

Volumen 56

Número 1 · 1981

# Comunicaciones Eléctricas

Edición española de ELECTRICAL COMMUNICATION

Revista técnica publicada trimestralmente por International Telephone and Telegraph Corporation

Comunicaciones Eléctricas presenta las investigaciones, los desarrollos y las realizaciones conseguidas por ITT y sus compañías asociadas.

Publicada desde 1922 en su versión inglesa, aparece ahora editada en cuatro lenguas. Se distribuye en el mundo entero.

Se invita a los ingenieros de ITT a proponer proyectos de artículos, cuyos resúmenes deben enviarse al editor internacional para su consideración.

*Director Ejecutivo, Bruselas*  
Lester A. Gimpelson

*Editor, Comunicaciones Eléctricas, Madrid*  
Antonio Soto

*Editor, Electrical Communication, Harlow*  
Michael Deason

*Editor, Elektrisches Nachrichtenwesen, Stuttgart*  
Otto Grewe

*Editor, Revue des Télécommunications, París*  
René Thévin

Las direcciones de los editores se dan en la página 110

Indice

- 2 **Presentación**
- 4 **Introducción a las redes digitales de servicios integrados,**  
G. Robin y S. R. Treves
- 17 **Impacto de los servicios no telefónicos en la evolución de la red,**  
E. A. Smith, W. A. G. Walsh  
y M. J. Willson
- 31 **Acceso del usuario a una red digital de servicios integrados,**  
R. C. Slatter, W. A. G. Walsh,  
F. Kaderali y P. Schmidt
- 44 **Aplicación del control distribuido al tratamiento de servicios no telefónicos,**  
G. Toluoso y S. R. Treves
- 57 **Métodos de transporte para redes digitales de servicios integrados,**  
C. R. Carter, M. J. Collard, M. J. Hillyard,  
W. A. G. Walsh y J. Serrano Hernández
- 71 **Bucles de abonado digital,**  
F. Kaderali y J. D. Weston
- 80 **Evaluación de las características de los cables de abonado,**  
R. F. Rous y J. D. Weston
- 87 **Pruebas de campo en el área local digital,**  
J. A. Murray y F. Kaderali
- 97 **Terminales para nuevos servicios**  
B. Cramer y H. J. Winterbotham
- 103 **Características del aparato de abonado digital en la red telefónica del futuro,**  
L. Gasser, G. Rahmig y K. Széchényi





*La RDSI – red digital de servicios integrados – es el término final de la evolución de la actual red de telecomunicación; utilizando técnicas digitales de transmisión y conmutación, la RDSI integra en una red común la telefonía con una amplia gama de servicios no telefónicos. Las centrales digitales, como la ITT 1240, garantizan la transición progresiva desde la red analógica de hoy hacia la futura RDSI, a través de redes digitales integradas.*

## Presentación

En continua expansión, la red telefónica mundial llega prácticamente a cualquier lugar habitado por el hombre. Esta red, que interconecta miles de centrales, ha sido calificada como la máquina lógica mayor del mundo. El tráfico actual, casi en su totalidad de comunicación de voz, junto con una pequeña proporción de datos, circula principalmente a través de medios analógicos. La revolución en la información que está comenzando requerirá capacidades y facilidades de distribución que exceden con mucho las posibilidades de la red existente.

La red telefónica ha transportado datos durante muchos años, convirtiendo dichos datos básicamente digitales a un formato analógico, aunque existen desventajas importantes en este método de operación. En efecto, el canal analógico de voz de 4 kHz limita la velocidad máxima alcanzable; las centrales electromecánicas generan ruido impulsivo; la ecualización, la supresión de ecos y otras mejoras en la transmisión de voz no favorecen la transmisión de datos, y así podríamos seguir. A pesar de estas limitaciones la extensión geográfica de la red telefónica y la economía para los usuarios, que pueden establecer conexiones durante períodos cortos, han convertido a este medio, aparentemente adverso, en el más importante para el transporte de datos como también lo es para la voz.

El tráfico de banda ancha, por ejemplo la transmisión de video o las transferencias de datos a alta velocidad entre ordenadores, utiliza las líneas de transmisión de la red telefónica pero no es conmutado por las centrales; estas conexiones punto a punto están instaladas de forma permanente o se establecen manualmente a petición del usuario. También existen redes de datos que usan transmisión analógica o digital, a veces compartida con la red telefónica, junto con puntos independientes de conmutación de datos. Actualmente se está dando un crecimiento considerablemente más alto en los datos que utilizan redes especiales, en particular los que hacen uso de la capacidad de velocidades altas que posee la tecnología digital.

¿Cómo podría combinarse la facilidad de establecer conexiones punto a punto mediante la simple acción del usuario que ofrece la red telefónica, con la facilidad de distribución de información que poseen las redes de datos? La introducción de la tecnología digital de transmisión y de conmutación en una red que siempre tuvo un carácter enteramente analógico permitirá ofrecer amplias facilidades de manejo de datos a través de la red telefónica.

Está en marcha la integración de la conmutación y transmisión digitales (RDI, red digital integrada), basada en canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  potencialmente utilizables por la voz y los datos; la utilización de estos canales para los datos permitirá un aumento sustancial en la velocidad de transmisión de datos comparada con la que se obtiene con los actuales (analógicos) canales de voz. De hecho, prácticamente todos los servicios analógicos y de datos (con la excepción de la transmisión de video en movimiento y la transferencia de datos a muy alta velocidad) pueden darse utilizando los canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . Como resultado, la red digital integrada combinará el alcance geográfico de la red telefónica con la capacidad de transporte de las redes digitales de datos en una estructura denominada RDSI (red digital de servicios integrados), en la cual el concepto de "integración" – a diferencia de la RDI – se refiere al transporte simultáneo de voz digitalizada y de diversos tipos de tráfico de datos sobre los mismos caminos de transmisión digital y por las mismas centrales digitales. La clave de la RDSI está en el pequeño coste marginal que implica el ofrecer los servicios de datos por la red telefónica digital, sin que por ello se incurra en aumentos de coste ni pérdida de calidad en los servicios de voz ya prestados por la RDI.



