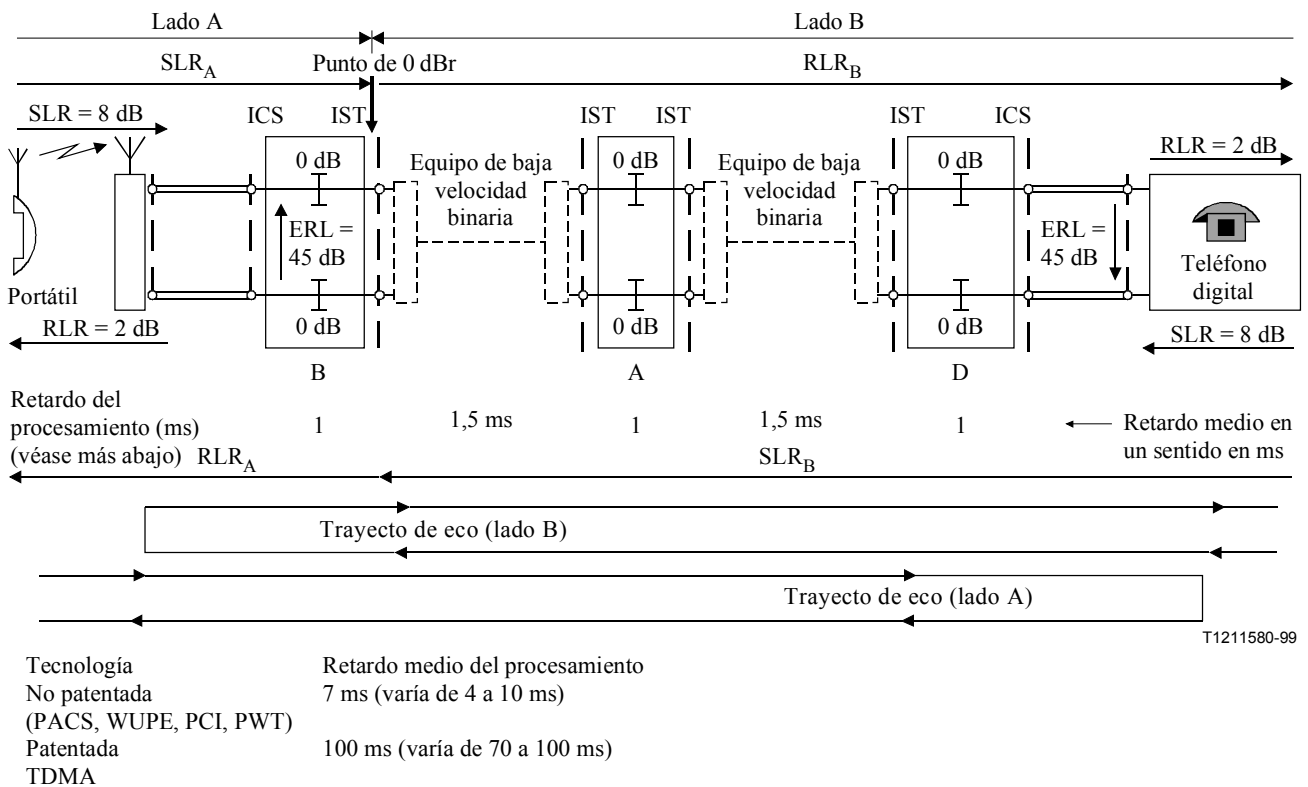


Figura B.17/G.108 – Base de cálculo de la configuración de referencia 3b

B.2.8.1 Cálculos previos para la configuración 3b

B.2.8.1.1 Cálculo de SRL, RLR y OLR

Lado A

	Aparato → punto de 0 dBr	Punto de 0 dBr → Aparato
Aparato telefónico	SLR 8 dB	RLR 2 dB
PBX B	0 dB	0 dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>	<b>SLR<sub>A</sub> = 8 dB</b>	<b>RLR<sub>A</sub> = 2 dB</b>

Lado B

	Aparato → punto de 0 dBr	Punto de 0 dBr → Aparato
Aparato telefónico	SLR 8 dB	RLR 2 dB
PBX D	0 dB	0 dB
PBX A	0 dB	0 dB
<b>Suma en el punto de 0 dBr</b>	<b>SLR<sub>B</sub> = 8 dB</b>	<b>RLR<sub>B</sub> = 2 dB</b>

## OLR

Oyente en el lado A	Oyente en el lado B
SLR <sub>B</sub> = 8 dB	SLR <sub>A</sub> = 8 dB
RLR <sub>A</sub> = 2 dB	RLR <sub>B</sub> = 2 dB
OLR = 10 dB	OLR = 10 dB

### B.2.8.1.2 Índice de sonoridad del eco para el hablante (TEL<sub>R</sub>)

#### Análisis del TEL<sub>R</sub> producido en el lado A:

$$\begin{aligned}\text{TEL}_R &= \text{SLR}_{\text{SET A}} + \text{atenuación de retorno (B)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} + \text{RLR}_{\text{SET A}} \\ &= 8 + 45 + (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0) + (2) \\ &= 55 \text{ dB}\end{aligned}$$

#### Análisis del TEL<sub>R</sub> producido en el lado B:

$$\begin{aligned}\text{TEL}_R &= \text{SLR}_{\text{SET B}} + \text{atenuación de retorno (A)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} + \text{RLR}_{\text{SET B}} \\ &= 8 + 45 + (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0) + (2) \\ &= 55 \text{ dB}\end{aligned}$$

### B.2.8.1.3 Atenuación ponderada del trayecto de eco (WEPL)

$$\begin{aligned}\text{WEPL} &= \text{Atenuación de retorno (A)} + \text{Atenuación de retorno (B)} + \text{suma de atenuaciones de los nodos} \\ &= 45 + 45 + (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0) \\ &= 90 \text{ dB}\end{aligned}$$

### B.2.8.1.4 Valores de retardo T, T<sub>a</sub> y T<sub>r</sub>

$$\begin{aligned}T(\text{ms}) &= \text{retardo de acceso de la tecnología inalámbrica} + \Sigma \text{retardos de las PBX/retardos de centrales de extremo} + \Sigma \text{retardos de equipos de velocidad binaria baja} \\ &= 7 \text{ (tecnología no patentadas)} \text{ o } 100 \text{ (tecnología patentada)} + 3 \times 1 + 2 \times 1,5 \\ &= 13 \text{ ó } 106\end{aligned}$$

$$T_a = T$$

$$T_r = 2 \times T$$

### B.2.8.1.5 Número de unidades de distorsión de cuantificación

Este parámetro representa las degradaciones debidas a la distorsión de cuantificación. Se introduce como el número de unidades de distorsión de cuantificación. Se señala que, para la conversión A/D-D/A, se utiliza un valor de 1. Los atenuadores de pérdidas digitales tienen un valor de q<sub>du</sub> adicional de 0,7. En este escenario, hay en total un par de conversión A/D-D/A cualquiera que sea el lado en que se hace análisis.

$$\begin{aligned}\text{Por consiguiente, } q_{du} &= n \times 1 + m \times 0,7 \\ &= 1 \times 1 + 1 \times 0,7 \\ &= 1,7\end{aligned}$$

donde  $n$  = pares de conversión A/D-D/A

$m$  = número de atenuadores digitales

### B.2.8.1.6 Factor de degradación de equipo

El códec utilizado con la tecnología inalámbrica influye en la calidad de transmisión de señales vocales. Para los dos tipos de tecnología analizados se utilizan valores del cuadro 2a. El factor de degradación de equipo total ( $I_e$ ), es la suma de todos los factores de degradación de equipo presentes:

- $I_e$  = valor de  $I_e$  del códec utilizado con la tecnología inalámbrica + valor  $I_e$  del equipo de baja velocidad binaria (LBR) de la red
- = 7 (tecnología no patentada) ó 10 (tecnología patentada) + 0 (0 equipos de LBR) o 7 (1 equipo de LBR) o 14 (2 equipos de LBR)
  - = 7 ó 14 ó 21 (tecnología no patentada)    o
  - = 10 ó 17 ó 24 (tecnología patentada)

### B.2.8.2 Cuadros resumen de parámetros de entrada

En los cuadros B.6a y B.6b se presentan de forma resumida los parámetros de entrada para la configuración 3b (aparato digital @ B); todos los demás parámetros permanecen en sus valores por defecto, indicados en el cuadro 6.

**Cuadro B.6a/G.108 – Parámetros de entrada al modelo E para la configuración 3b (aparato digital @ B) según se percibe en el lado A**

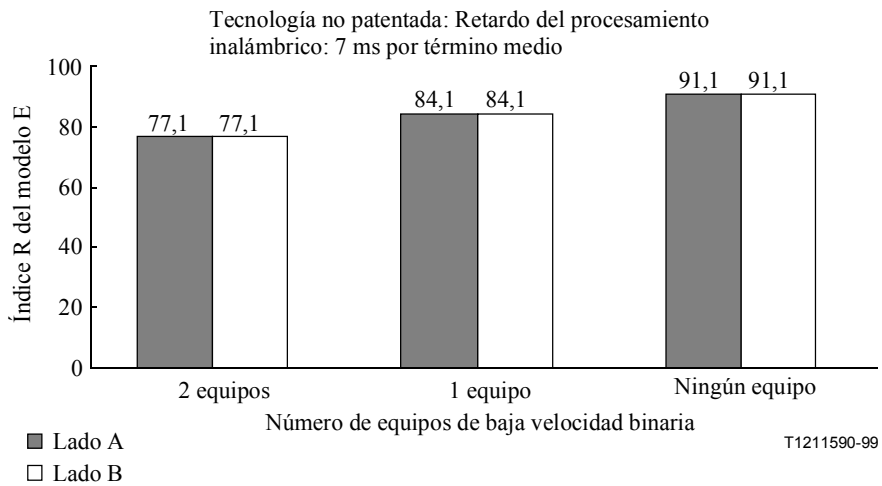
Parámetros de entrada	Valores	Unidad
Índice de sonoridad en emisión ( $SLR_B$ )	8	dB
Índice de sonoridad en recepción ( $RLR_A$ )	2	dB
Índice de sonoridad del eco para el hablante	55	dB
Atenuación ponderada del trayecto de eco	90	dB
Factor de degradación de equipo ( $I_e$ )	7 ó 14 ó 21 (tecnología no patentada) 10 ó 17 ó 24 (tecnología patentada)	
Factor de ventaja (A)	5 (tecnología no patentada), 10 (tecnología patentada)	
Unidad de distorsión de cuantificación	1,7	
Retardo de ida y vuelta	26 (tecnología no patentada) 212 (tecnología patentada)	ms
Retardo medio en un sentido	13 (tecnología no patentada) 106 (tecnología patentada)	ms
Retardo absoluto	13 (tecnología no patentada) 106 (tecnología patentada)	ms

**Cuadro B.6b/G.108 – Parámetros de entrada al modelo E para la configuración 3b (aparato digital @ B) según se percibe en el lado B**

Parámetros de entrada	Valores	Unidad
Índice de sonoridad en emisión (SLR <sub>A</sub> )	8	dB
Índice de sonoridad en recepción (RLR <sub>B</sub> )	2	dB
Índice de sonoridad del eco para el hablante	55	dB
Atenuación ponderada del trayecto de eco	90	dB
Factor de degradación de equipo (I <sub>e</sub> )	7 ó 14 ó 21 (tecnología no patentada) 10 ó 17 ó 24 (tecnología patentada)	
Factor de ventaja (A)	5 (tecnología no patentada), 10 (tecnología patentada)	
Unidad de distorsión de cuantificación	1,7	
Retardo de ida y vuelta	26 (tecnología no patentada) 212 (tecnología patentada)	ms
Retardo medio en un sentido	13 (tecnología no patentada) 106 (tecnología patentada)	ms
Retardo absoluto	13 (tecnología no patentada) 106 (tecnología patentada)	ms

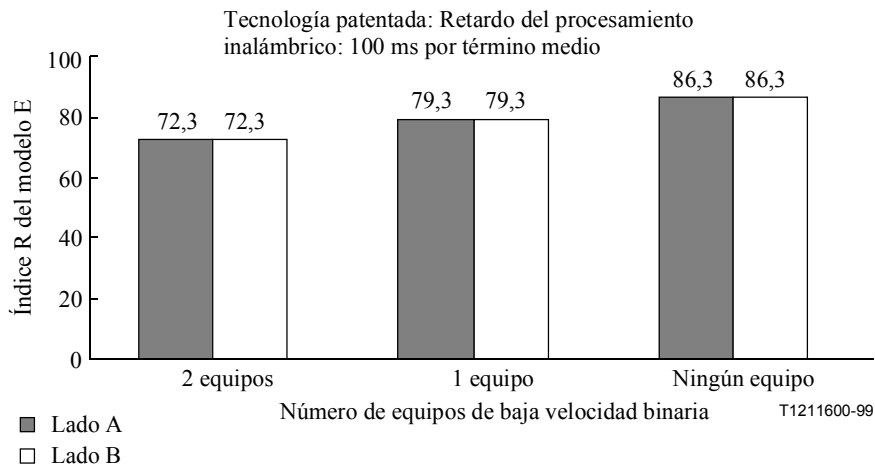
### B.2.8.3 Resultados

#### B.2.8.3.1 Tecnología no patentada: Retardo del procesamiento inalámbrico: 7 ms por término medio (WUPE, PCI, PWT)



**Figura B.17a/G.108 – Tecnología no patentada: Retardo del procesamiento inalámbrico: 7 ms por término medio**

### B.2.8.3.2 Tecnología patentada: Retardo del procesamiento inalámbrico: 100 ms por término medio (TDMA)



**Figura B.17b/G.108 – Tecnología patentada: Retardo del procesamiento inalámbrico: 100 ms por término medio**

Como se muestra en la figura B.17a, la calidad de transmisión de señales vocales percibida ya sea en el lado A o en el lado B es la misma, al igual que el valor de ERL es el mismo (45 dB) en cualquier extremo, con lo que resulta un comportamiento de la calidad de transmisión de señales vocales situado en la región satisfactoria. La misma observación se deduce de la figura B.17b en el caso de tecnología aplicada mediante licencia o tecnología patentada. La única diferencia es el valor más bajo en términos absolutos en el caso de tecnología patentada debido al retardo mayor y al mayor factor de degradación.

### B.3 Ejemplo de planificación para escenarios basados en la transmisión IP

El cuadro B.7 muestra un ejemplo de los cálculos del modelo E para varios escenarios de telefonía IP. Como referencia se indica una conexión "libre de degradaciones" con un retardo de 50 ms en un sentido. Esa conexión cumple la asignación de retardos a un segmento nacional que se define en la Recomendación G.114 [6].

Los únicos parámetros del modelo E que se han variado son el factor de degradación de equipo del códec y el retardo. Todos los demás parámetros se fijan en sus valores por defecto indicados en el cuadro 6. No se incluyen, en particular, los efectos de errores de canales, la pérdida de paquetes y la variabilidad del retardo.

Los efectos de degradación de equipo se han tomado del actual apéndice I/G.113 [5].

El retardo en un sentido de un sistema telefónico IP dado lo determinan el retardo de la red y el número de tramas codificadas incluidas en cada paquete IP (véase 7.3.2.3). La pérdida de un paquete dará lugar a un recorte de las señales vocales. Para mantener una buena calidad de transmisión de señales vocales de extremo, el contenido de señales vocales de las tramas codificadas deberá ser de menos 64 ms de conversación por paquete IP (véase 7.5 relativa al recorte temporal (silábico) de la Recomendación G.177 [13]). Por ello, en un paquete se ensamblan como máximo dos tramas de la Recomendación G.723.1 o seis tramas de la G.729A. En el cuadro B.7, la columna "Retardo de paquete" representa el tiempo que se requiere para el ensamblado de un paquete incluyendo el proceso de codificación y decodificación, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$T_F(N + 1) + T_L$$

donde  $T_F$  es el tamaño de trama del códec,  $N$  es el número de tramas de un paquete, y  $T_L$  es el tiempo de preanálisis del códec. En el caso de la Recomendación G.723.1 (ambas velocidades binarias), el tamaño de trama es de 30 ms y el tiempo de preanálisis es de 7,5 ms. En el caso de la Recomendación G.729A, el tamaño de trama es de 10 ms y el tiempo de preanálisis es de 5 ms.

**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.

El cuadro B.8 muestra los valores de R para las combinaciones indicadas de Ie y retardo medio en un sentido de extremo a extremo. Se señala que los diferentes sombreados se refieren a las diferentes categorías de calidad de transmisión de señales vocales definidas en el cuadro 1.

**Cuadro B.8/G.108 – Índices R del modelo E para las combinaciones indicadas de Ie y retardo medio en un sentido de extremo a extremo**

Ie=	0	5	7	10	15	19	19	20	26
	G.711	GSM-EFR	G.726 en 32	G.729	G.723.1 en 6.3	G.729A +VAD con 2% de atenuación	G.723.1 en 5.3	GSM-FR	G.729A +VAD con 4% de atenuación
ms			G.728 en 16				G.723.1 en 6,3+VAD con 1% de atenuación	IS-54	
~0	94		87						
50	93		86	83		74			67
100	92	87	85	82	77	73	73	72	66
150	90	85	83	80	75	71	71	70	64
200	87	82	80	77	72	68	68	67	61
250	80	75	73	70	65	61	61	60	54
300	74	69	67	64	59	55	55	54	48
350	68	63	61	58	53	49	49	48	42
400	63	58	56	53	48	44	44	43	37
450	59	54	52	49	44	40	40	39	33

NOTA 1 – Los valores de R de este cuadro se han calculado utilizando los valores indicados para Ie y T ( $T=T_a=Tr/2$ ) y los valores por defecto del cuadro 6 para todos los demás parámetros.