Las características físicas de algunos de los servicios hacen inapropiada su integración en la red telefónica; por ejemplo, requisitos como tasas de errores muy bajas, tiempos de establecimiento de llamada bastante cortos, o el ancho de banda del video, resultarían demasiado costosos para imponerlos a la red telefónica completa. Por ello, siendo realistas, hemos de esperar que se agrupen los servicios de características similares en varias redes RDSI (o redes de datos de servicio múltiple); estas redes compartirán las facilidades de transmisión y hasta cierto punto los nodos de conmutación. El agrupamiento dependerá de la tecnología y economía futuras y habrá casi con total certeza acceso entre las distintas RDSI. Además, puesto que las redes de datos actuales y las que están planificadas para el futuro cercano operarán durante muchos años en paralelo con la red RDI, que progresivamente evoluciona hacia RDSI añadiendo facilidades de datos, el paso primero de dicha evolución será la utilización de las facilidades a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  de la RDI para proporcionar a los usuarios de ésta un acceso conmutado económico hacia las redes de datos.

El trabajo de ITT en el campo de la RDSI, expuesto en los artículos de este número, se ha dirigido a avanzar la tecnología básica de dichas redes, a comprender sus aspectos económicos y a desarrollar una estrategia de introducción adecuada. Los estudios de planificación de ITT sobre métodos para establecer redes RDI se concretaron en un conjunto de recomendaciones, importantes tanto para una estrategia de introducción "pragmática" como para el propio diseño de las centrales digitales. Los resultados más recientes del estudio sobre redes RDSI han demostrado que, siguiendo la estrategia pragmática y utilizando la central digital ITT 1240 con su arquitectura de control distribuido, se asegura la eventual transición hacia la RDSI con gran facilidad operacional. Las Administraciones podrán escoger los servicios de datos que van a ofrecer, y cuándo y dónde ofrecerlos. En efecto, como se ha descrito anteriormente en *Comunicaciones Eléctricas*, existen ventajas intrínsecas en la estructura de la central ITT 1240, consistente en una red digital de conmutación transparente (con su propio control distribuido) a la que se conectan los módulos terminales, cada uno de ellos con su propio control, memoria y programas. La configuración inicial puede consistir solamente en los módulos de líneas telefónicas analógicas o digitales y en los módulos de enlaces; posteriormente se podrán añadir los módulos de datos o los módulos multiservicio (voz-datos), ampliando de esta forma los servicios de la central con las facilidades de datos, sin afectar a la instalación existente. La transición de RDI a RDSI se llevará a cabo simplemente mediante la adición de nuevos módulos de datos independientes o módulos multiservicio a las centrales digitales, como la ITT 1240.

Este número presenta artículos, escritos por un equipo internacional que trabaja en cinco países, sobre muchas facetas de la RDSI: los servicios; la evolución de la red y los medios de acceso a la red; el control distribuido aplicado a los servicios no telefónicos; los métodos de transporte de información basados en tramas; los bucles de abonado digital, las características de los cables, y las pruebas de campo; los terminales para estos nuevos servicios y las características de los aparatos de abonado digital. Estos artículos muestran cómo ITT continúa su tradición de utilizar las técnicas de planificación en telecomunicación para el estudio de nuevas tecnologías y desarrollos de servicios — primero la conmutación con control por programa almacenado, después la RDI, y ahora la RDSI. Estos estudios constantes han producido recomendaciones para el diseño de equipos de telecomunicación y para la evolución de las redes de las Administraciones telefónicas. Siguiendo estas recomendaciones, el diseño de la central digital ITT 1240 asegura que la transición a la red RDI proporciona también los medios necesarios para la posterior incorporación a esta red de una gama completa de servicios de datos, transformándose en RDSI.



# Introducción a las redes digitales de servicios integrados

La creciente demanda de nuevos servicios de telecomunicación, sean o no telefónicos, sólo puede satisfacerse económicamente si se usan los mismos equipos de conmutación y transmisión tanto en telefonía como en datos. Este concepto de la red digital de servicios integrados constituye el objetivo final en la evolución de las redes actuales.

## G. Robin

Laboratoire Central de Télécommunications, Vélizy, Francia

## S. R. Treves

FACE Finanziaria, Milán, Italia

## Introducción

En la era de la conmutación y transmisión analógicas, las redes telefónica, telegráfica y de télex constituían entidades independientes, administradas por diferentes organizaciones o por distintas ramas de una Administración. En la década de 1970 se introdujeron en la red telefónica, pero de forma separada, la transmisión digital y la conmutación digital. Durante la década actual ambas se integrarán, dando lugar a las redes digitales integradas (RDI), en las que se usarán conexiones establecidas por centrales digitales para la transmisión de las señales digitales del servicio telefónico.

En paralelo con lo anterior se establecieron muchas redes privadas de datos, usando líneas alquiladas, en su mayoría para organizaciones empresariales. Más recientemente han aparecido redes públicas especializadas, basadas en conmutación de circuitos o en conmutación de paquetes, con el objetivo de atender a la demanda de servicios no telefónicos del mundo empresarial.

En un futuro próximo, los servicios no telefónicos serán usados también por la pequeña empresa e incluso por los abonados normales. Existen formas distintas de hacer frente al rápido crecimiento de los servicios no telefónicos, que se avencina. Las redes de datos pueden ampliarse hasta dar un servicio tan general como el de la red telefónica en lo relativo a la voz. Como alternativa, tanto los servicios de voz como los de datos pueden ser atendidos por una red única, producto de la evolución de la red telefónica actual.

La segunda solución es la llamada red digital de servicios integrados (RDSI), en la que unos mismos equipos de con-

mutación y de transmisión establecen las conexiones de servicios diferentes (por ejemplo, telefonía y datos). Este artículo presenta la evolución de la red existente hacia una RDSI, y por tanto constituye una introducción a los temas tratados en los restantes artículos.

## Evolución del servicio

### *Requisitos de los servicios actuales y de los nuevos servicios*

En la actualidad, el número de usuarios de las redes públicas y privadas de datos representa tan sólo un 1% del de la red telefónica. La tabla 1 muestra los tamaños relativos de las redes en seis países europeos.

Generalmente, los usuarios de datos utilizan terminales de pantalla y teclado para acceder a los equipos de proceso de datos (ordenadores) que operan en modo "batch" (por lotes) o en modo interactivo. El modo "batch" es apropiado para el proceso masivo, mientras que el interactivo se utiliza en las operaciones de tipo conversacional, como son las transacciones (reservas, transferencias monetarias) o las consultas a bancos de datos.