NOTA 2 – A menos que se indique otra cosa, los ejemplos no incluyen pérdida de paquetes o detección de actividad vocal (VAD).

NOTA 3 – Las casillas en negro indican combinaciones de retardo y códec imposibles de realizar.

## ANEXO C

### Control del eco en aplicaciones específicas

En las redes tradicionales, la inserción de dispositivos de control del eco se necesitaba sobre todo para las conexiones internacionales. Por lo general, estaban situados en centros de conmutación internacional y, por consiguiente, en la mayoría de los casos eran de la responsabilidad de los operadores de redes públicas. La utilización creciente del encaminamiento digital, junto con equipos que utilizan codificación a baja velocidad binaria, ha cambiado el panorama anterior. En la actualidad pueden producirse retardos de transmisión adicionales debido a los retardos de procesamiento de equipos específicos tales como multiplexadores, circuitos de detección de actividad vocal, teléfonos móviles y teléfonos sin hilos, equipos que se utilizan sobre todo en la jerarquía inferior de las redes públicas o directamente dentro de las redes privadas.

Si las llamadas son encaminadas, por ejemplo, a través de un equipo de multiplexación o terminan en teléfonos móviles o teléfonos sin hilos específicos, el retardo adicional introducido en una conexión puede ser tan alto que se necesiten dispositivos de control del eco incluso para llamadas nacionales, por lo que, en llamadas internacionales, el retardo del trayecto de eco admisible del compensador de eco en un centro de conmutación internacional podría ser sobrepasado. Por ello, en la mayoría de las aplicaciones, esos multiplexadores o terminales están equipados con dispositivos de control del eco "integrados" para garantizar un control del eco suficiente cualquiera que sea el

tipo de conexión. Ahora bien, esos dispositivos de control del eco integrados deberán ser objeto de un minucioso análisis durante la planificación para evitar que se establezcan gamas de funcionamiento incorrectas y que el interfuncionamiento con otros dispositivos de control del eco sea insuficiente.

En las cláusulas que siguen se describen los diferentes aspectos que habrá que tener en cuenta en relación con estos dispositivos de control del eco integrados, por ejemplo, el retardo medio en un sentido adicional de unos 14 ms que introduce un teléfono sin hilos conforme a [50] y [53].

## **C.1 Trayectos de eco efectivos**

La parte fija de un teléfono sin hilos (estación base) se puede conectar mediante una conexión analógica a 2 hilos o bien digital a un elemento de conmutación (por ejemplo, una PBX en una red privada). Si este terminal, situado dentro de la red privada, está conectado a otro terminal a través de una red pública, pueden estar presentes, es decir, ser efectivos, varios trayectos de eco tal como se muestra en la figura C.1, trayectos que deberán ser identificados e investigados durante la planificación.

En las subcláusulas que siguen se describen los diferentes trayectos de eco de esta configuración.

### **C.1.1 Trayecto de eco 1: para el hablante en el teléfono sin hilos**

Este trayecto de eco sólo es efectivo si la parte fija está conectada mediante una conexión analógica a 2 hilos a través de un convertidor híbrido a la PBX. El convertidor híbrido forma un trayecto de eco para el hablante en el teléfono sin hilos con un retardo medio en un sentido de 14 ms, un valor que hace necesario el control del eco.

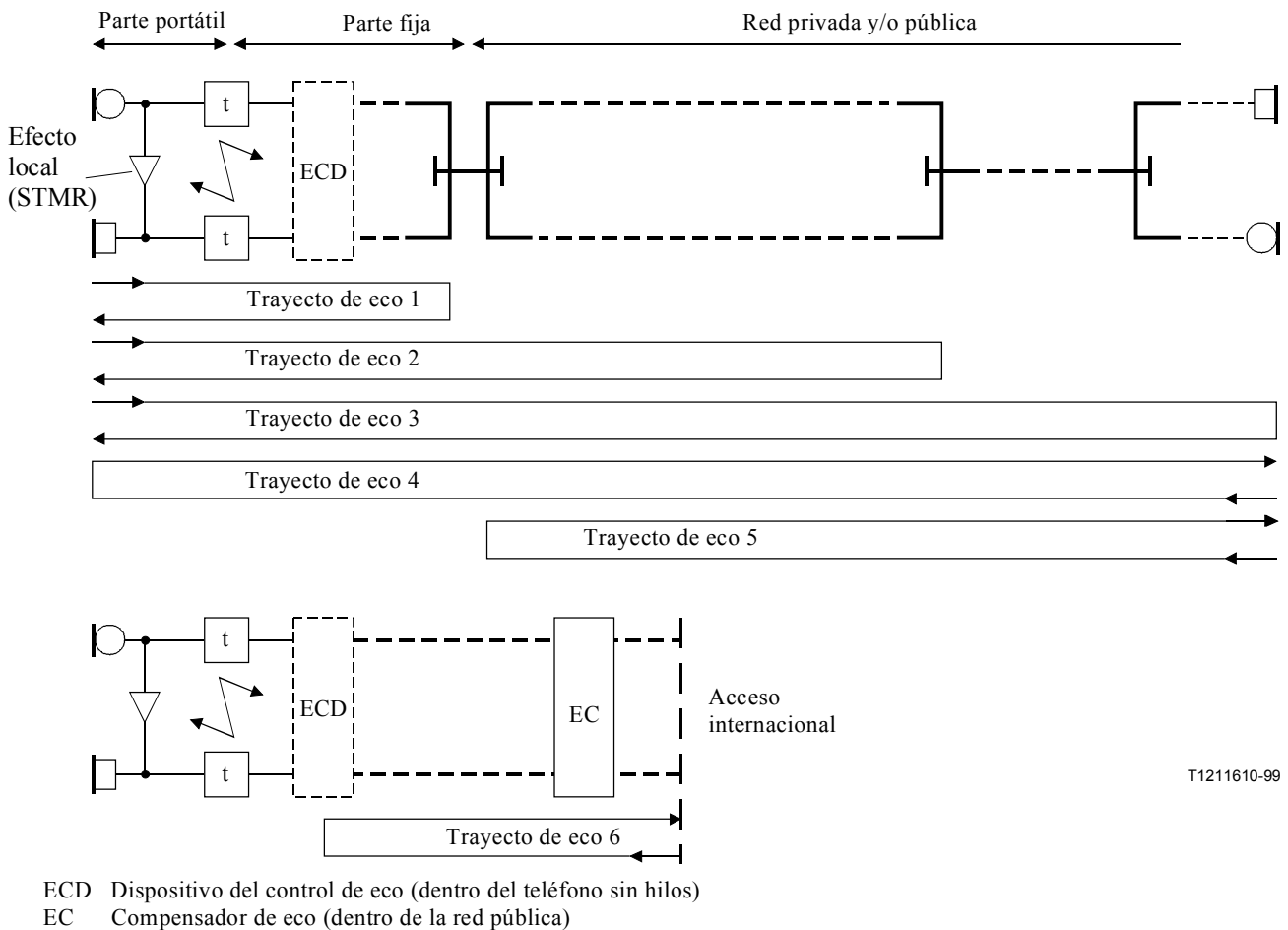
### **C.1.2 Trayecto de eco 2: para el hablante en el teléfono sin hilos**

Este trayecto de eco a través de la red pública es efectivo si el extremo lejano termina con una conversión (híbrida) de 4 hilos a 2 hilos. De todos modos, y a efectos de la planificación, habrá que suponer por ahora que eso es lo que ocurre en la mayoría de los casos. Este trayecto de eco es independiente del tipo de acceso de la parte fija (analógico a 2 hilos o digital) y su retardo medio en un sentido incluye el retardo de la red pública/privada por lo que, en cualquier caso, es superior al del trayecto de eco 1. Tanto el trayecto de eco 1 como el trayecto de eco 2, cada uno de ellos con un retardo medio en un sentido diferente y valores de TELR diferentes, pueden estar presentes al mismo tiempo para el hablante en el teléfono sin hilos. Por ello, el teléfono sin hilos deberá equiparse con dispositivos de control del eco que puedan controlar ambos tipos de eco.

### **C.1.3 Trayecto de eco 3: para el hablante en el teléfono sin hilos**

Este trayecto de eco vía acoplamiento acústico del aparato telefónico del extremo lejano es por lo general irrelevante en comparación con las degradaciones causadas por los trayectos de eco 1 y 2. Aunque el retardo medio en un sentido puede ser superior al del trayecto de eco 2, por ejemplo, si se utiliza un teléfono sin hilos de acuerdo con la norma DECT en ambos lados, la degradación resultante será baja ya que, previsiblemente, el TELR correspondiente a este trayecto de eco será superior a 44 dB.





**Figura C.1/G.108 – Posibles trayectos de eco para un teléfono sin hilos**

#### C.1.4 Trayecto de eco 4: para hablante de la red pública

Para el trayecto de eco que percibe el hablante situado en el lado red pública, es aplicable en principio lo indicado respecto del trayecto de eco 3. A efectos de la planificación sólo es preciso investigar si el valor de la TCLw proporcionada, referida a la parte fija, supera los 34 dB cuando el trayecto dentro de la red privada es totalmente digital.

#### C.1.5 Trayecto de eco 5: para el hablante de la red pública

Este trayecto de eco sólo se menciona aquí a efectos de globalidad, ya que los requisitos para que se produzca una atenuación del eco suficiente referida a la interfaz entre la red pública y la red privada son independientes en este caso del tipo de equipo terminal y de su retardo medio en un sentido. En configuraciones normales, el trayecto de eco 5 contribuirá con degradaciones mayores que el trayecto de eco 4 porque el valor de la atenuación del eco, es más bajo de sólo 24 dB.

#### C.1.6 Trayecto de eco 6: para el hablante de la red pública en una llamada internacional

Aunque sea comparable con el trayecto de eco 5, esta configuración deberá considerarse por separado debido al compensador de eco que es activado automáticamente dentro del centro de conmutación internacional, al producirse la conexión internacional. Las características de estos compensadores de eco, diseñados actualmente de acuerdo con las Recomendaciones G.165 [11] o G.168 [12], no se adaptan por lo general al retardo adicional y a los valores elevados de la TCLw de un teléfono sin hilos como elemento terminal. Por ello, habrá que tomar precauciones para garantizar que el funcionamiento del compensador de eco es el apropiado.

## C.2 Funcionamiento de los compensadores de eco y los supresores programables

En la figura C.2 se muestran en principio los principales dispositivos de un teléfono sin hilos conforme a la norma DECT para el control del eco a lo largo de los diferentes trayectos de eco. En la configuración indicada de una conexión analógica a 2 hilos con la red privada/pública deberán considerarse los dos trayectos de eco, el 1 y el 2. El acceso analógico requiere no sólo una conversión híbrida sino también que el SLR y el RLR del terminal sin hilos (incluida la parte fija) se ajusten a los requisitos nacionales. La norma DECT especifica por lo general valores de SLR = 7 dB y RLR = 3 dB referidos al punto de referencia interno (punto de 0 dBr). Para cumplir los requisitos nacionales en la interfaz a 2 hilos de la parte fija (en este ejemplo, SLR = +3 dB y RLR = -8 dB) se ajustan dentro del convertidor híbrido una ganancia de 4 dB en el trayecto de transmisión y una ganancia de 11 dB en el trayecto de recepción. Suponiendo que la estrategia de impedancia es la adecuada (véase C.1.3), se puede estimar una atenuación de equilibrado del terminal media  $a_{BRL} = 18$  dB; la atenuación transhíbrida resultante  $a_{TRH} = -3$  dB es muy baja y podría causar importantes degradaciones. Para suprimir este "eco cerca del extremo" del trayecto de eco 1 se insertan dos dispositivos, el compensador de eco EC y el supresor programable (SS), entre las llamadas interfaces MICU (MIC uniforme).

El principio del compensador de eco es conforme a la descripción de las Recomendaciones G.165 [11] o G.168 [12], pero sin el NLP y con requisitos menos estrictos. La norma correspondiente sólo exige una mejora de la atenuación transhíbrida, llamada mejora de la atenuación del eco, superior a 6,5 dB, que da lugar a una atenuación del eco de  $-3$  dB + 6,5 = 9,5 dB en el ejemplo mostrado en la figura C.2. Además, el retardo del trayecto de eco admisible para este EC es requerido con sólo  $> 4$  ms, ya que el trayecto de eco lo forma únicamente el circuito híbrido.

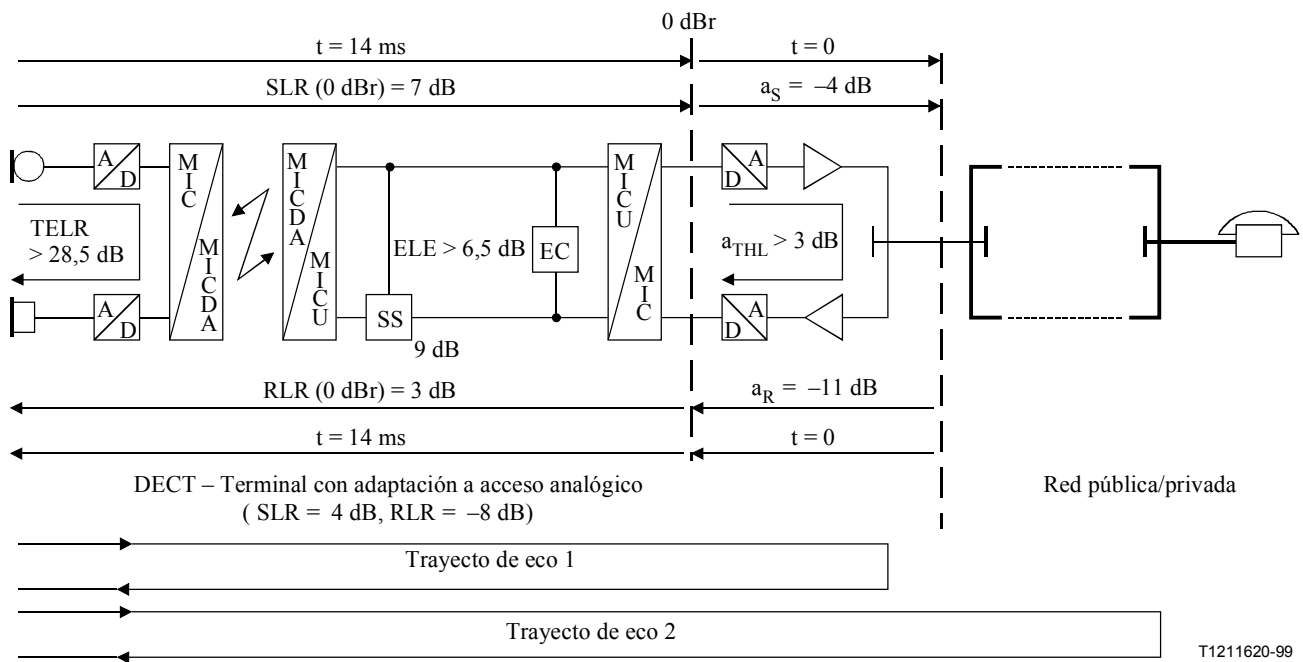


Figura C.2/G.108 – Dispositivos de control del eco en un teléfono sin hilos de la norma DECT

Para aumentar la atenuación del eco de sólo 9,5 dB se inserta un dispositivo adicional, el supresor programable (SS). El SS es comparable, en su manera de funcionar, con un supresor de eco. Si se detecta la señal vocal del hablante en el trayecto de transmisión, se habilita una atenuación adicional de 9 dB en el trayecto de recepción durante el estado conversación, aumentando la atenuación del eco a 18,5 dB. Con el SLR y el RLR en el punto de 0 dBr, el TELR total es de 28,5 dB, que es suficiente para este eco en el trayecto de eco 1.

Para el trayecto de eco 2 se supone una atenuación de eco de 24 dB con un retardo medio en un sentido adicional de 30 ms a través de la red pública. El compensador de eco (EC) no puede compensar este trayecto de eco debido al bajo valor de 4 ms del retardo de trayecto de eco admisible. En este caso, sólo el supresor programable (SS) aumenta, durante el estado conversación, la atenuación del eco de 24 dB a 33 dB, con el resultado de un valor suficientemente alto de 41 dB para el TELR.

### C.3 Provisión de control del eco para el hablante de la red pública

Para el hablante del extremo lejano deberá preverse en la red privada objeto de la planificación un valor suficientemente alto del TELR. Los trayectos de eco efectivos para este hablante son los trayectos 4, 5 y 6 que se muestran en la figura C.1. Si la conexión termina dentro de la red privada en un convertidor híbrido, el valor del TELR es de 24 dB según 7.7, y aquí no se considera.

En caso de encaminamiento totalmente digital dentro de la red privada y terminación en un teléfono sin hilos, la atenuación del eco es idéntica a la TCLw de la parte portátil. Si el teléfono sin hilos es de la norma DECT, se requiere básicamente una TCLw > 46 dB, no obstante lo cual también se admite, facultativamente, sólo 34 dB. En el trayecto de eco de las llamadas nacionales (trayecto de eco 4 de la figura C.1), este valor hace posible un valor suficientemente alto del TELR de 44 dB (suponiendo SLR = 7 dB y RLR = 3 dB para la terminación del extremo lejano con respecto a la interfaz de red pública/privada).

En las conexiones internacionales con compensador de eco activado dentro de la red pública, este valor elevado del TELR junto con el retardo medio en un sentido adicional de 14 ms, puede provocar un funcionamiento inadecuado del compensador de eco. Por tanto, si la parte portátil sólo proporciona la TCLw facultativa de 34 dB, deberá insertarse una atenuación de eco artificial (AE) en el lado red de la parte fija. En la figura C.3 se muestra esta configuración.