Numerosos servicios nuevos están ya en las primeras etapas de planificación<sup>1</sup> o incluso en pruebas de campo; algunos tienen más probabilidad de ser utilizados en gran escala. Los que parecen destacar son los siguientes:

*Facsimil*: servicio que implica la transmisión y la reproducción en un terminal distante de todo tipo de gráficos y material manuscrito o impreso. Existe hace ya muchos años, sin embargo su uso no ha sido general por falta de normalización.



El grupo de estudio 3 del CCITT ha establecido recientemente normas para el facsímil digital, las cuales sin duda ayudarán a extender este servicio.

*Teletex:* permite intercambiar correspondencia, de un modo automático, entre las memorias de los terminales de usuarios. Se utilizan terminales en comunicación para preparar, retocar e imprimir la correspondencia.

*Videotex:* los usuarios de este servicio pueden, mediante diálogo, obtener información de un banco de datos. El equipo terminal es un televisor normal, convenientemente modificado o complementado.

Varias Administraciones están ya introduciendo estos servicios, o proyectan hacerlo, en la red pública analógica de telefonía. Sin embargo, las características de dicha red limitarán de forma importante la utilidad de los nuevos servicios (tabla 2). Por ejemplo, para enviar una página de facsímil se necesitan unos dos minutos en la red analógica, mientras que bastarían unos cinco segundos en la red digital. De forma similar, la velocidad de transmisión del servicio videotex está limitada y la operación interactiva resulta lenta.

Dado que la RDI se basa en el uso de caminos conmutados de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , los nuevos servicios a integrar pueden acomodarse dentro del ancho de banda correspondiente. En la tabla 3 se muestra cómo al usar la velocidad de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , se cumplen los requisitos de la mayoría de los servicios de datos, texto e imagen.

Sin embargo, las comunicaciones de alta velocidad entre ordenadores y algunos tipos de comunicación de imagen (por ejemplo, videófono y videoconferencia) requieren una banda mucho mayor (megabitios) y se llevarán sobre redes de banda ancha separadas<sup>2</sup>. La topología de estas redes también parece que será diferente, debido al predominio de las comunicaciones punto a punto y de difusión sobre las conmutadas. Se espera que las técnicas ópticas den las soluciones adecuadas para tales redes, a un coste económico.

Los estudios de tráfico sobre los nuevos servicios demuestran que la red telefónica digital (RDI) puede atender también a otros servicios sin precisar una ampliación significativa. Incluso en la hipótesis de que todo el correo comercial se hiciese electrónico y de que el 90% de los usuarios telefónicos utilizara el videotex durante seis minutos diarios, el impacto sobre el flujo de información en la red sería pequeño. Ello es debido a que tanto los datos como el texto tienen un bajo contenido de información, en términos de bits por segundo, comparados con la voz.

Tomando como base (100%) el tráfico telefónico, el tráfico adicional sería, aproximadamente: un 6% para facsímil, 1% para videotex y 0,05% para teletex. La facilidad de los terminales emisores para almacenar la información y reenviarla después, distribuye el tráfico a lo largo del día, reduciéndose con ello el impacto en el dimensionado de la red. Esto nos conduce a estudiar más en detalle la economía de la RDSI.

**Tabla 1 – Importancia relativa de los servicios de telecomunicación en 1979**

Servicio	País					
	Bélgica	Francia	Alemania	Italia	España	Reino Unido
Teléfono	2.300	14.000	19.200	13.400	10.500	25.000
Télex	19	85	130	44	21	100
Datos de baja velocidad en la red telefónica	3	20	95	18	3	150
Líneas alquiladas	6	40	ND	56	12	250
Conmutación de paquetes	—	1	en pruebas	en pruebas	8	en pruebas
Conmutación de circuitos para datos	—	2	3	3	—	—

Las cifras indican el número de abonados en millares.  
ND - cifras no disponibles

**Tabla 2 – Limitación de velocidad en las redes analógicas**

Servicio	Velocidad en la red analógica ( $\text{kbit s}^{-1}$ )	Tiempo de transmisión de una página (segundos)	Tiempo de transmisión deseable (segundos)	Velocidad requerida ( $\text{kbit s}^{-1}$ )
Videotex	1,2	10	1	9,6
Teletex	2,4	10	2	9,6
Facsímil, grupo 3	2,4	120	5	64



Tabla 3 – Servicios susceptibles de Integración

Ancho de banda	Servicio			
	Telefonía	Datos	Texto	Imagen
Voz digital (64 kbit s <sup>-1</sup> )	Teléfono	Conmutación de paquetes Conmutación de circuitos	Télex Teletex	
	Circuitos alquilados Recuperación de información (mediante análisis y síntesis de voz)	Circuitos alquilados Telemetría Transferencias monetarias Recuperación de información "Buzón de mensajes" entre usuarios Correo electrónico Alarmas	Circuitos alquilados Videotex Facsímil Recuperación de información "Buzón de mensajes" entre usuarios Correo electrónico	Recuperación de información Vigilancia
Banda ancha (> 64 kbit s <sup>-1</sup> )	Música	Comunicaciones de alta velocidad (ordenadores)		Video conferencia Videófono Distribución TV por cable

Tabla 4 – Comparación de prestaciones para servicios no telefónicos

Parámetro	Red pública de telefonía conmutada (analógica)	Red privada	Red pública de datos	RDSI objetivo (propuesta)
Duración de llamada	120 s	Camino alquilado	circuitos: 10 a 3600 s paquetes: 10 ms a 1 s	variable (según llamada)
Tiempo de establecimiento de llamada	3 a 20 s	N/A	circuitos: 0,1 a 1 s paquetes: 1 a 10 s	1 a 3 s
Tiempo de transferencia de la información	10 s	10 s	circuitos: 10 ms paquetes: 0,1 a 1 s	10 ms
Tasa de errores	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-6</sup>	circuitos: 10 <sup>-6</sup> paquetes: 10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-6</sup>
Velocidad binaria	2,4 kbit s <sup>-1</sup>	Cualquiera	hasta 48 kbit s <sup>-1</sup>	hasta 64 kbit s <sup>-1</sup>

N/A - No aplicable

**Características de las redes multiservicio**

Las ventajas de las redes multiservicio son bien patentes. Para una Administración será siempre más cómoda la gestión de una red única que la de varias con diferentes características. Se utilizará mejor el capital y la planificación será más fácil, sobre todo en servicios nuevos cuando falta información sobre la tendencia de su demanda. Se podrá adquirir y usar el mismo tipo de equipo en grandes cantidades y los nuevos servicios se podrán introducir en cualquier parte de la red más fácilmente. El personal de operación tendrá un entrenamiento más cómodo, y su trabajo ganará en eficacia.