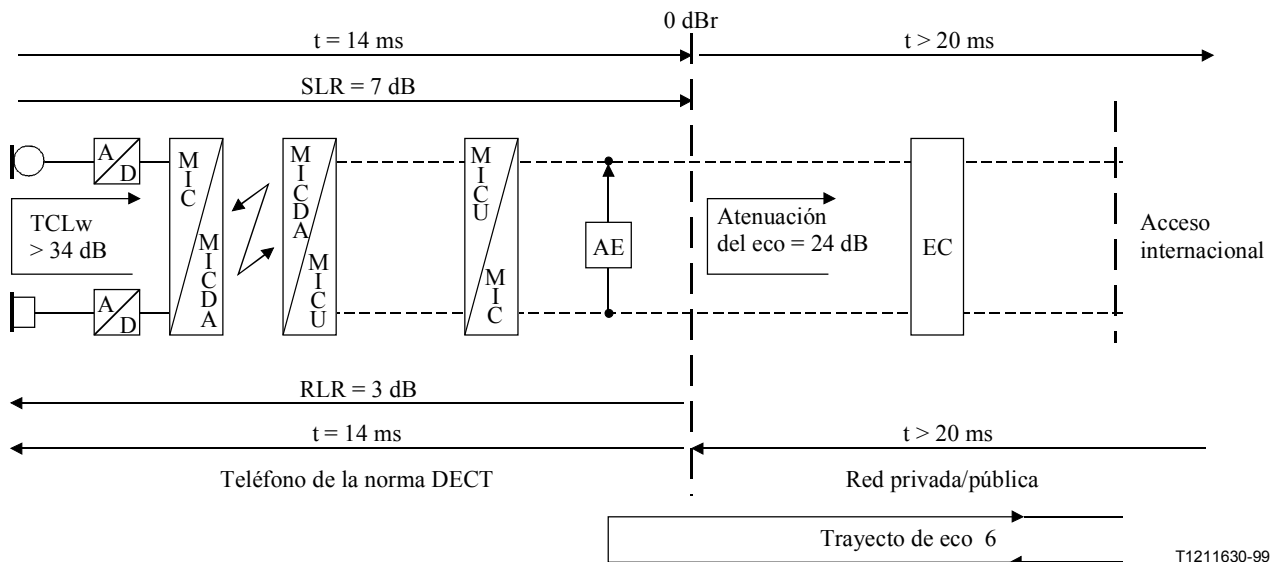


Figura C.3/G.108 – TCLw y atenuación de eco artificial

La finalidad de la atenuación de eco artificial (AE) (una atenuación direccional de la entrada digital a la salida digital) es proporcionar un trayecto de eco "virtual" con una atenuación de eco "dentro de gama" de 24 dB y eliminar el retardo adicional de 14 ms del teléfono sin hilos. Los niveles de eco residual vía la TCLw, incluido ese retardo adicional, son suprimidos por el NLP del compensador de eco de la red pública, ya que entonces quedan muy por debajo del umbral del NLP.





## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación

**\*17915\***



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.109**

(09/99)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –  
Definiciones generales

---

**Definición de las categorías de calidad de  
transmisión vocal**

Recomendación UIT-T G.109

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
<b>Definiciones generales</b>	<b>G.100–G.109</b>
Recomendaciones generales sobre la calidad de transmisión para una conexión telefónica internacional completa	G.110–G.119
Características generales de los sistemas nacionales que forman parte de conexiones internacionales	G.120–G.129
Características generales de la cadena a cuatro hilos formada por los circuitos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.130–G.139
Características generales de la cadena a cuatro hilos de los circuitos internacionales; tránsito internacional	G.140–G.149
Características generales de los circuitos telefónicos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.150–G.159
Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia	G.160–G.169
Aspectos del plan de transmisión relativos a los circuitos especiales y conexiones de la red de conexiones telefónicas internacionales	G.170–G.179
Protección y restablecimiento de sistemas de transmisión	G.180–G.189
Herramientas de soporte lógico para sistemas de transmisión	G.190–G.199
<b>SISTEMAS INTERNACIONALES ANALÓGICOS DE PORTADORAS</b>	
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
<b>EQUIPOS DE PRUEBAS</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN</b>	G.600–G.699
<b>SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DIGITAL</b>	
EQUIPOS TERMINALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*



## **RECOMENDACIÓN UIT-T G.109**

### **DEFINICIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE CALIDAD DE TRANSMISIÓN VOCAL**

#### **Resumen**

Esta Recomendación define cinco categorías de calidad de transmisión vocal de extremo a extremo para microteléfonos a 3,1 kHz. Estas categorías se definen como gamas de calidad de transmisión vocal en términos de "satisfacción del usuario", vinculada a los índices obtenidos con la herramienta de planificación de transmisión de la Recomendación G.107 que tiene en cuenta los efectos combinados de diversas degradaciones de transmisión. Las definiciones aquí proporcionadas son independientes de cualquier tecnología específica que pueda utilizarse en diferentes tipos de escenarios de red que se consideren.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.109 ha sido preparada por la Comisión de Estudio 12 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 30 de septiembre de 1999.

#### **Palabras clave**

Calidad de la voz, calidad de transmisión vocal, modelo E, satisfacción del usuario.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión *empresa de explotación reconocida (EER)* designa a toda persona, compañía, empresa u organización gubernamental que explote un servicio de correspondencia pública. Los términos *Administración*, *EER* y *correspondencia pública* están definidos en la *Constitución de la UIT (Ginebra, 1992)*.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2000

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias.....	1
3 Abreviaturas.....	1
4 Parámetros fundamentales que afectan a la calidad de transmisión vocal.....	2
5 Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal.....	2
6 Ejemplos de calidad de transmisión vocal obtenida en casos típicos .....	3
7 Características de las definiciones incluidas en esta Recomendación .....	4
8 Orientación relativa a la planificación detallada de transmisión .....	4

## **Introducción**

Una tendencia general durante muchas décadas ha sido la mejora de la calidad de transmisión vocal de extremo a extremo en redes de telecomunicaciones, debido a los avances tecnológicos en los equipos de terminal y de red, y en especial la introducción de las tecnologías digitales. En particular, las facilidades digitales de largo alcance han permitido que la calidad de transmisión de las llamadas de muy larga distancia se aproxime a la de las llamadas locales, siempre que se controlen un retardo y un eco excesivos.

En los últimos años, no obstante, se han utilizado diversas nuevas tecnologías de acceso y transporte con estas facilidades de transporte digitales para entregar nuevas capacidades (por ejemplo, acceso inalámbrico y transporte en modo paquete) a los usuarios y proveedores de servicios que pueden introducir una degradación sustancial en la calidad de la transmisión vocal de los servicios de telecomunicación, así como en otros aspectos de la calidad de servicio. Estas nuevas tecnologías de acceso y de transporte pueden presentar a los usuarios y proveedores de servicios la posibilidad de establecer compromisos entre las nuevas capacidades y la calidad de transmisión vocal resultante. Aunque cada usuario, proveedor de servicios y/o Administración puede establecer por sí mismo estos compromisos, se necesita una definición de las categorías de calidad de transmisión vocal para que las comparaciones se funden sobre una base sólida.

Esta Recomendación define cinco categorías de calidad de transmisión vocal que pueden utilizarse como orientación al establecer diferentes niveles de calidad de transmisión vocal en las redes de telecomunicaciones.

## Recomendación G.109

### DEFINICIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE CALIDAD DE TRANSMISIÓN VOCAL

(Ginebra, 1999)

#### 1 Alcance

Esta Recomendación define cinco categorías de calidad de transmisión vocal de boca a oído para microteléfonos a 3,1 kHz a través de redes en términos de "satisfacción del usuario", vinculada a los índices obtenidos con la herramienta de planificación de transmisión de la Recomendación G.107 para determinar los efectos combinados de diversas degradaciones de transmisión. Las definiciones aquí proporcionadas son independientes de la tecnología específica que se utilice en los diferentes tipos de escenarios de red considerados.

#### 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- Recomendación UIT-T G.107 (1998), *El modelo E, un modelo informático para su utilización en planificación de la transmisión.*
- Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E – Directrices para la planificación.*
- Recomendación UIT-T G.113 (1996), *Degradaciones de la transmisión.*
- Recomendación UIT-T G.114 (1996), *Tiempo de transmisión en un sentido.*
- Recomendación UIT-T G.131 (1996), *Control del eco para el hablante.*
- Recomendación UIT-T G.175 (1997), *Planificación de la transmisión en la interconexión de redes privadas con redes públicas para tráfico vocal.*
- Recomendación UIT-T P.11 (1993), *Efectos de las degradaciones de la transmisión.*
- Recomendación UIT-T P.311 (1998), *Características de transmisión de los teléfonos digitales de banda ancha (150-7000 Hz).*
- Recomendación UIT-T P.341 (1998), *Características de transmisión de los teléfonos digitales manos libres de banda ancha (150-7000 Hz).*

#### 3 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

ECD Dispositivo de control de eco (*echo control device*)

RDSI Red digital de servicios integrados

RTPC Red telefónica pública conmutada

#### 4 Parámetros fundamentales que afectan a la calidad de transmisión vocal

La calidad de transmisión vocal es un aspecto importante de la calidad de servicio para muchas aplicaciones de usuario de muchos servicios de telecomunicaciones. La Recomendación P.11 identifica los parámetros de calidad de transmisión vocal fundamentales, e indica los efectos subjetivos de las variaciones de los parámetros. Ejemplos de parámetros de calidad vocal son el nivel vocal, la atenuación de distorsión, el retardo de transmisión, la pérdida y el retardo por trayecto de eco, el ruido de circuito, el ruido de fondo, la dispersión no lineal (como son los efectos de los códecs vocales a baja velocidad binaria, pérdida de paquetes, etc.) y las características del terminal.

Las Recomendaciones de la serie G.100 proporcionan orientación de planificación de la transmisión y, en particular, las Recomendaciones G.113, G.114 y G.131 proporcionan orientación de planificación sobre degradaciones de transmisión, retardo y eco, respectivamente. Además, la Recomendación G.107 proporciona una herramienta de planificación práctica para modelar la calidad de transmisión vocal de boca a oído para microteléfonos a 3,1 kHz que resulta de combinaciones de muchas de estas degradaciones. Aunque se recomienda vivamente que los usuarios, Administraciones, diseñadores de equipos y planificadores de redes se remitan todos a estas Recomendaciones en busca de detalles pertinentes, la siguiente información se proporciona como orientación resumida sobre las diferentes categorías de calidad vocal, de utilidad en la evaluación general de la repercusión de las diversas opciones tecnológicas en la calidad de transmisión vocal de extremo a extremo.

#### 5 Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal

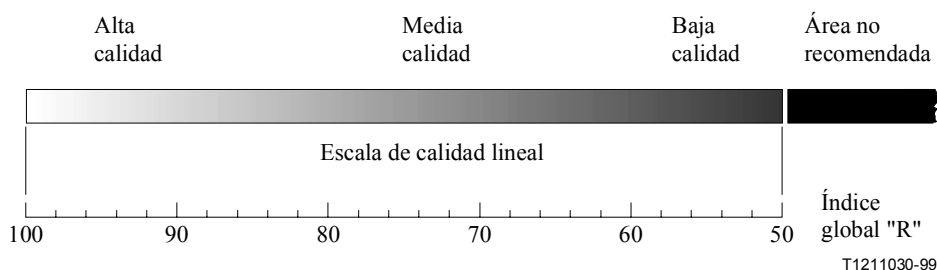
Aunque los parámetros antes mencionados describen los distintos factores que afectan a la calidad de transmisión vocal, es el efecto combinado de todos los parámetros el que conduce al nivel global de calidad de transmisión vocal percibido por el usuario. Para fines de planificación de la transmisión, el modelo E (G.107) es una herramienta de utilidad para evaluar el efecto combinado de todos los parámetros, y por ende diferenciar entre las categorías de calidad de transmisión vocal.

El resultado fundamental del modelo E es el factor de determinación de índices de transmisión, R. El cuadro 1 contiene las definiciones de las categorías de calidad de transmisión vocal con respecto a la gama del factor de determinación de índices de transmisión R, proporcionada por la Recomendación G.107. También se incluyen descripciones de la "satisfacción del usuario" para cada categoría.

**Cuadro 1/G.109 – Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal**

<b>Gama de valores R</b>	<b>Categoría de calidad de transmisión vocal</b>	<b>Satisfacción del usuario</b>
$90 \leq R < 100$	La mejor	Muy satisfecho
$80 \leq R < 90$	Alta	Satisfecho
$70 \leq R < 80$	Media	Algunos usuarios insatisfechos
$60 \leq R < 70$	Baja	Muchos usuarios insatisfechos
$50 \leq R < 60$	Mediocre	Casi todos los usuarios insatisfechos
NOTA 1 – No se recomiendan conexiones con valores R por debajo de 50.		
NOTA 2 – Aunque la tendencia en la planificación de la transmisión es a utilizar valores R, las ecuaciones para convertir los valores R en otras medidas, por ejemplo, MOS, %GoB, %PoW, pueden verse en el anexo B/G.107.		

Es muy importante entender perfectamente el principio recomendado en esta Recomendación. El valor R es una medida de la percepción de la calidad que debe esperar el usuario medio cuando comunique por medio de la conexión considerada: la calidad es un juicio subjetivo tal que no pueden efectuarse asignaciones hasta un límite exacto entre las diferentes gamas de la escala de calidad completa. Los términos cuantitativos deben más bien considerarse como un continuum de calidad de transmisión vocal percibida que varía desde una alta calidad pasando por valores medios hasta una baja calidad, como se ilustra en la figura 1.



**Figura 1/G.109 – Evaluación de una conexión en una escala de calidad lineal**

## 6 Ejemplos de calidad de transmisión vocal obtenida en casos típicos

Para dar un contexto práctico a las categorías definidas anteriormente, el cuadro 2 contiene estimaciones de valores de R en un cierto número de casos de servicios y/o redes. En estos ejemplos algunos valores por defecto indicados en el cuadro 3/G.107 son seguidos por determinados valores de parámetros, a excepción de lo señalado en la columna 2 del cuadro 2.

**Cuadro 2/G.109 – Ejemplos de calidad de transmisión vocal obtenida en casos típicos**

Servicio/red	Valor de R	Desviaciones con respecto al cuadro 3/G.107
De abonado RDSI a abonado RDSI, conexión local	94	Nota 1
De abonado RTPC analógica a abonado RTPC analógica, retardo de 20 ms (pérdidas medias del trayecto de eco; ningún control de eco activo)	82	Nota 2
De abonado móvil a abonado RTPC analógica percibido en el lado móvil	72	Nota 3
De abonado móvil a abonado RTPC analógica percibido en el lado RTPC	64	Nota 4
Voz por conexión IP utilizando G.729A + VAD con 2% de pérdida de paquetes	55	Nota 5
<p>NOTA 1 – No hay desviaciones.</p> <p>NOTA 2 – TELR = 35 dB, WEPL = 50 dB, T = 20 ms, Tr = 40 ms, Ta = 20 ms.</p> <p>NOTA 3 – TELR = 68 dB, WEPL = 101 dB (se supone EC con ERLE = 33 dB), T = 110 ms, Tr = 220 ms, Ta = 110 ms, Ie = 20.</p> <p>NOTA 4 – TELR = 53 dB, WEPL = 101 dB (se supone EC con ERLE = 33 dB), T = 110 ms, Tr = 220 ms, Ta = 110 ms, Ie = 20.</p> <p>NOTA 5 – T = 300 ms, Tr = 600 ms, Ta = 300 ms, Ie = 19.</p>		

## **7 Características de las definiciones incluidas en esta Recomendación**

Debe señalarse que el modelo E capta los efectos de muchos de los parámetros de transmisión fundamentales, pero existen degradaciones que el modelo actual de Recomendación G.107 no capta directamente: por ejemplo, el comportamiento del compensador de eco en condiciones de doble conversación; recorte de sílabas causado por el uso de detectores de actividad vocal; ruido de confort; etc.

Además, debe destacarse que aunque la orientación de esta Recomendación se aplica sólo a los microteléfonos a 3,1 kHz, son posibles otras categorías de audio de mejor calidad, como es la telefonía de banda ancha (150-7000 Hz), para las cuales existen especificaciones de terminales (Recomendaciones P.311 y P.341). La orientación de la planificación de red en dichas aplicaciones está en estudio, porque la Recomendación G.107 no se aplica a casos de banda ancha.

Por último, para relacionar las definiciones contenidas en esta Recomendación con los conceptos y terminología utilizada en el pasado, hay que hacer un comentario sobre la "calidad de tipo circuito interurbano". Este término ha sido utilizado por muchas y diferentes personas para indicar diferentes cosas, pero para los planificadores de redes significaba realmente que la tecnología que se introducía en la red era resistente a los efectos de las degradaciones de transmisión producidas por otras fuentes, y podía de este modo utilizarse en muchas configuraciones en las que sería necesario interfuncionamiento con otros sistemas. En este contexto, el término no tiene hoy en día ninguna relación absoluta con la calidad de transmisión vocal porque, por ejemplo, las degradaciones de sistemas tales como los de acceso inalámbrico o de transporte en modo paquete tendrán la misma repercusión, si trata de una conexión local o de larga distancia. En su lugar, se recomienda la terminología aquí presentada.

## **8 Orientación relativa a la planificación detallada de transmisión**

En las Recomendaciones G.108 y G.175 figuran orientaciones detalladas relativas a la planificación de transmisión utilizando el modelo E.