Para el usuario, especialmente el pequeño usuario, habrá ventajas de coste y de operación, ya que dispondrá de un solo acceso a una red única, en lugar de tener líneas distintas para telefonía, télex y datos. La utilidad de un servicio crece con el número de usuarios potencia-

les, y la RDSI ofrece la máxima conectividad para todo tipo de usuarios.

Sin embargo, todo ello sólo será realidad si la RDSI presenta un nivel de calidad satisfactorio para el usuario de datos, a un coste económico. La calidad del comportamiento ha de estudiarse junto con la aplicación a servicios no telefónicos, ya que el coste de una red está muy ligado a sus prestaciones. Otro requisito es que el coste del servicio básico, la telefonía, no debería aumentar por implantarse la RDSI.

En la tabla 4 se resumen algunas de las características de los servicios ofrecidos por la red telefónica analógica actual, las redes privadas, y las redes públicas de datos. También sugiere posibles características de una red RDSI que constituyan un compromiso aceptable entre coste y prestaciones: la velocidad binaria, el tiempo de establecimiento de llamadas y la tasa de errores serán mucho mejores que en la red telefónica analógica, pero



tal vez no deban igualar el nivel alcanzado en las redes de datos especializadas. Ello justificaría la coexistencia de la RDSI con redes especiales que satisfacen a usuarios más exigentes a un coste mucho más alto. En todo caso, se deberá conseguir que la RDSI y las redes especializadas se intercomunicen. Si se logra un compromiso adecuado, se llegará a una solución económica óptima.

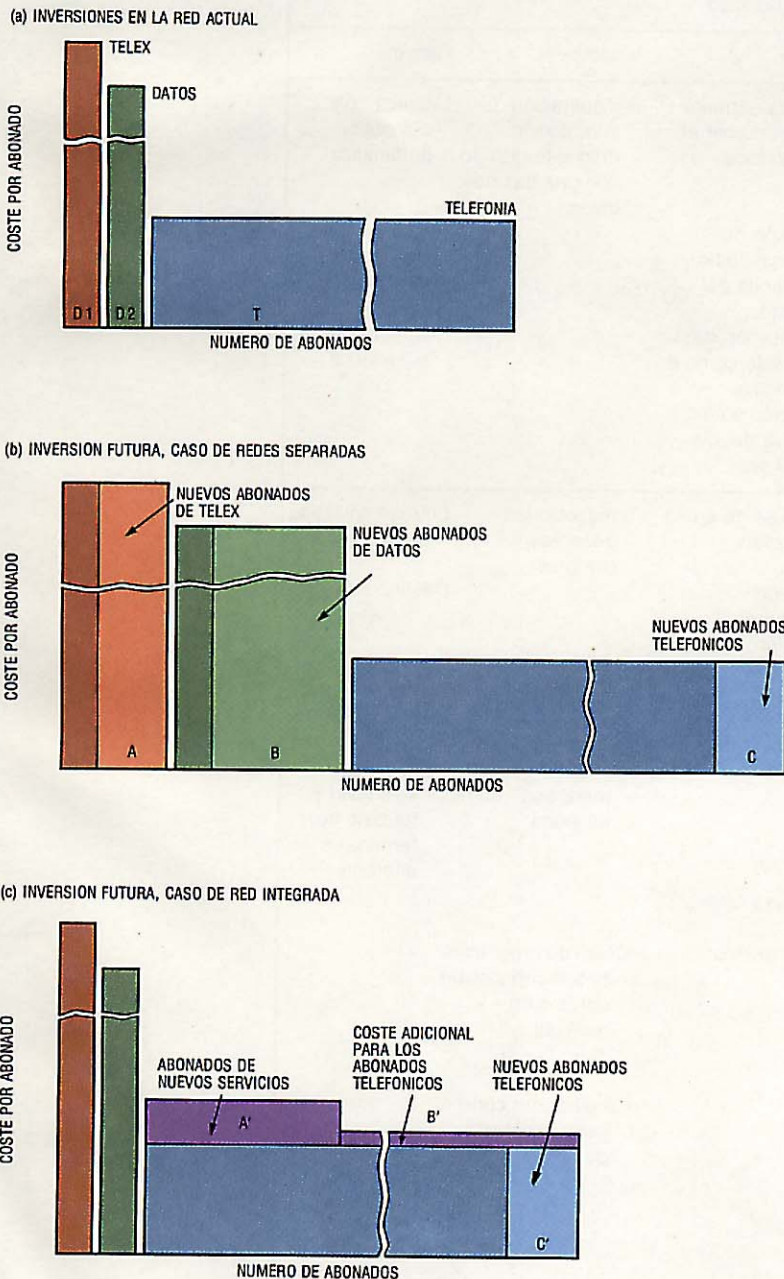
La figura 1a muestra la inversión necesaria en una red telefónica en forma de área rectangular  $T$ , determinada por el número de abonados telefónicos y el coste por abonado. Las redes de datos requieren un capital menor ( $D_1, D_2$ ), simplemente porque sirven a muy pocos usuarios aunque el coste por conexión sea alto.

La figura 1b describe cuál sería la situación al crecer el número de usuarios de

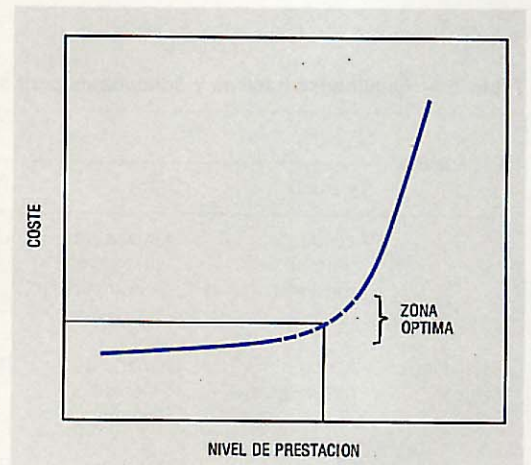
datos; la nueva inversión en la red de datos, indicada por los rectángulos  $A$  y  $B$ , llega ya a ser comparable a la inversión existente en la red telefónica.