## **SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T**

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación



INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION

**ITU-T**

TELECOMMUNICATION  
STANDARDIZATION SECTOR  
OF ITU

**G.113**

**Appendix I**  
(05/2002)

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,  
DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS

International telephone connections and circuits – General  
Recommendations on the transmission quality for an  
entire international telephone connection

---

Transmission impairments due to speech  
processing

**Appendix I: Provisional planning values for the  
equipment impairment factor  $I_e$  and packet-loss  
robustness factor  $B_{pl}$**

ITU-T Recommendation G.113 – Appendix I

---

ITU-T G-SERIES RECOMMENDATIONS  
TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS

INTERNATIONAL TELEPHONE CONNECTIONS AND CIRCUITS	G.100–G.199
General definitions	G.100–G.109
<b>General Recommendations on the transmission quality for an entire international telephone connection</b>	<b>G.110–G.119</b>
General characteristics of national systems forming part of international connections	G.120–G.129
General characteristics of the 4-wire chain formed by the international circuits and national extension circuits	G.130–G.139
General characteristics of the 4-wire chain of international circuits; international transit	G.140–G.149
General characteristics of international telephone circuits and national extension circuits	G.150–G.159
Apparatus associated with long-distance telephone circuits	G.160–G.169
Transmission plan aspects of special circuits and connections using the international telephone connection network	G.170–G.179
Protection and restoration of transmission systems	G.180–G.189
Software tools for transmission systems	G.190–G.199
GENERAL CHARACTERISTICS COMMON TO ALL ANALOGUE CARRIER-TRANSMISSION SYSTEMS	G.200–G.299
INDIVIDUAL CHARACTERISTICS OF INTERNATIONAL CARRIER TELEPHONE SYSTEMS ON METALLIC LINES	G.300–G.399
GENERAL CHARACTERISTICS OF INTERNATIONAL CARRIER TELEPHONE SYSTEMS ON RADIO-RELAY OR SATELLITE LINKS AND INTERCONNECTION WITH METALLIC LINES	G.400–G.449
COORDINATION OF RADIOTELEPHONY AND LINE TELEPHONY	G.450–G.499
TESTING EQUIPMENTS	G.500–G.599
TRANSMISSION MEDIA CHARACTERISTICS	G.600–G.699
DIGITAL TERMINAL EQUIPMENTS	G.700–G.799
DIGITAL NETWORKS	G.800–G.899
DIGITAL SECTIONS AND DIGITAL LINE SYSTEM	G.900–G.999
QUALITY OF SERVICE AND PERFORMANCE	G.1000–G.1999
TRANSMISSION MEDIA CHARACTERISTICS	G.6000–G.6999
DIGITAL TERMINAL EQUIPMENTS	G.7000–G.7999
DIGITAL NETWORKS	G.8000–G.8999

*For further details, please refer to the list of ITU-T Recommendations.*

# ITU-T Recommendation G.113

## Transmission impairments due to speech processing

### Appendix I

#### Provisional planning values for the equipment impairment factor *I<sub>e</sub>* and packet-loss robustness factor *B<sub>pl</sub>*

#### Source

Appendix I to ITU-T Recommendation G.113 was prepared by ITU-T Study Group 12 (2001-2004) and approved under the WTSA Resolution 1 procedure on 31 May 2002.

## FOREWORD

The International Telecommunication Union (ITU) is the United Nations specialized agency in the field of telecommunications. The ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) is a permanent organ of ITU. ITU-T is responsible for studying technical, operating and tariff questions and issuing Recommendations on them with a view to standardizing telecommunications on a worldwide basis.

The World Telecommunication Standardization Assembly (WTSA), which meets every four years, establishes the topics for study by the ITU-T study groups which, in turn, produce Recommendations on these topics.

The approval of ITU-T Recommendations is covered by the procedure laid down in WTSA Resolution 1.

In some areas of information technology which fall within ITU-T's purview, the necessary standards are prepared on a collaborative basis with ISO and IEC.

## NOTE

In this Recommendation, the expression "Administration" is used for conciseness to indicate both a telecommunication administration and a recognized operating agency.

## INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

ITU draws attention to the possibility that the practice or implementation of this Recommendation may involve the use of a claimed Intellectual Property Right. ITU takes no position concerning the evidence, validity or applicability of claimed Intellectual Property Rights, whether asserted by ITU members or others outside of the Recommendation development process.

As of the date of approval of this Recommendation, ITU had not received notice of intellectual property, protected by patents, which may be required to implement this Recommendation. However, implementors are cautioned that this may not represent the latest information and are therefore strongly urged to consult the TSB patent database.

© ITU 2002

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, by any means whatsoever, without the prior written permission of ITU.

# ITU-T Recommendation G.113

## Transmission impairments due to speech processing

### Appendix I

#### Provisional planning values for the equipment impairment factor $I_e$ and packet-loss robustness factor $B_{pl}$

This appendix provides up-to-date information on available values of the Equipment Impairment Factor,  $I_e$  and Packet-loss Robustness Factor,  $B_{pl}$  for codecs or codec families. It is intended to be updated regularly.

Table I.1 provides provisional planning values for the equipment impairment factor  $I_e$ . These  $I_e$  values refer to non-error conditions without propagation errors, frame-erasures or packet loss. Subsequent tables deal with error and various loss conditions.

**Table I.1/G.113 – Provisional planning values for the equipment impairment factor  $I_e$**

Codec type	Reference	Operating rate kbit/s	$I_e$ value
PCM (see Note)	G.711	64	0
ADPCM	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	Japanese PDC	6.7	24
RPE-LTP	GSM 06.10, Full-rate	13	20
VSELP	GSM 06.20, Half-rate	5.6	23
ACELP	GSM 06.60, Enhanced Full Rate	12.2	5
ACELP	G.723.1	5.3	19
MP-MLQ	G.723.1	6.3	15

NOTE – For every PCM process the number of Quantization Distortion Units, qdu (which should be determined according Table 1) needs to be considered as a separate input parameter to the E-Model.

Table I.2 provides provisional planning values for the equipment impairment factor  $I_e$  under propagation error conditions for GSM codecs.

**Table I.2/G.113 – Provisional planning values for the equipment impairment factor  $I_e$  under propagation error conditions, GSM codecs**

Codec type	Error pattern	$I_e$ Range
GSM-HR	EP1	25...32
	EP2	31...42
GSM-FR	EP1	32...39
	EP2	40...45
GSM-EFR	EP1	15...22
	EP2	26...35
NOTE 1 – The range given results from the difficulties in deriving exact impairment factor values for these conditions.		
NOTE 2 – EP1 is equivalent to 10 dB C/I, EP2 is equivalent to 7 dB C/I. C/I is the carrier-to-interference ratio.		

Table I.3 provides provisional planning values for the equipment impairment factor  $I_e$  and for Packet-loss Robustness Factor  $B_{pl}$  as specified in 3.5/G.107.

**Table I.3/G.113 – Provisional planning values for the equipment impairment factor  $I_e$  and for packet-loss robustness factor  $B_{pl}$**

Codec	Packet size	PLC type	$I_e$	$B_{pl}$
G.723.1+VAD	30 ms	Native	15	16.1
G.729A+VAD	20 ms (2 frames)	Native	11	19.0
GSM-EFR	20 ms (?)	Native (?)	5	10.0
G.711	10 ms	None	0	4.3
G.711	10 ms	App. I/G.711	0	25.1

The method to take account of packet loss is derived from conditions with random packet loss. This is the case where the probability of loss of a packet is independent of the probability of loss of any other packet. In systems with a jitter buffer (such as most VoIP applications), the applicable packet loss is measured at the output of the jitter buffer. Users should be aware that:

- the assumption of packet loss independence is unsatisfactory for many real networks, for example VoIP and mobile networks;
- jitter buffer implementations vary considerably, both between manufacturers and even between software revisions for a given device;
- proprietary codec implementations may have different robustness to packet loss from the values tabulated in ITU-T Rec. G.113.

However, the subjective impairment due to burst packet loss can be captured using an equivalent random packet loss (equivalent with respect to the impairment). The burst loss can provisionally be modelled with the Formula 29/G.107 for random packet loss (currently under study in SG 12). For this purpose, the so-called Burst ratio  $BurstR$  has been defined, which partly captures the "burstiness" of a specific loss distribution.

$$BurstR = \frac{\text{Average length of observed bursts in an arrival sequence}}{\text{Average length of bursts expected for the network under "random" loss}}$$

when packet loss is random  $BurstR = 1$  and

when packet loss is bursty  $BurstR > 1$ .

Table I.4 provides provisional planning values for codecs under bursty packet loss conditions and where loss ratios are low, i.e. for Ppl  $\leq$  2% with the random packet loss model as specified in ITU-T Rec. G.107.

**Table I.4/G.113 – Provisional planning values for codecs under burst packet loss (to be applied for Ppl  $\leq$  2% with the random packet loss model, cf. Rec. G.107)**

Codec	Packet size	PLC type	<i>BurstR</i>	<i>Ie</i>	<i>Bpl</i>
G.729A	20 ms	Native	4	11*	19
G.729E	20 ms	Native	4	4	8.1
G.711	20 ms	Repeat 1/Silence	4	0	4.8
* Iepl fit from G.729A + VAD					

It has to be noted that the above *Ie* and *Bpl* values have been derived for a very specific sample of burst packet loss, and may not reflect the impairment due to burst packet loss in general.

Table I.5 provides examples for bursty packet loss conditions where all packets are lost in one burst.

**Table I.5/G.113 – Examples for burst packet loss (all packets lost in one burst)**

Codec	n(lost packets)	Packet size	PLC type	<i>Bpl</i>	<i>BurstR</i>	<i>Ie,eff</i>
G.729A	2	20 ms	Native	0.5	1.99	13
G.729A	6	20 ms	Native	1.5	5.91	15
G.729E	6	20 ms	Native	1.5	5.91	9
G.729E	8	20 ms	Native	2	7.84	11
G.711	6	20 ms	Repeat 1/Silence	1.5	5.91	7
G.711	8	20 ms	Repeat 1/Silence	2	7.84	10



Table I.6 provides additional descriptive information on various low bit-rate codecs.

**Table I.6/G.113 – Brief description of the low bit-rate codecs**

<b>IS-54</b>	First generation digital TDMA cellular system in North America utilizing Vector Sum Excited Linear Prediction ( <b>VSELP</b> ) coding at a net bit rate of 7.95 kbit/s (plus 5.05 kbit/s FEC).
<b>IS-96a</b>	First generation digital CDMA cellular system in North America utilizing Qualcomm Code-Excited Linear Prediction ( <b>QCELP</b> ) coding at a variable net bit rate of 8, 4, and 2 kbit/s.
<b>IS-127</b>	Second generation digital CDMA cellular system in North America utilizing Residual Code-Excited Linear Prediction ( <b>RCELP</b> ) coding at a variable net bit rate of 8, 4, and 2 kbit/s.
<b>IS-641</b>	Second generation digital TDMA cellular system in North America utilizing Algebraic Code-Excited Linear Prediction ( <b>ACELP</b> ) coding at a net bit rate of 7.4 kbit/s (plus 5.6 kbit/s FEC).
<b>GSM-FR</b>	First generation digital European Global System for Mobile communications ( <b>GSM</b> ) cellular system utilizing Regular Pulse Excitation Long Term Prediction ( <b>RPE-LTP</b> ) coding at a net bit rate of 13 kbit/s (plus 9.8 kbit/s FEC). Defined in ETSI GSM 06.10.
<b>GSM-HR</b>	Half-rate version of the voice codec for the GSM system utilizing Vector Sum Excited Linear Prediction ( <b>VSELP</b> ) coding at a net bit rate of 5.6 kbit/s. Defined in ETSI GSM.06.20.
<b>GSM-EFR</b>	Second generation speech codec of the digital European Global System for Mobile communications (GSM) cellular system utilizing Algebraic Code-Excited Linear Prediction ( <b>ACELP</b> ) coding at a net bit rate of 12.2 kbit/s (plus 10.6 kbit/s FEC). Defined in ETSI GSM 06.60.
<b>PDC</b>	First generation digital Japanese Personal Digital Communication (PDC) system utilizing a Japanese version of Vector Sum Excited Linear Prediction ( <b>JVSELP</b> ) coding at a net bit rate of 6.7 kbit/s (plus 4.5 kbit/s FEC).
<b>G.723.1</b>	ITU-T Recommendation for speech coding in PSTN videophones utilizing Algebraic Code-Excited Linear Prediction ( <b>ACELP</b> ) coding at 5.3 kbit/s and Multipulse Maximum Likelihood Quantization ( <b>MP-MLQ</b> ) at 6.3 kbit/s.
<b>G.726</b>	ITU-T Recommendation for speech coding at 40, 32, 24, and 16 kbit/s utilizing Adaptive Differential Pulse Code Modulation ( <b>ADPCM</b> ).
<b>G.728</b>	ITU-T Recommendation for speech coding at 16 kbit/s utilizing Low-Delay Code-Excited Linear Prediction Coding ( <b>LD-CELP</b> ). This algorithm also has 12.8 and 9.6 kbit/s bit-rate extensions.
<b>G.729</b>	ITU-T Recommendation for speech coding at 8 kbit/s utilizing Conjugate Structure Algebraic Code-Excited Linear Prediction Coding ( <b>CS-ACELP</b> ).



## SERIES OF ITU-T RECOMMENDATIONS

Series A	Organization of the work of ITU-T
Series B	Means of expression: definitions, symbols, classification
Series C	General telecommunication statistics
Series D	General tariff principles
Series E	Overall network operation, telephone service, service operation and human factors
Series F	Non-telephone telecommunication services
<b>Series G</b>	<b>Transmission systems and media, digital systems and networks</b>
Series H	Audiovisual and multimedia systems
Series I	Integrated services digital network
Series J	Cable networks and transmission of television, sound programme and other multimedia signals
Series K	Protection against interference
Series L	Construction, installation and protection of cables and other elements of outside plant
Series M	TMN and network maintenance: international transmission systems, telephone circuits, telegraphy, facsimile and leased circuits
Series N	Maintenance: international sound programme and television transmission circuits
Series O	Specifications of measuring equipment
Series P	Telephone transmission quality, telephone installations, local line networks
Series Q	Switching and signalling
Series R	Telegraph transmission
Series S	Telegraph services terminal equipment
Series T	Terminals for telematic services
Series U	Telegraph switching
Series V	Data communication over the telephone network
Series X	Data networks and open system communications
Series Y	Global information infrastructure and Internet protocol aspects
Series Z	Languages and general software aspects for telecommunication systems



# Tiger Network Manual de instalación

## Versión 1.0

**Índice**

1 Objetivos.....	3
2 Requerimientos mínimos.....	3
2.1 Hardware.....	3
2.2 Software.....	3
3 Licencia de instalación.....	3
4 Descripción del usuario.....	3
5 Instalación.....	4
6 Desinstalación.....	7



## **1 Objetivo**

Este documento tiene como objetivo detallar la secuencia de pasos a seguir para instalar satisfactoriamente el software supervisor del tráfico de voz de una red de Telefonía IP denominado Tiger Network.

## **2 Requerimientos mínimos**

### **2.1 Hardware**

- Procesador de 1.8 GHz
- Memoria RAM de 128 MB
- Dos tarjetas de red y conexión entre la computadora de supervisión y la red de Telefonía IP si se desea utilizar el software completo.
- Una tarjeta de red si sólo se desea utilizar el monitor de paquetes (sniffer) incluido en el software.

### **2.2 Software**

- Sistema operativo Windows, Linux, Solaris o BSD.
- Java Runtime Environment (JRE) 1.5

## **3 Licencia de instalación**

Este software no requiere licencia ya que aún no estará disponible para su venta. La instalación de Tiger Network se hará por medio del programa de instalación proporcionado en el CD, el cual ha sido probado en los sistemas operativos Windows, Linux, Solaris y BSD. Si se realiza la instalación de una forma diferente a la sugerida el correcto funcionamiento del programa no está asegurado.

## **4 Descripción del usuario**

Los usuarios están familiarizados directamente con el uso de una computadora y de una aplicación sobre ella. Los usuarios de este software son los encargados de supervisar el nivel de calidad de la red de Telefonía IP de su institución, por lo cual están familiarizados con los parámetros de calidad de dicha tecnología.

## 5 Instalación

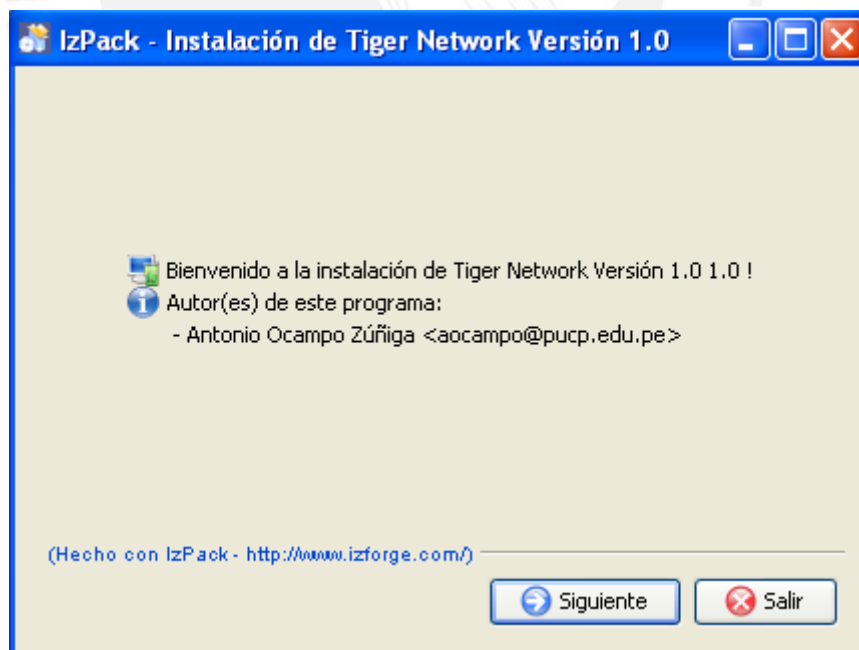
En el CD proporcionado encontrará un directorio llamado “Tiger Network” que contiene el archivo “generar.bat”, el cual genera el archivo ejecutable de instalación “Tiger Network.jar”. Este paso intermedio es necesario debido a que debe producirse el instalador de acuerdo a la plataforma de cómputo y sistema operativo en el que se esté ejecutando la aplicación.