La figura 1c muestra el caso RDSI: el crecimiento de las redes de datos se detiene y los nuevos usuarios no telefónicos se conectan a la red integrada (área  $A'$ ). No puede afirmarse *a priori* que no sobre-

**Figura 1**  
Inversión en redes de telecomunicación telefónicas y no telefónicas: (a) inversión actual, (b) inversión futura en el caso de redes separadas, y (c) inversión futura en el caso de red integrada.  
Nota: La figura no está a escala.



**Figura 2**  
Relación coste-nivel de prestación en un sistema de conmutación.



venga un coste adicional  $B'$  para los abonados normales telefónicos, pero para la aceptación económica del concepto de RDSI este coste adicional habrá de ser despreciable. De esta forma, la inversión en el caso de la RDSI ( $A' + B' + C'$ ) resulta menor que en el de redes separadas ( $A + B + C$ ).

Es bien sabido que el coste de un sistema de conmutación está relacionado con características como el tiempo de establecimiento de llamada, del modo indicado en la figura 2. Por debajo del ángulo de la curva el coste permanece en un nivel aceptable; sin embargo, si el nivel de prestación exigido rebasa dicha zona, el coste será ya excesivo para una red RDSI universal, es decir, una red con una cobertura tan general como la red telefónica actual y a un coste por abonado aceptable para el servicio básico (telefonía).

El nivel de calidad de la RDSI debe especificarse adecuadamente (velocidad binaria, tasa de errores, tiempo de establecimiento, retardo de transferencia, etc.); ello se está ahora tratando por todas las Administraciones, dentro de las organizaciones de normalización.



**Normalización internacional para la RDSI**

Los organismos internacionales de normalización en telecomunicaciones, principalmente el CCITT y la CEPT (Conference Européenne des Postes et Télécommunications) juegan un papel clave al producir normas, que no sólo permiten que las redes nacionales se intercomunicuen, sino que logran el objetivo de una red verdaderamente universal, con una relación coste-prestación satisfactoria. La mayoría de los servicios no telefónicos deberían ser atendidos por esta red sin imponer una penalización económica excesiva a la red telefónica.

Conseguir este objetivo requerirá varios años de esfuerzo por parte de los expertos

de las Administraciones y de los suministradores de equipos.

El grupo de estudio XVIII del CCITT ha definido ya principios generales básicos para las redes RDSI, que aparecen expresados en la Recomendación G.705<sup>3</sup>, pero se emprenden nuevos estudios sobre recomendaciones detalladas. La CEPT ha creado una nueva organización, el "Groupe Spécial Intégration", que ha acometido estudios profundos sobre la RDSI. Actualmente se están acordando los principios y las líneas maestras, con el objetivo de tener recomendaciones específicas hacia 1982<sup>4</sup>. Todo ello abrirá el paso a la introducción de RDSI en varios países.

**Tabla 5 – Facilidades básicas y adicionales para servicios telefónicos, de datos, de texto y de imagen**

Facilidades	Servicio				
	Telefonía	Datos	Teletex	Videotex	Facsimil
Facilidades básicas	Acceso interurbano nacional	Llamada de marcación automática	Llamada entrante sin perturbar el modo local	Recuperación de información mediante diálogo con una base de datos	Llamada con marcación automática
	Acceso internacional	Llamada de marcación manual	Impresión del mensaje bajo demanda del operador		Llamada con marcación manual
	Bloqueo de llamadas maliciosas	Respuesta automática	Presentación del mensaje como en el original Indicación automática del día y la hora		Respuesta automática
Facilidades adicionales	Transferencia	Llamada directa	Mensajes de envío aplazado	Transacciones (reservas, compras)	Entrega aplazada
	Numeración abreviada	Grupo cerrado de usuarios	Dirección abreviada		Destino múltiple
	Reencaminamiento hacia locución	Grupo cerrado de usuarios con acceso al exterior	Dirección múltiple		
	Llamada intermedia	Identificación del llamante	Indicación de tarificación	Servicio de "buzón de mensajes" entre usuarios	Conversión de código, velocidad y formato de terminales diferentes
	Conferencia	Identificación del llamado			
	Llamada en espera	Numeración abreviada	Acceso a télex		
	Restricción al tráfico saliente interurbano	Restricción de llamadas entrantes	Modo gráfico	Carga de programas desde un banco de datos a un terminal	
Línea de acceso directo	Llamada de destino múltiple Tarificación detallada		Carga de un conjunto especial de caracteres		
Tarificación detallada	Transferencia				
Despertador automático	Indicación de tarificación				



**Facilidades**

En la tabla 5 se exponen algunas facilidades básicas y adicionales previstas para los servicios más importantes de una RDSI.

**Evolución de la red**

La RDSI completa es un objetivo a largo plazo. Existe acuerdo en que dicha red tomará como base y punto de partida la red telefónica digital (RDI), y que el período de transición durará una o dos décadas. En consecuencia, los nuevos servicios deberán resultar compatibles con las vías digitales conmutadas de 64 kbit s<sup>-1</sup>.

Por otra parte, durante el período de transición deberá atenderse a la interrelación entre los servicios en la RDSI y los de otras redes. Dentro de este planteamiento se introducen los conceptos de categorías de función de red y de grado de integración. Se consideran dos categorías de función de red:

- Funciones básicas, relacionadas con la conmutación por circuitos de las vías digitales a 64 kbits<sup>-1</sup>, que serían ofrecidas por todas las centrales locales; aquí se incluiría el servicio telefónico y posiblemente los de datos conmutados por circuitos.
- Funciones adicionales, relativas a servicios que precisan de una capacidad mayor, ofrecida por equipo especializado ubicado en nodos concretos de la red o por subredes especializadas. La red digital local debería facilitar el acceso a tales equipos o subredes, dentro de sus funciones básicas. Dicho acceso podría obtenerse, bien para llamadas concretas y mediante petición basada en la clase de servicio o información de selección, o bien por conexión directa para todas las llamadas de un determinado usuario. La señalización entre el terminal del abonado y el equipo especial usaría los métodos actuales de señalización para datos y sería independiente de las funciones básicas.

Se consideran las tres etapas siguientes en la evolución hacia la red RDSI desde una RDI (Fig. 3).