Al ejecutar “Tiger Network.jar” se empieza la instalación mostrando la siguiente ventana para el elegir el idioma deseado.



**Figura 1: Elección del lenguaje de instalación**

Al hacer click en el botón “OK” aparecerá la ventana mostrada a continuación con los datos del software y de su autor.



**Figura 2: Elección del lenguaje de instalación**

Seguidamente se muestra una ventana con una breve descripción de Tiger Network.

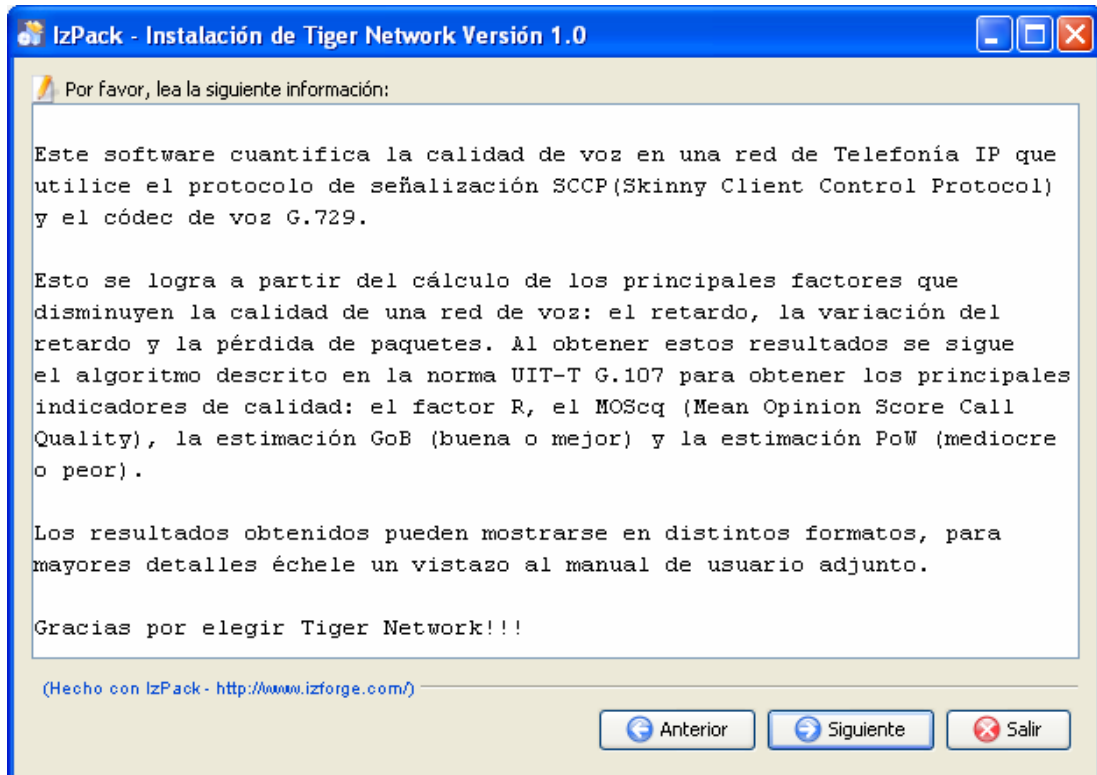


Figura 3: Descripción de Tiger Network

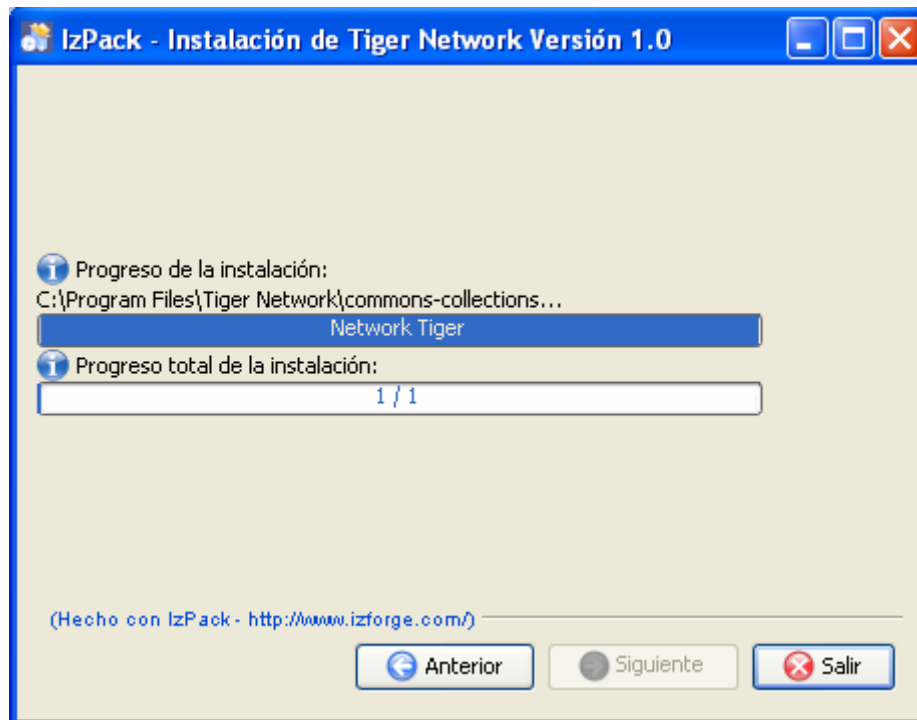
A continuación se debe escoger el directorio donde se instalará Tiger Network.



Figura 4: Elección del directorio de instalación

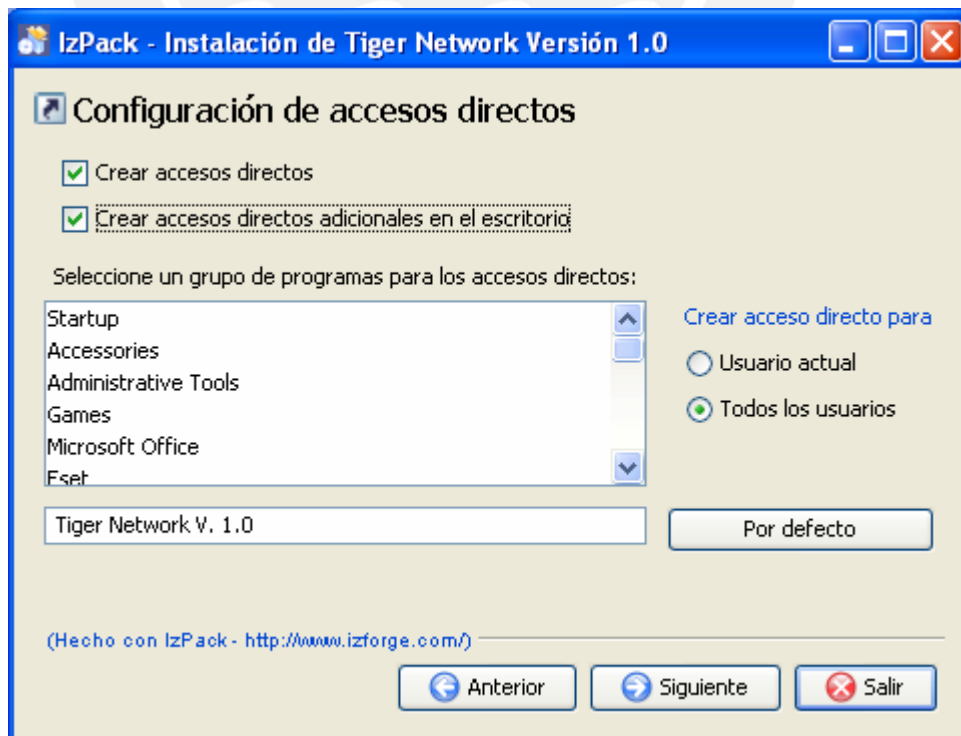


Luego se muestran los archivos que se instalarán, así como el espacio disponible para el almacenamiento. Posteriormente se apreciará la evolución de la instalación.



**Figura 5: Evolución de la instalación**

El siguiente paso es escoger las opciones relacionadas a la generación de un acceso directo en el escritorio y otro en la barra de programas.



**Figura 6: Configuración de accesos directos**

Finalmente una ventana indica que la instalación de Tiger Network ha concluido satisfactoriamente.

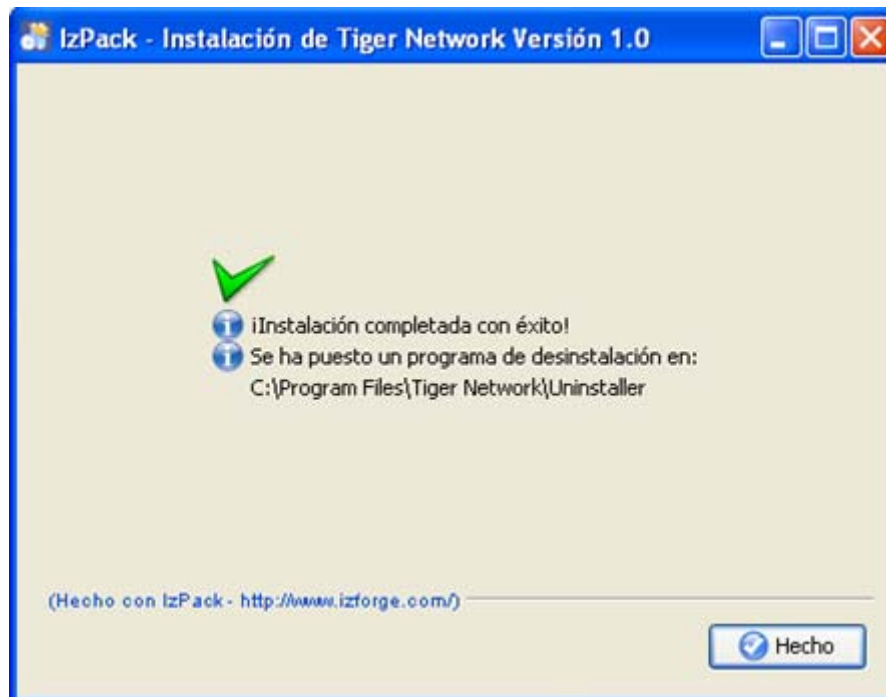


Figura 7: Fin del proceso de instalación

## 6 Desinstalación

Si desea desinstalar Tiger Network diríjase al acceso creado en la barra de programas y elija la opción “Desinstalar Tiger Network”. Al hacerlo se mostrará la siguiente ventana:

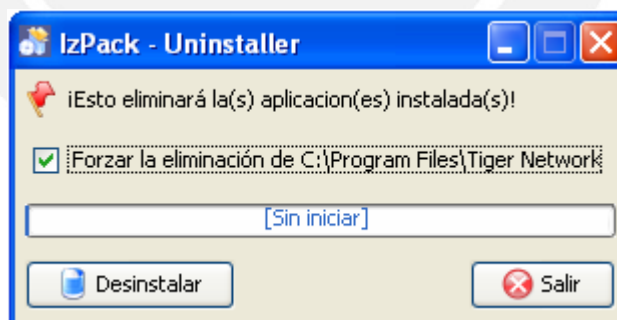
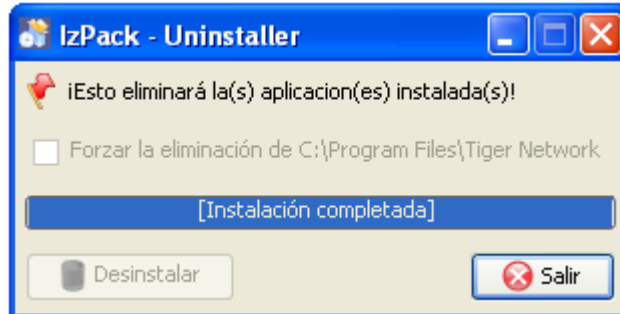
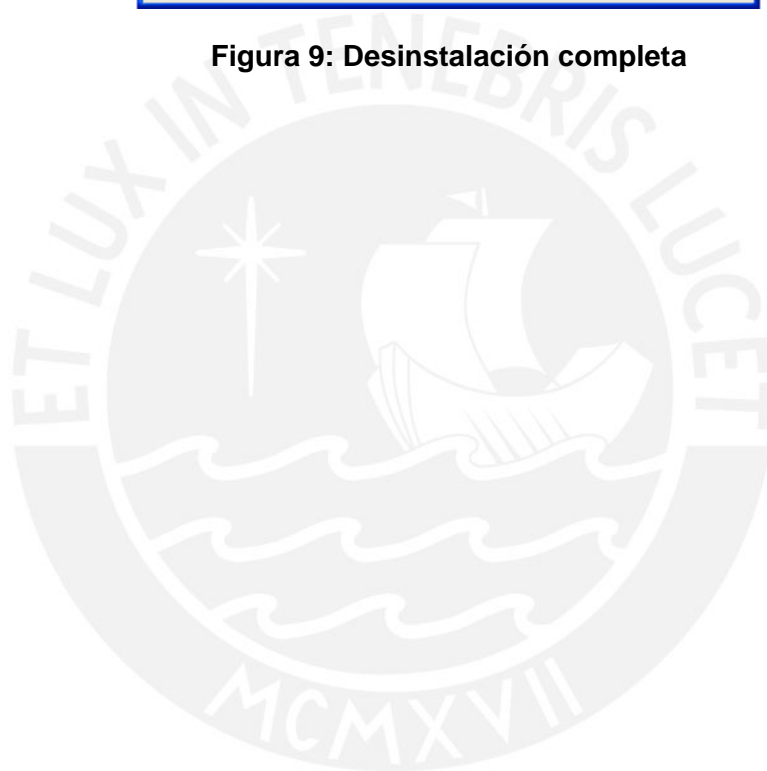


Figura 8: Opciones de desinstalación de Tiger Network

En caso de que también se quiera eliminar la carpeta donde se instaló el software se debe escoger la opción “forzar la eliminación de...”. Al escoger la opción “Desinstalar” se procederá a desinstalar “Tiger Network” y a eliminar sus accesos directos. Luego de terminado el proceso aparecerá la siguiente ventana:



**Figura 9: Desinstalación completa**





# Tiger Network

## Manual de usuario

### Versión 1.0

## Índice

1. Objetivos.....	3
2. Alcance.....	3
3. Requerimientos.....	3
3.1 Hardware.....	3
3.2 Software.....	3
4. Licencia de instalación.....	3
5. Descripción del usuario.....	4
6. Posicionamiento.....	4
6.1 El problema.....	4
6.2 El producto.....	4
7. Visión general.....	4
7.1 Perspectiva.....	5
7.2 Funciones.....	5
8. Diagrama de flujo principal.....	6
9. Interfaz de usuario.....	7
9.1 Bienvenida.....	7
9.2 Menú archivo.....	9
9.2.1 Nueva captura.....	9
9.2.2 Salir del programa.....	9
9.3 Menú captura.....	10
9.4 Menú reporte.....	17
9.4.1 Retardo por paquete.....	17
9.4.2 Datos de los paquetes.....	19
9.5 Menú ayuda.....	20
9.5.1 Acerca de.....	20
9.5.2 Manual de usuario.....	20
10 Rangos de calidad.....	20
10.1 Disponibilidad.....	20
10.2 Uso.....	21
11 Mantenimiento.....	21
12 Requerimientos de documentación.....	21
12.1 Guía de usuario.....	21
12.2 Manual de instalación.....	21
13 Referencias.....	21

## **1. Objetivos**

Este documento tiene como objetivo primordial documentar el software supervisor del tráfico de voz de una red de Telefonía IP denominado Tiger Network.

## **2. Alcance**

Se presenta el software Tiger Network que permite conocer los indicadores de calidad de voz en una red de Telefonía IP que utilice el protocolo de señalización SCCP (Skinny Client Control Protocol) y el códec de voz G.729 especificados en el capítulo 1 de este documento.

Esto se logra gracias al cálculo de los principales factores que disminuyen la calidad: el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes. Es a partir del cálculo de dichos factores que se sigue el algoritmo descrito en la norma UIT-T G.107 para obtener los indicadores de calidad de la red: el factor R, el  $MOS_{CO}$  (Mean Opinion Score Call Quality), la estimación GoB (buena o mejor) y la estimación PoW (mediocre o peor).

El software implementado tiene las ventajas de ser portable (compatible con varias arquitecturas de cómputo y sistemas operativos), extensible (es posible incorporar nuevos parámetros de medición) y de fácil uso debido a su cómoda interfaz gráfica que permite escoger diversas formas de presentación de los resultados obtenidos, de acuerdo a la necesidad del usuario.

## **3. Requerimientos**

### **3.1 Hardware**

- Procesador de 1.8 GHz
- Memoria RAM de 128 MB
- Dos tarjetas de red y conexión entre la computadora de supervisión y la red de Telefonía IP si se desea utilizar el software completo.
- Una tarjeta de red si sólo se desea utilizar el monitor de paquetes (sniffer) incluido en el software.

### **3.2 Software**

- Sistema operativo Windows, Linux, Solaris o BSD.
- Java Runtime Environment (JRE) 1.5.

## **4. Licencia de instalación**

Este software no requiere licencia ya que aún no estará disponible para su venta. La instalación de Tiger Network se hará por medio del programa de instalación

proporcionado en el CD, el cual ha sido probado en los sistemas operativos Windows, Linux, Solaris y BSD. Si se realiza la instalación de una forma diferente a la sugerida el correcto funcionamiento del programa no está asegurado.

## 5. Descripción del usuario

Los usuarios están familiarizados directamente con el uso de una computadora y de una aplicación sobre ella. Los usuarios de este software son los encargados de supervisar el nivel de calidad de la red de Telefonía IP de su institución, por lo cual están familiarizados con los parámetros de calidad de dicha tecnología.