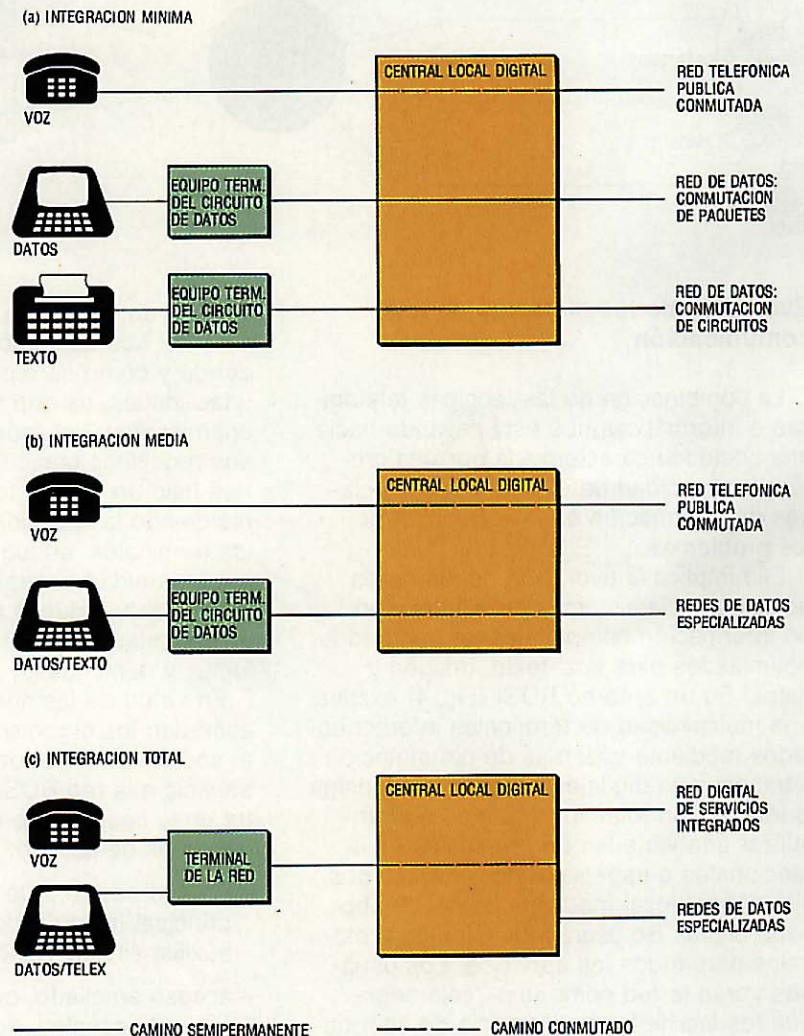
**Integración mínima.** Para establecer una llamada telefónica se sigue el protocolo normal, pero para llamadas de datos se usa un tipo de conexión directa (hot line) en la central local, que da a los terminales de datos acceso a las funciones de red que controlan el establecimiento de llamadas de datos, según las recomendaciones del CCITT (ej.: X.21, X.25).

**Integración media.** En este caso se utiliza un protocolo común para llamadas telefónicas y de datos. El protocolo contiene los indicadores de servicio precisos para que la central active las funciones de control de llamada pertinentes, según los requisitos de cada servicio, y encamine las llamadas a la red correspondiente.

**Integración total.** Se utilizará un mismo protocolo y proceso de control para el establecimiento de llamadas y para controlar los servicios suplementarios y facilidades de usuario que tengan una finalidad común. Idealmente los planes de numeración y encaminamiento serían comunes; tan sólo aquellas facilidades aplicables a un servicio específico necesitarían un tratamiento separado.

Se ve, pues, que la asignación de funciones a las diversas centrales (locales, de tránsito, de datos) cambiará a lo largo del proceso de evolución; por ello se hace preciso dotar de una gran flexibilidad a todos los elementos de la red (terminales y centrales) desde el comienzo mismo de dicha evolución.

**Figura 3**  
Evolución de las redes hacia la RDSI: (a) integración mínima, (b) integración media, y (c) integración total.





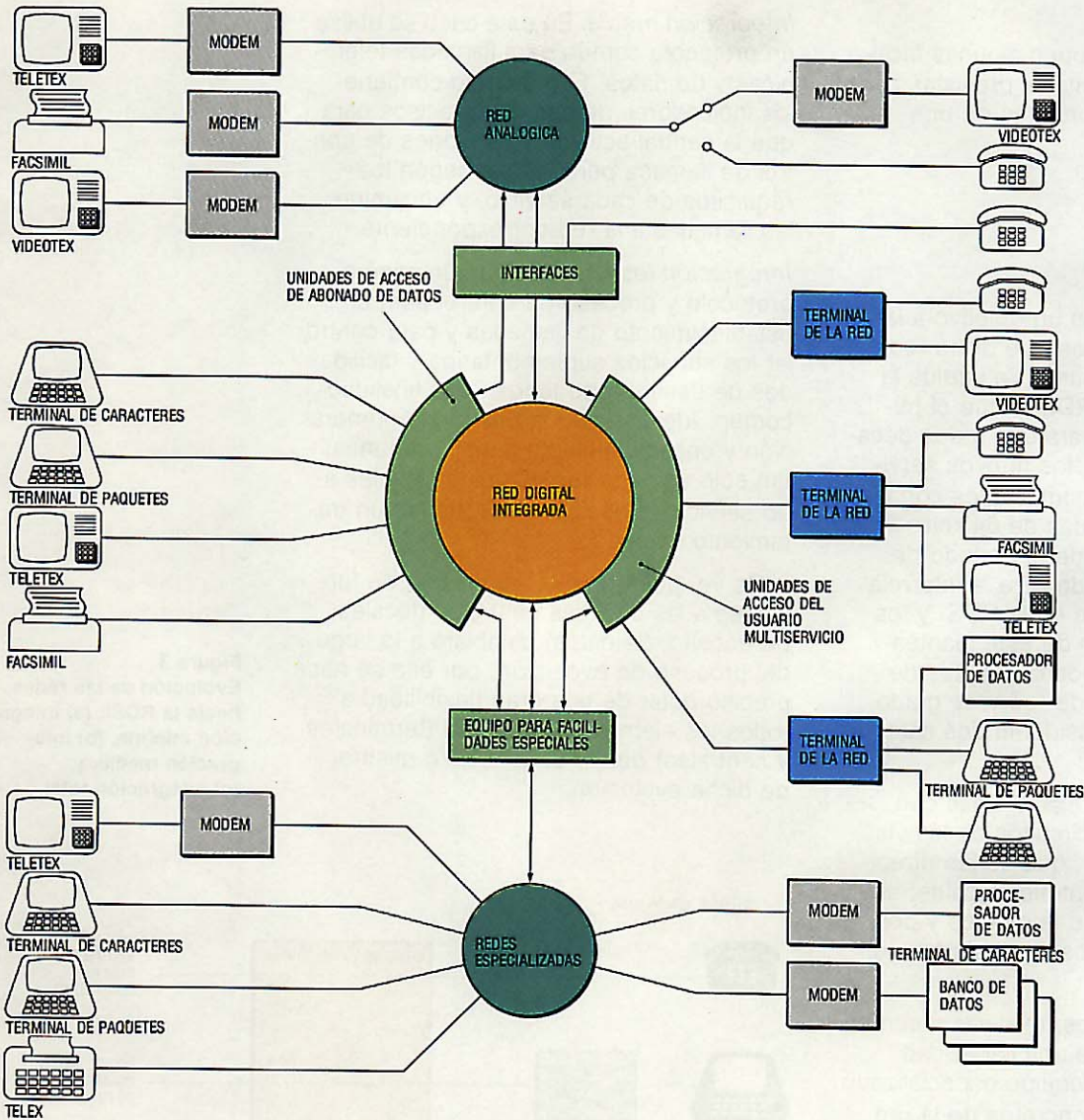


Figura 4  
Distribución de información en una red digital de servicios integrados.

### Evolución de los sistemas de tele-comunicación

La combinación de las técnicas telefónicas e informáticas nos está llevando hacia una sociedad caracterizada por una creciente capacidad de utilizar todas las clases de información en la resolución de los problemas.

Ello implica la evolución de las redes actuales hacia sistemas de distribución de información completamente integrados, optimizados para voz, texto, imagen y datos. En un entorno RDSI (Fig. 4) existirá una multiplicidad de terminales interconectados mediante sistemas de conmutación y transmisión digitales. Cuando se consiga la integración total, los usuarios podrán utilizar una variedad de terminales multifuncionales o especializados, conectados a la central local mediante líneas de abonado digital. Se usarán los mismos protocolos para todos los servicios. Los usuarios verán la red como una "caja negra", que les facilite la transferencia de informa-

ción de un terminal a otro de forma transparente. Los abonados podrán ignorar dónde y cómo se realizan las funciones y facilidades, ya que cada red nacional optimizará su solución de acuerdo con sus requisitos particulares. Esta red operará bajo un control totalmente distribuido, residiendo la capacidad de proceso en los terminales, en lugar de concentrarse en una unidad central. Ello aumentará la fiabilidad, reducirá los costes y facilitará una adaptación gradual a las nuevas tecnologías y demandas.

En virtud de las normalizaciones que acuerdan los organismos internacionales, el acceso de los abonados digitales multiservicio a la red RDSI será como se muestra en la figura 5. Se están considerando tres tipos de acceso:

- acceso básico, que contiene un canal principal ( $b$ ) de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  y un canal auxiliar ( $\Delta$ ) de  $16 \text{ kbit s}^{-1}$
- acceso ampliado, que proporciona  $(nb + \Delta)$  canales, donde  $n \geq 2$ ; se está



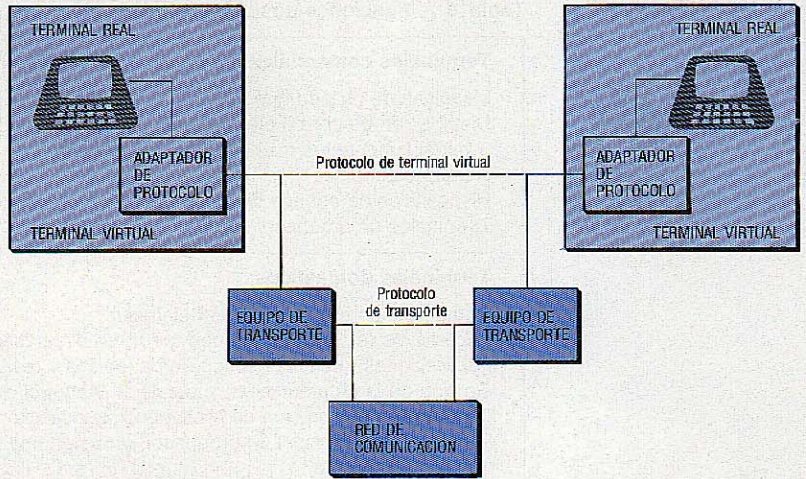
estudiando en particular la velocidad de  $144 \text{ kbit s}^{-1}$

- acceso de centralitas privadas automáticas (PABX).

**Terminales**

En el área de proceso de datos, y debido a la heterogeneidad que presentan las características de los terminales reales, se utiliza muy a menudo el concepto de terminal virtual. Un terminal virtual (Fig. 6) es un modelo que describe en forma abstracta las funciones lógicas que deben ser realizadas por los diferentes terminales reales, aun cuando la realización práctica sea distinta para cada uno de ellos; por tanto un terminal virtual será la conjunción de un terminal real y de un adaptador de protocolo. Para intercambiar información los terminales virtuales utilizan protocolos especializados, lográndose así la compatibilidad entre los terminales reales.