## 6. Posicionamiento

### 6.1 El problema

El problema	Desconocimiento del nivel de calidad de la red de Telefonía IP.
Afecta a	Los usuarios del servicio de Telefonía IP.
El impacto	Los clientes pueden desanimarse de usar esta nueva tecnología y continuar utilizando la telefonía tradicional.
Solución exitosa	Desarrollar un software para calcular el nivel de calidad de la red de Telefonía IP.

### 6.2 El producto

Para	las instituciones que utilizan Telefonía IP.
Quienes	están permanentemente preocupadas de la eficiencia de su red.
El sistema	es una herramienta software permite calcular los principales indicadores de calidad de una red de Telefonía IP.
A diferencia de	los software comerciales ya existentes, es más preciso por su carácter específico y puede ser ejecutado en múltiples plataformas de cómputo y sistemas operativos. Además posee una interfaz gráfica de fácil uso.

## 7. Visión general

El software obtiene el retardo, la variación del retardo (jitter) y la pérdida de paquetes. A partir de estos tres parámetros calcula el factor R, el  $MOS_{CQ}$ , la estimación GoB (buena o mejor) y la estimación PoW (mediocre o peor).



### 7.1 Perspectiva

El desarrollo del sistema Tiger Network está enfocado en la necesidad de los administradores de la Telefonía IP de conocer en qué medida están satisfaciendo al usuario de esta tecnología.

El sistema permitirá al usuario la captura de paquetes IP (snifteo) y conocer el nivel de calidad de la red, para posteriormente tener la posibilidad de visualizar, almacenar o imprimir los resultados obtenidos.

Como ventaja importante con respecto a los software ya existentes, Tiger Network puede ser ejecutado en múltiples sistemas operativos (Windows, Linux, Solaris, BSD, entre otros) y diversas plataformas de cómputo.

### 7.2 Funciones

La siguiente tabla identifica las funciones principales de Tiger Network.

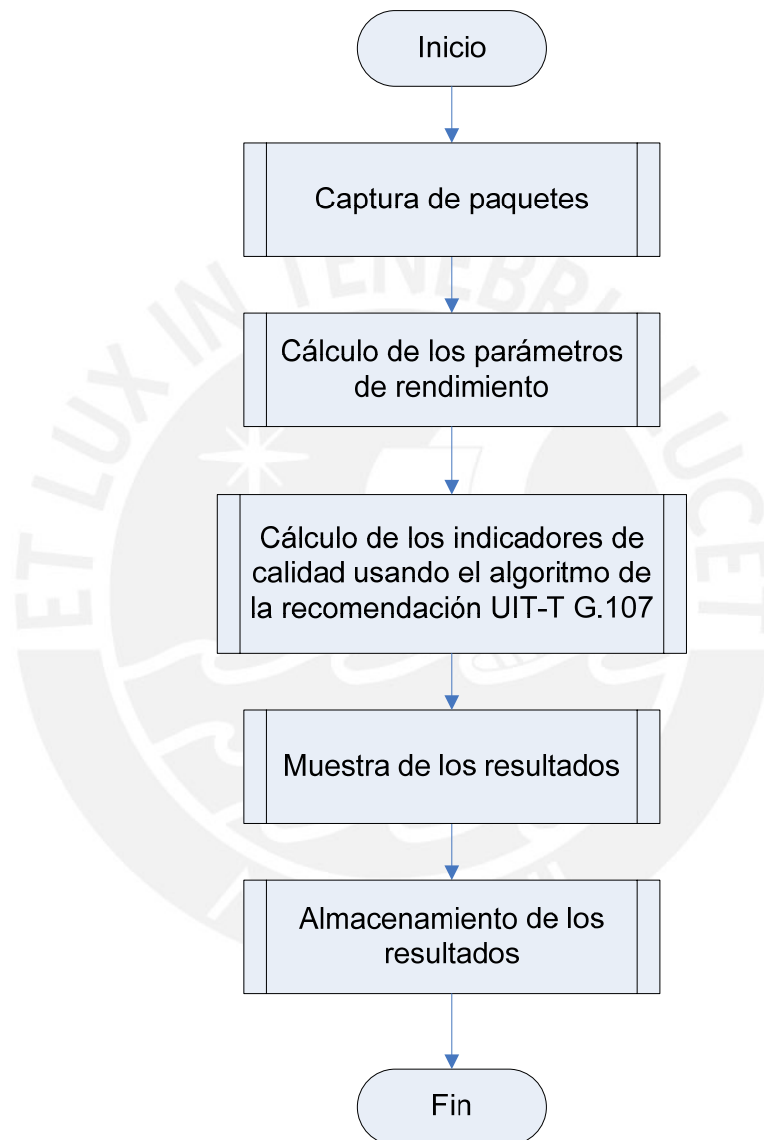
**Tabla 1: Funciones principales de Tiger Network**

Función	Descripción
Captura de paquetes	Captura y muestra los datos de los paquetes que llegan a la tarjeta de red de la computadora.
Cálculo de los parámetros de rendimiento	Halla el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes.
Cálculo de los indicadores cuantitativos de calidad	A partir de los parámetros hallados se calcula el factor R, el $MOS_{CO}$ , el GoB y el PoW siguiendo el algoritmo descrito en la norma UIT-T G.107.
Muestra de los resultados	Se presentan los resultados rotulados en una ventana y el retardo por paquete en un gráfico de barras.
Almacenamiento de los resultados	Se puede almacenar los datos de los paquetes en una hoja de cálculo y los resultados del rendimiento de la red en forma gráfica en diversos formatos: PDF, RTF, HTML, XML, XLS y CSV.



## 8 Diagrama de flujo principal

El diagrama de flujo presentado a continuación muestra el conjunto de procesos realizados por el software para mostrarle al usuario el nivel de calidad de la red de Telefonía IP.



**Figura 1: Diagrama de flujo principal**

En el CD que contiene a Tiger Network se encuentra la recomendación UIT-T G.107 que describe minuciosamente el algoritmo para calcular los indicadores de calidad. Los demás procesos que constituyen el software son detallados en los puntos 9.3 y 9.4.

## 9 Interfaz de usuario

La siguiente figura muestra la organización de la interfaz que se muestra en la pantalla del usuario:

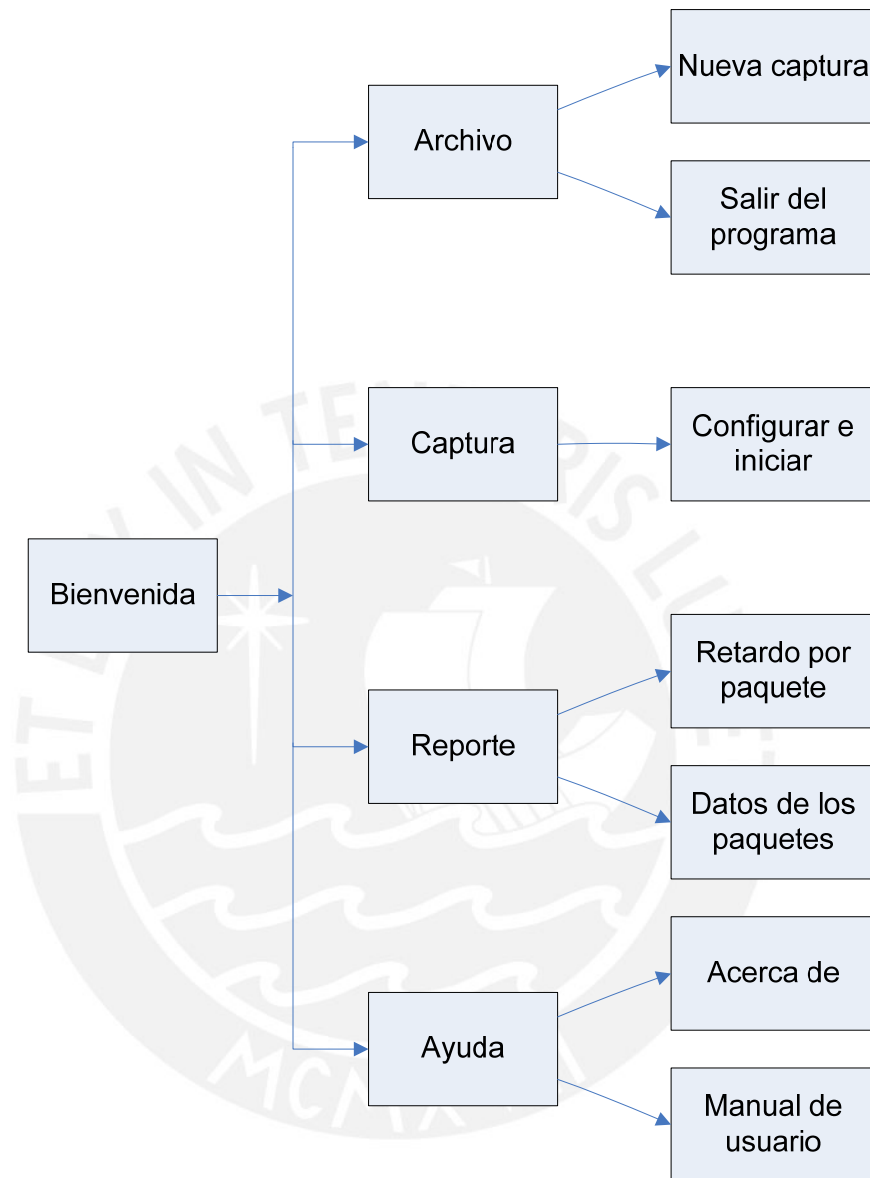


Figura 2: Organización de la interfaz de usuario del software

### 9.1 Bienvenida

Al iniciar Tiger Network se despliega una pequeña ventana con una barra que muestra el progreso de los procesos iniciales que se están ejecutando tal como se aprecia en la figura 3, mientras tanto los demás menús están inactivos. Luego de concluidos los procesos iniciales de acondicionamiento del sistema se muestra la ventana principal que se aprecia en la figura 4.

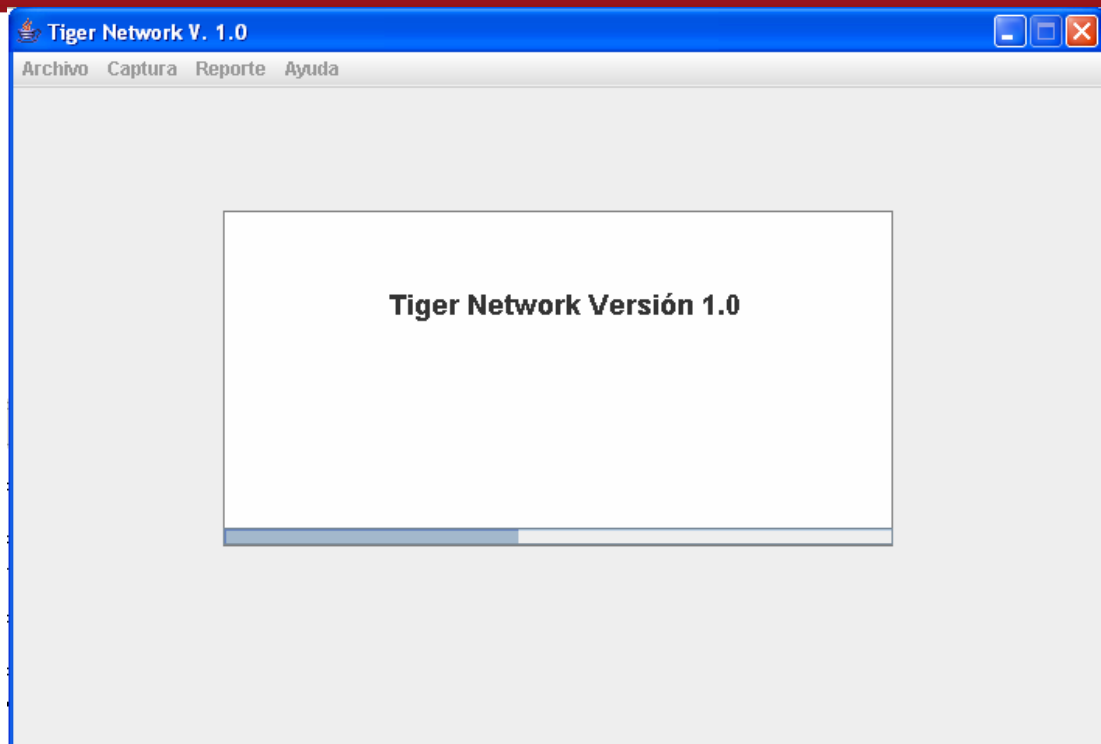


Figura 3: Bienvenida al usuario

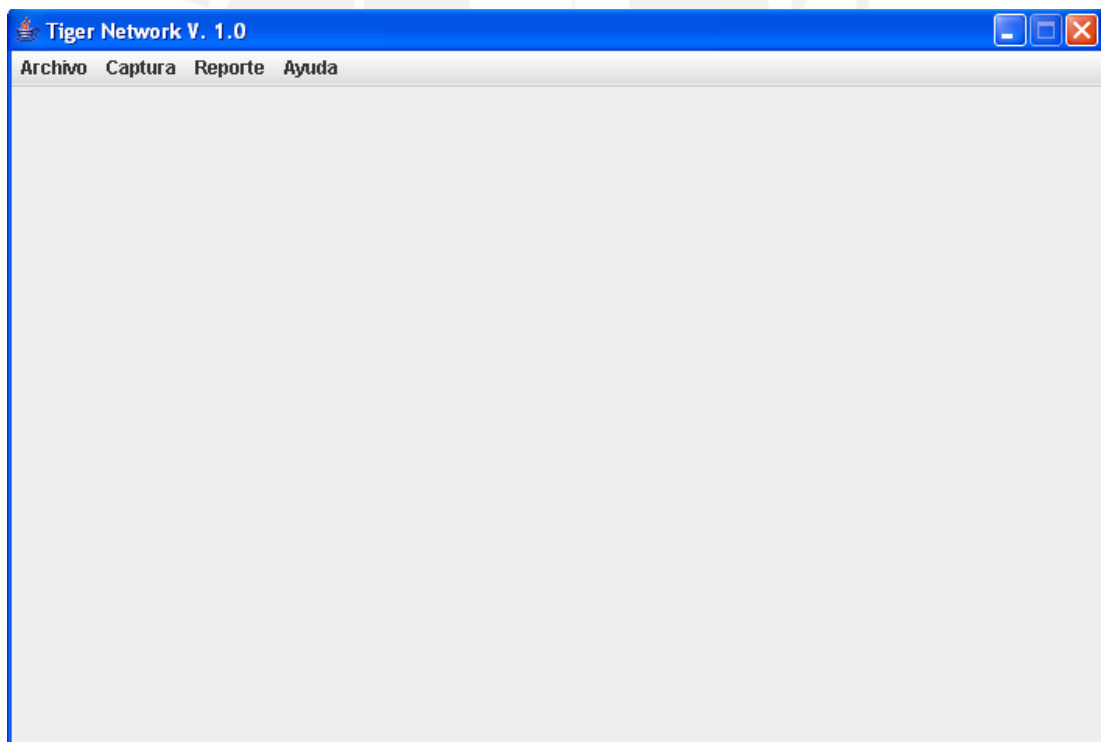


Figura 4: Ventana principal de Tiger Network

## 9.2 Menú Archivo

La siguiente figura muestra el menú archivo y sus dos opciones:

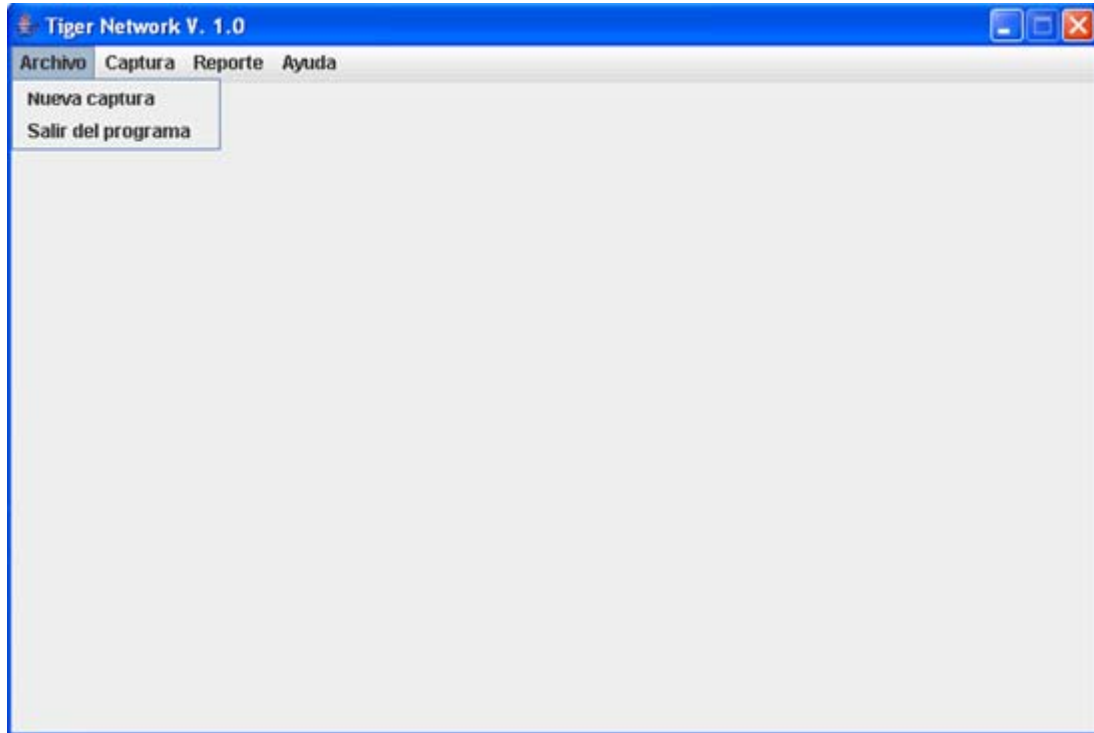


Figura 5: Menú Archivo

### 9.2.1 Nueva captura

Limpia la pantalla si se están mostrando los resultados de una ejecución anterior del programa. En caso de no haberse salvado los resultados se muestra el mensaje de advertencia de la figura 6.

### 9.2.2 Salir del programa

Cierra la ventana principal de Tiger Network y termina su ejecución. De igual manera que la opción anterior, muestra el mensaje de advertencia que se muestra en la figura 6.

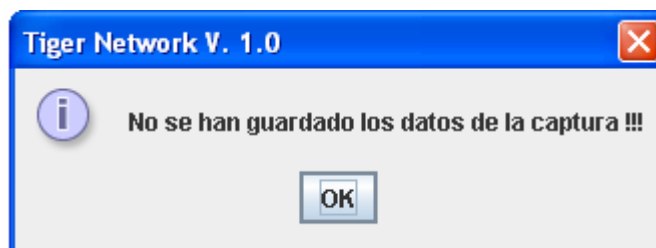


Figura 6: Mensaje de advertencia

### 9.3 Menú captura

Al hacer click sobre la opción “configurar e iniciar” aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 7. En él se debe escoger la tarjeta de red de la cual se supervisará el tráfico IP.

También existe un cuadro de texto en el que se debe ingresar el número de paquetes que se desea capturar. Una vez llenado este cuadro y si se desea iniciar la captura de los paquetes se debe hacer click en “Capturar”, en caso contrario se debe hacer click en “Cancelar” para deshacer las acciones realizadas en el cuadro de diálogo. En este último caso aparecerá el mensaje de advertencia de la figura 8.

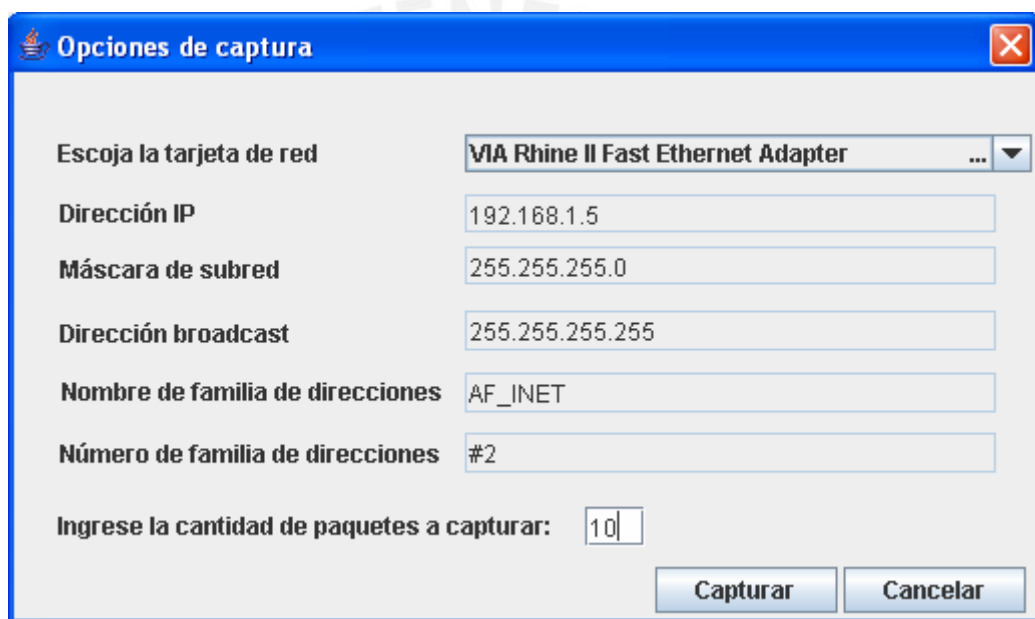


Figura 7: Opciones de captura

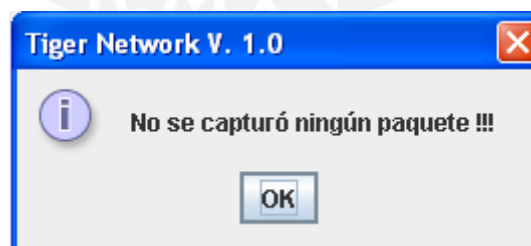


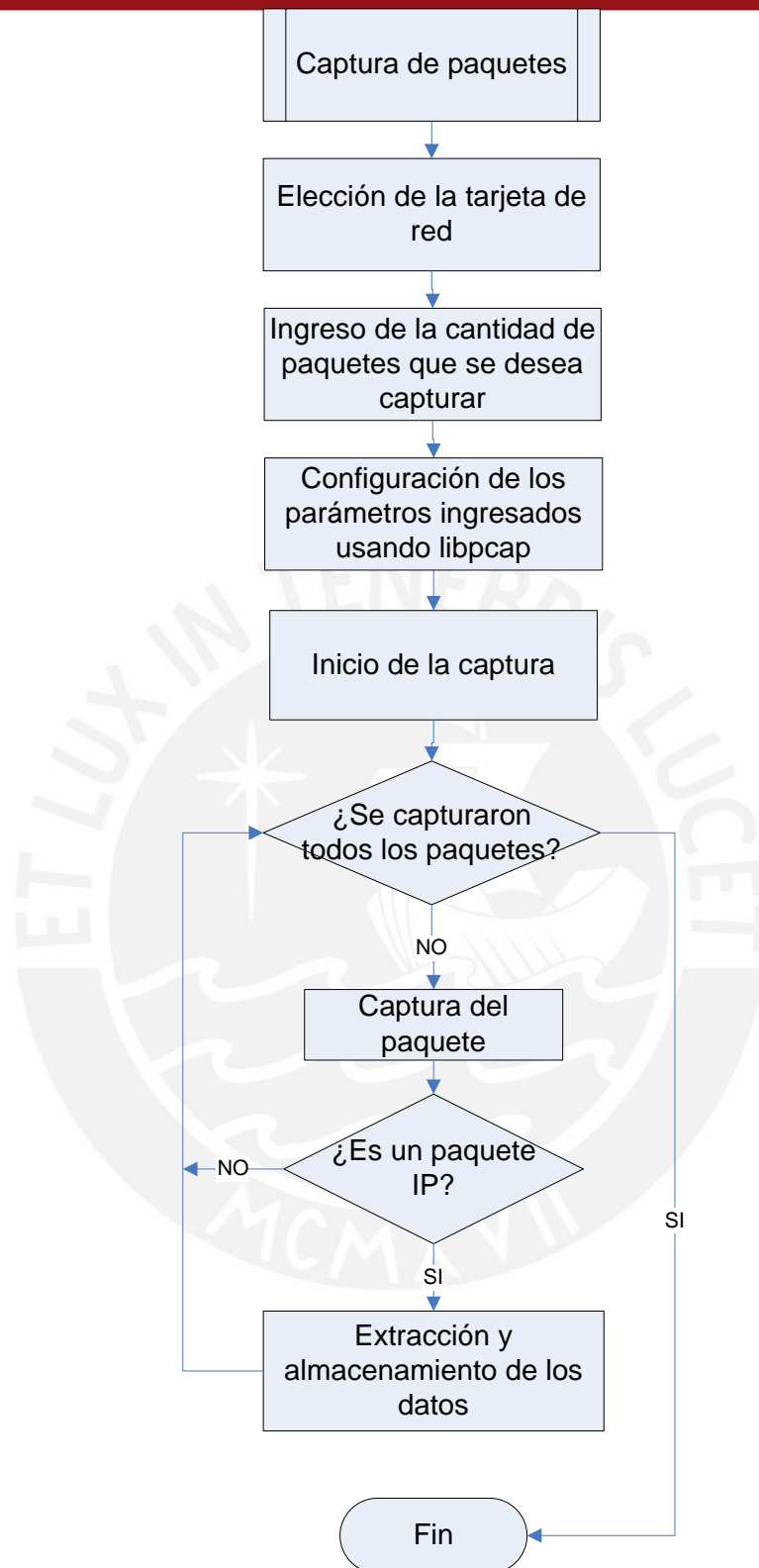
Figura 8: Mensaje de advertencia del menú captura

Al empezar la captura se realizan los siguientes procesos:

- Elección de la tarjeta de red: Se detectan todas las tarjetas de red conectadas a la computadora y se le muestra al usuario un menú desplegable con la descripción de dichas tarjetas, de tal manera que pueda escoger la tarjeta de la cual desea capturar los paquetes. Al escoger la tarjeta deseada se muestran

sus principales datos: dirección IP, máscara de subred, dirección broadcast, nombre y número de familia de direcciones.

- Ingreso de la cantidad de paquetes que se desea capturar: Se debe ingresar este número en el cuadro de texto, el cual debe estar en el rango de 1 a 2147483647 ( $2^{31} - 1$ ) inclusive, esta última cota es debida a la representación de los números en formato binario con signo de 32 bits.
- Configuración de los parámetros ingresados usando libpcap: Además del número de paquetes a capturar, se configura en modo promiscuo la tarjeta de red elegida por el usuario (captura de todos los paquetes que llegan así no estén dirigidos hacia ella), el tamaño máximo del paquete a capturar y el timeout (intervalo de tiempo para trasladar los paquetes capturados de la zona de kernel a la de usuario). Adicionalmente se crea un buffer para almacenar los posibles errores producidos durante la ejecución del programa.
- Inicio de la captura: Una vez configurada la tarjeta de red se empieza a capturar el número de paquetes indicado por el usuario.
- Filtrado de los paquetes IP: Luego de capturar el paquete se analiza si se trata de un paquete IP, si no lo es se descarta. Este proceso es de vital importancia para disminuir la cantidad de memoria utilizada y el tiempo de procesamiento debido a que el costo computacional para pasar desde la zona de kernel a la de usuario es muy alto.
- Extracción y almacenamiento de los datos: Una vez filtrados los paquetes se extraen sus datos más importantes: identificador, dirección MAC de origen, dirección MAC de destino, versión del protocolo IP, protocolo encapsulado en el paquete, dirección IP de origen, dirección IP de destino, puerto de origen, puerto de destino, marca de tiempo y tiempo actual del procesador. Todos estos datos se almacenan en un archivo de texto para su posterior procesamiento.



**Figura 9: Diagrama de flujo de la captura de paquetes**

El retardo total está dado por la media de los retardos de cada paquete y la variación del retardo por la desviación estándar muestral de los mismos. Para calcularlos se almacenan dos acumuladores: uno de la suma y otro de la suma de los cuadrados de los retardos de cada paquete. Se almacena este último ya que así

no será necesario guardar en memoria todos los retardos individuales para el cálculo de la desviación estándar, con lo que se ahorra tiempo de cómputo y memoria. Considerando lo anteriormente descrito, estos parámetros se obtienen a partir de las siguientes expresiones:

$$\text{retardo} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \text{variación del retardo} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n * \text{retardo}^2}{n-1}}$$

Donde: n = número de paquetes que el usuario desea procesar

$X_i$  = retardo de cada paquete = tiempo actual - marca de tiempo.

Por otro lado, se debe considerar que el adaptador de la tarjeta de red realiza una petición de servicio de interrupción cada vez que un paquete se pierde. Es por ello que el porcentaje de pérdida de paquetes se obtiene dividiendo la cantidad de peticiones realizadas entre el número de paquetes totales y multiplicando este resultado por 100%.

Luego del cálculo de estos 3 parámetros se sigue el algoritmo descrito en la recomendación UIT-T G.107, que figura en el CD adjunto a este documento, para el cálculo del factor R, el  $MOS_{CQ}$ , la estimación GoB y la estimación PoW. Terminado el proceso de captura se muestra una ventana similar a la de la figura 11 con los datos de los paquetes capturados, de tal manera que al hacer click en los datos de algún paquete se muestra el contenido del mismo. En la esquina superior derecha de los datos hay un botón que al ser presionado muestra el menú desplegable de la figura 12, el cual permite ocultar o mostrar alguna de las columnas de los datos, así como ajustar el ancho de una o más de estas columnas de acuerdo a su contenido. Además se puede ordenar los datos de forma ascendente o descendente de acuerdo al contenido de alguna de las columnas, para esto sólo es necesario hacer click sobre el título de la columna respectiva.



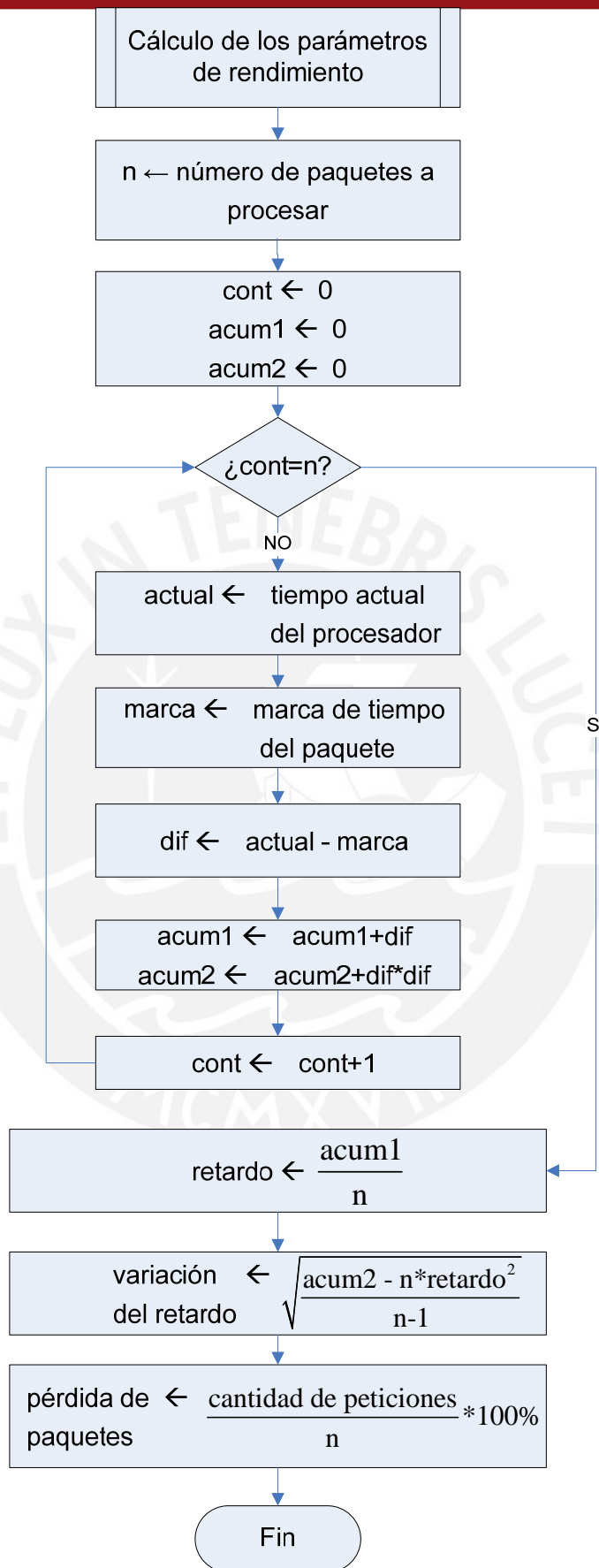


Figura 10: Diagrama de flujo del cálculo de los parámetros de rendimiento

**Tiger Network V. 1.0**  
Archivo Captura Reporte Ayuda

Resultados de la captura: Ver Resultados

Nº	MAC. Origen	MAC. Desti...	Ver. IP	Protocolo	IP. Origen	IP. Destino	Puerto Orig...	Puerto Des...
1	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	UDP	192.168.1.5	200.48.22...	1204	53
2	00-01-38-...	00-16-EC-...	IPv4	UDP	200.48.22...	192.168.1.5	53	1204
3	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205...	2360	80
4	00-01-38-...	00-16-EC-...	IPv4	TCP	72.14.205...	192.168.1.5	80	2360
5	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205...	2360	80
6	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205...	2360	80
7	00-01-38-...	00-16-EC-...	IPv4	TCP	72.14.205...	192.168.1.5	80	2360
8	00-01-38-...	00-16-EC-...	IPv4	TCP	72.14.205...	192.168.1.5	80	2360
9	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205...	2360	80
10	00-01-38-...	00-16-EC-...	IPv4	TCP	72.14.205...	192.168.1.5	80	2360
11	00-16-EC-...	00-01-38-...	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205...	2360	80

Figura 11: Datos de los paquetes capturados

**Tiger Network V. 1.0**  
Archivo Captura Reporte Ayuda

Resultados de la captura: Ver Resultados

Nº	MAC. Origen	MAC. Destino	Ver. IP	Protocolo	IP. Origen	IP. Destino
1	00-16-EC-27-68-5E	00-01-38-62-1B-2A	IPv4	UDP	192.168.1.5	200.48.225...
2	00-01-38-62-1B-2A	00-16-EC-27-68-5E	IPv4	UDP	200.48.225...	192.168.1.5
3	00-16-EC-27-68-5E	00-01-38-62-1B-2A	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205.1
4	00-01-38-62-1B-2A	00-16-EC-27-68-5E	IPv4	TCP	72.14.205.1	192.168.1.5
5	00-16-EC-27-68-5E	00-01-38-62-1B-2A	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205.1
6	00-16-EC-27-68-5E	00-01-38-62-1B-2A	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205.1
7	00-01-38-62-1B-2A	00-16-EC-27-68-5E	IPv4	TCP	72.14.205.1	192.168.1.5
8	00-01-38-62-1B-2A	00-16-EC-27-68-5E	IPv4	TCP	72.14.205.1	192.168.1.5
9	00-16-EC-27-68-5E	00-01-38-62-1B-2A	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205.1
10	00-01-38-62-1B-2A	00-16-EC-27-68-5E	IPv4	TCP	72.14.205.1	192.168.1.5
11	00-16-EC-27-68-5E	00-01-38-62-1B-2A	IPv4	TCP	192.168.1.5	72.14.205.1

- Nº
- MAC. Origen
- MAC. Destino
- Ver. IP
- Protocolo
- IP. Origen
- IP. Destino
- Puerto Origen
- Puerto Destino
- Horizontal Scroll
- Pack All Columns
- Pack Selected Column

Figura 12: Opciones de presentación de los datos

En la esquina superior derecha de la ventana anterior se aprecia el botón “Ver Resultados” que al ser presionado permite visualizar los factores (retardo, variación del retardo y pérdida de paquetes) e indicadores de rendimiento (el factor R, el  $MOS_{CQ}$ , la estimación GoB y la estimación PoW). Dichos resultados son reales si la computadora está conectada a una red de Telefonía IP, en caso contrario son

generados aleatoriamente. Como puede apreciarse en el siguiente diagrama de flujo, para mostrar estos resultados primero se lee un archivo de texto que contiene los valores obtenidos luego de procesar los datos y a continuación se genera la ventana que se muestra en la figura 14.

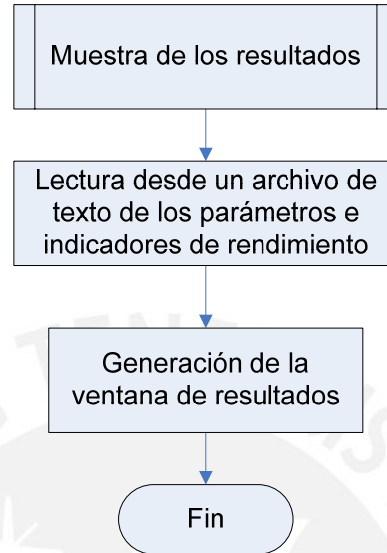
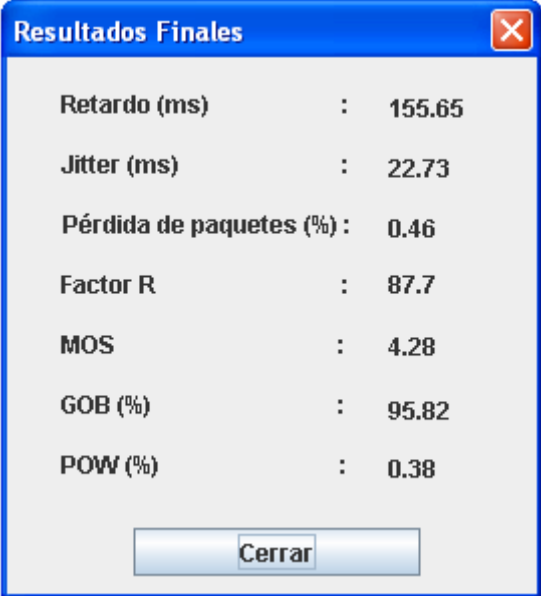


Figura 13: Diagrama de flujo de la muestra de resultados



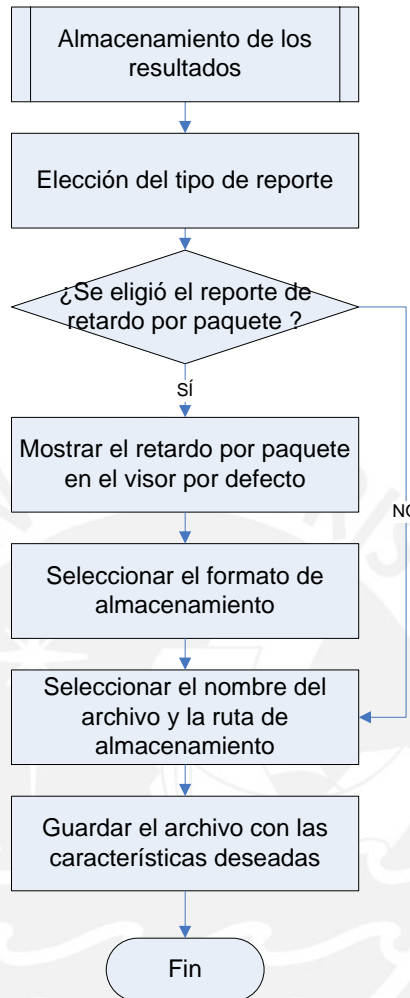
Resultados Finales		
Retardo (ms)	:	155.65
Jitter (ms)	:	22.73
Pérdida de paquetes (%)	:	0.46
Factor R	:	87.7
MOS	:	4.28
GOB (%)	:	95.82
POW (%)	:	0.38

Cerrar

Figura 14: Resultados brindados por el software

## 9.4 Menú reporte

Para el almacenamiento de los resultados se siguen los siguientes pasos:

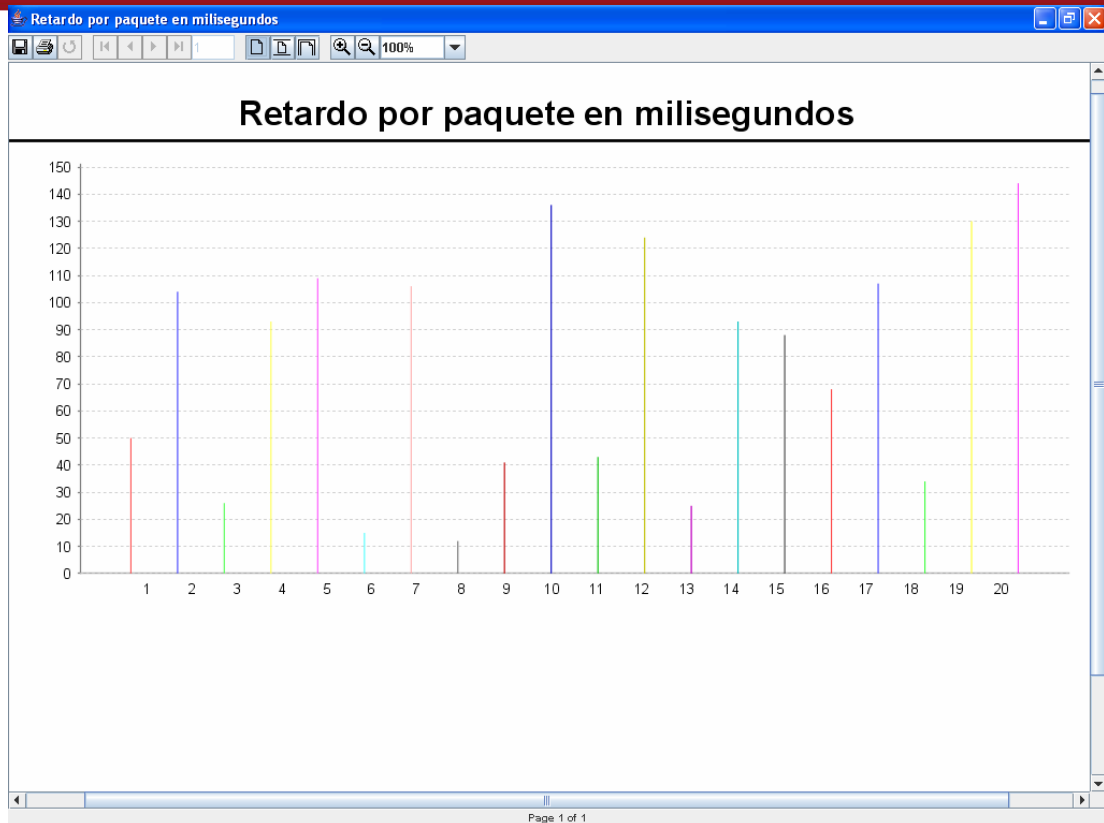


**Figura 15: Diagrama de flujo del almacenamiento de los resultados**

### 9.4.1 Retardo por paquete

Al elegir esta opción se muestra una nueva ventana con un gráfico de barras del retardo de cada paquete. Dicho gráfico se muestra en el visor por defecto del generador de reportes utilizado tal como se observa en la figura 16.

En la ventana existen las opciones de guardar, imprimir, vista preliminar, ajustar el contenido al tamaño a la página, ajustar el contenido al tamaño de la pantalla, aumentar la escala a intervalos fijos, reducir la escala a intervalos fijos y un cuadro para cambiar el tamaño a cualquier escala deseada.



**Figura 16: Reporte de retardo por paquete**

Entre todas estas opciones la más importante es la de “guardar”, pues gracias a ella el gráfico puede ser accedido con distintos visores ya que existe la posibilidad de almacenarlo en el directorio que se desee y en cualquiera de los siguientes formatos: PDF (Portable Document Format), RTF (Rich Text Format), HTML (HyperText Markup Language), XML (eXtensible Markup Language), XLS (Excel) y CSV (Comma Separated Values). Estos dos últimos formatos pueden ser accedidos tanto por las hojas de cálculo del entorno Windows como por las de otros sistemas operativos. Esta opción se muestra en la siguiente figura:

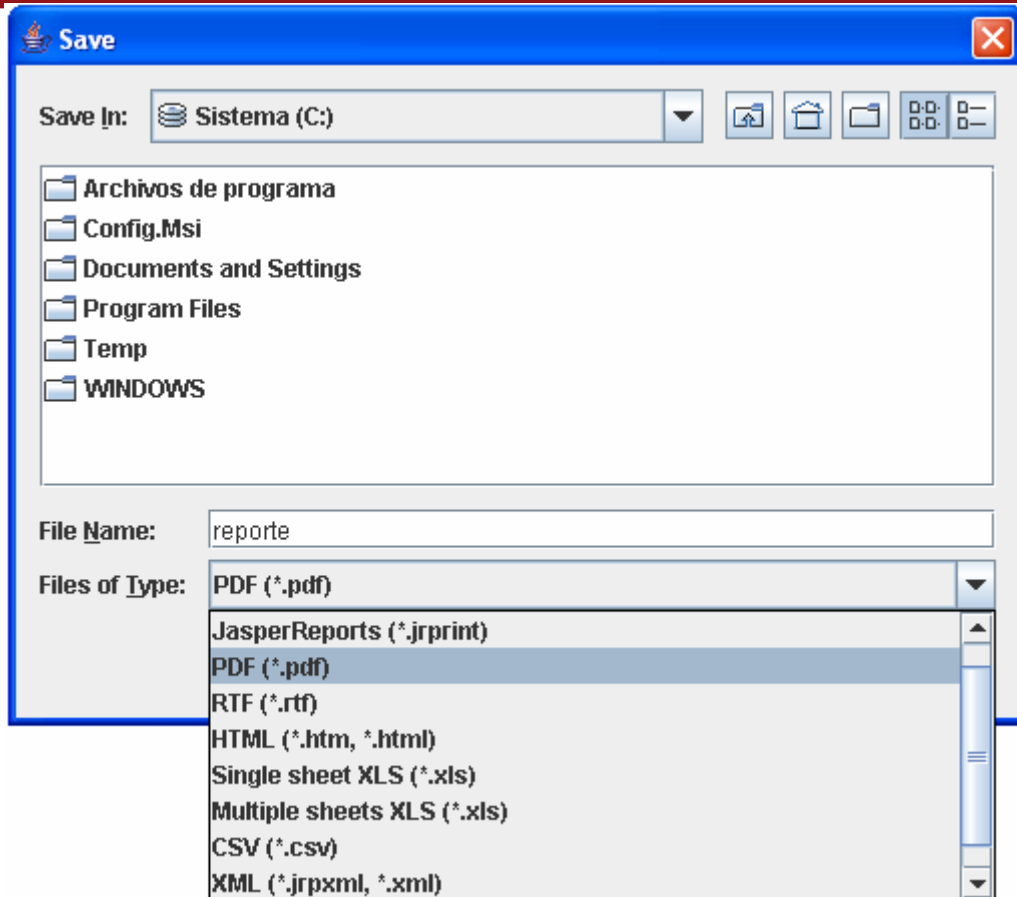


Figura 17: Opciones de almacenamiento del reporte de retardo por paquete

#### 9.4.2 Datos de los paquetes

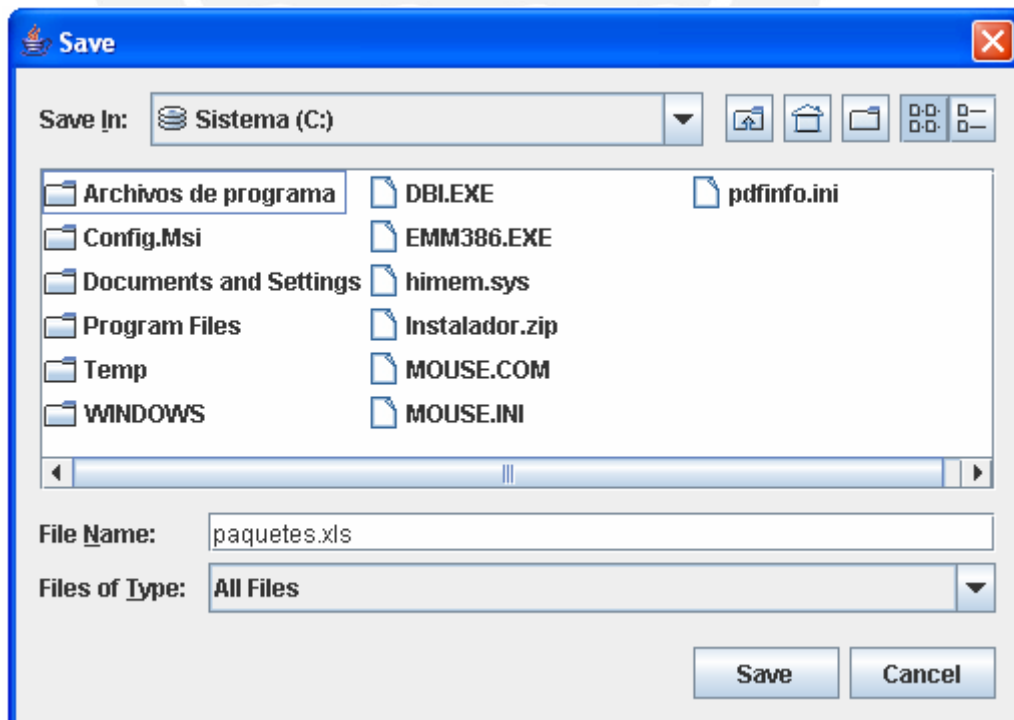


Figura 18: Almacenamiento de los datos de los paquetes

La tabla de datos mostrada en la etapa de captura puede ser almacenada en una hoja de cálculo de formato XLS. Tal como se observa en la figura anterior, el usuario puede elegir el nombre y la ubicación del archivo a guardar. Luego de almacenar los datos se muestra el siguiente mensaje de confirmación:

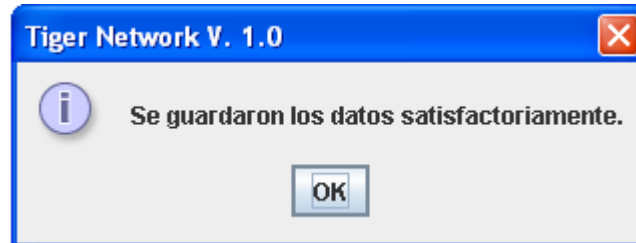


Figura 19: Mensaje de confirmación del almacenamiento de los datos

## 9.5 Ayuda

### 9.5.1 Acerca de

Se muestra el nombre y versión del software, así como el autor, el mes y año de la última revisión. Se cierra esta ventana pulsando una tecla o haciendo click en el botón de la esquina superior derecha destinado para tal fin.

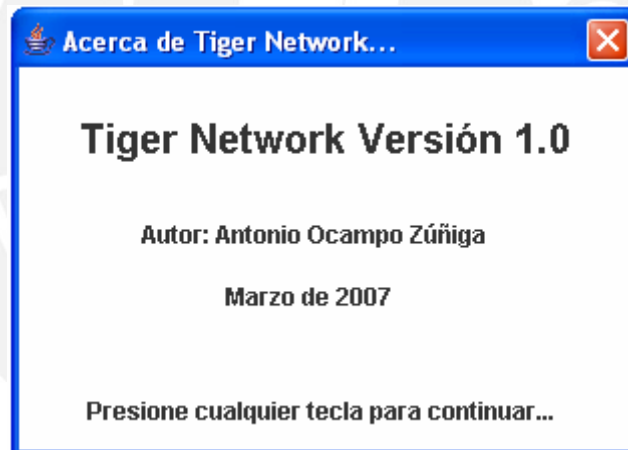


Figura 20: Acerca de Tiger Network

### 9.5.2 Manual de usuario

Haciendo click en esta opción se accede al manual de usuario que se instala conjuntamente con el software.

## 10 Rangos de calidad

Esta sección define los rangos de calidad para la disponibilidad y uso del sistema Tiger Network.

### 10.1 Disponibilidad

El sistema estará disponible en cualquier momento que el usuario lo requiera, siempre y cuando la red funcione correctamente.

## **10.2 Uso**

El sistema tiene un entorno gráfico amigable y dispone de un manual de usuario.

## **11 Mantenimiento**

El sistema está debidamente documentado y diseñado, lo que hace fácil su mantenimiento tanto por la persona encargada del desarrollo del software como por otras que no estuvieron involucradas.

## **12. Requerimientos de documentación**

### **12.1 Manual de usuario**

En él se ilustran todas las funcionalidades del software de manera clara y concisa.

### **12.2 Manual de instalación**

En este documento se indica el conjunto de pasos a seguir para instalar Tiger Network satisfactoriamente.

## **13. Referencias**

Recomendaciones ITU-T G.107, G.108, G.109 y G.113. Estas recomendaciones se encuentran en el CD de instalación.