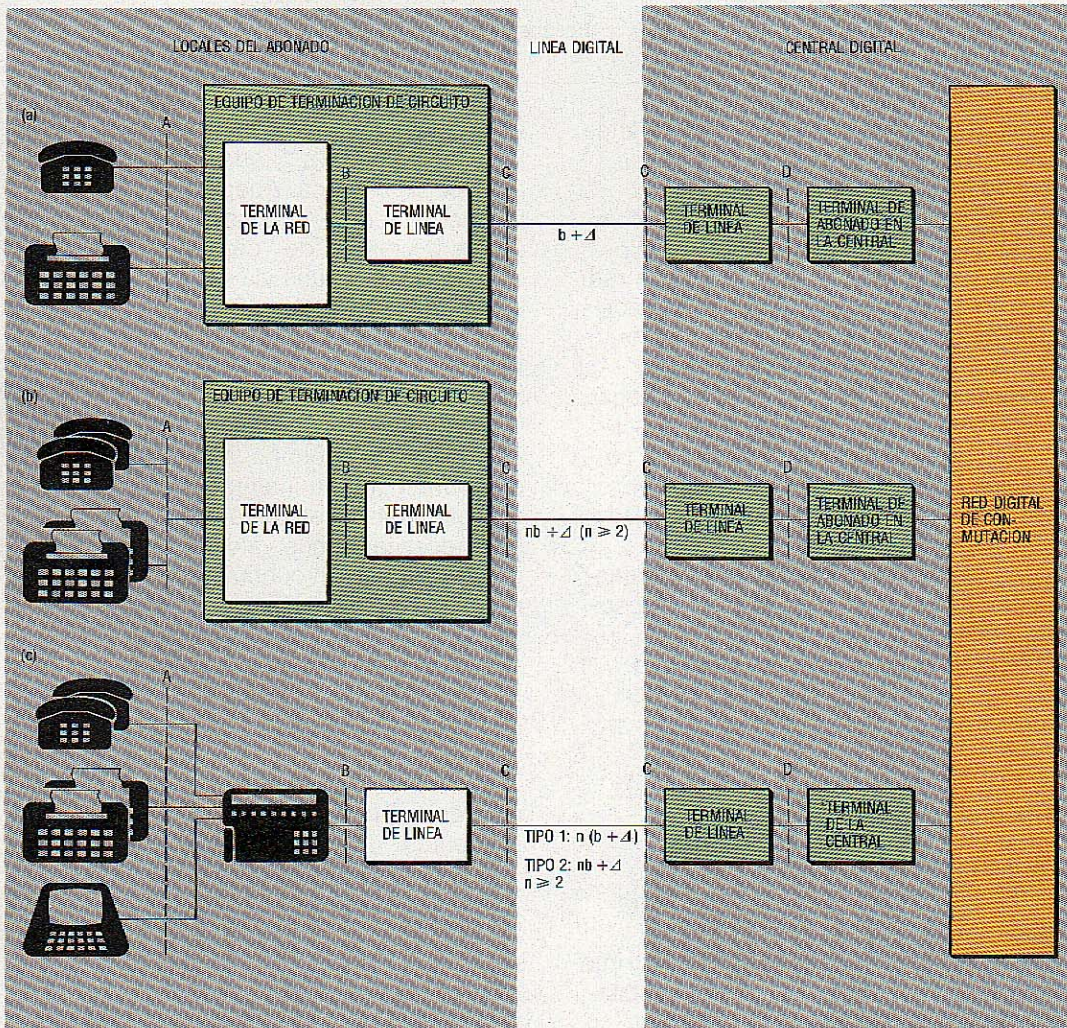
En general, se ha de considerar una amplia gama de terminales y de configuraciones<sup>5</sup>, incluyendo los aparatos normales de teléfono (analógicos y digitales) y los terminales para datos y otros servicios



**Figura 6**  
Protocolo de terminal virtual y estructura de red.

no telefónicos. En relación con la futura evolución de la red, dos terminales son de singular importancia: el teléfono digital y los terminales multiservicio.

En el pasado no hubo normalización de los aparatos de abonado analógicos debido a las grandes diferencias que preexistían en los distintos países. Afortunadamente y en contraste con lo anterior, ya se ha llegado a un acuerdo en el seno del CCITT<sup>6</sup> sobre los aparatos digitales



**Figura 5**  
Acceso del usuario digital en una central RDSI:  
(a) acceso básico,  
(b) acceso ampliado, y  
(c) acceso de centralita automática.



**Tabla 6 – Funciones posibles para los terminales multiservicio comerciales y domésticos**

<p><b>Terminales comerciales</b></p> <p>Máquinas de dictado que muestran los mensajes en una pantalla para revisión y correcciones                  Distribución de correo electrónico, con la posibilidad de inspeccionar los mensajes en una pantalla e imprimir solamente los más importantes                  Fichero electrónico                  Dispositivos de entrada de datos (teclados, explorador de imagen)                  Terminales de ordenador</p>
<p><b>Terminales domésticos</b></p> <p>Comunicación entre personas (telefonía)                  Recreativos (ej. juegos de video mediante el servicio videotex)                  Publicaciones: material del tipo de periódicos y revistas que puede imprimirse en el domicilio del usuario                  Gestión de la programación, supervisión y control de los electrodomésticos, así como de la planificación financiera, elaboración de presupuestos y cálculo de impuestos                  Educación: un terminal de ordenador junto con una unidad de visualización constituyen un servicio educativo muy potente                  Correspondencia: el servicio videotex con posibilidad de mensajes podría manejar una gran parte de la correspondencia usando teclados y terminales gráficos (terminales de facsímil o teleimpresores)                  Transacciones: aquí se incluyen las operaciones de reservas, compras y transferencias monetarias.</p>

**Tabla 7 – Fases de la llamada para los servicios de conmutación de circuitos, conmutación de mensajes y conmutación de paquetes**

Fases de la llamada	Tipo de servicio		
	Conmutación de circuitos	Conmutación de mensajes	Conmutación de paquetes
$\Phi_1$	Establecimiento del camino	Recepción del mensaje	Establecimiento del circuito virtual
$\Phi_2$	Retención del camino	Almacenamiento del mensaje	Encaminamiento del paquete desde la terminación entrante a la saliente
$\Phi_3$	Liberación del camino	Retransmisión del mensaje	Liberación del circuito virtual

futuros, definiendo funcionalmente la línea de abonado digital, desde el interfaz de abonado hacia este último.

Los aparatos de abonado digitales comprenderán dos partes esenciales: equipo terminal de abonado y terminación de red.

Las dos áreas más importantes de aplicación del terminal multiservicio, como terminal de un sistema de distribución de información, serán la oficina y el hogar.

En la tabla 6 se muestran algunas aplicaciones posibles para los terminales comerciales (excluyendo la comunicación de voz) y los terminales domésticos. De acuerdo con la aplicación concreta se pueden diseñar distintos tipos de terminales comerciales. Algunos pueden incluso ser portátiles.

Esta proliferación de servicios exige cada vez más capacidad de proceso en el terminal del usuario.

### Transmisión

La utilización de una misma línea de transmisión por más de un servicio, gracias a la técnica de multiplexación por división en el tiempo, será un hito próximo dentro de la evolución de las redes digitales (RDI). La velocidad de transmisión

en la mayoría de las conexiones de la RDSI será  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , que corresponde a la voz digitalizada. Además se mantendrá la independencia en la secuencia de bits (número ilimitado de "ceros" o "unos" consecutivos en una vía a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ ) y la integridad de los mismos (los bits recibidos son idénticos a los que se transmitieron), entre terminales de abonado.

Para aquellos servicios que requieran una velocidad inferior a la antes señalada, se podrá lograr su integración con la voz, utilizando  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para cada canal, aunque necesite menos velocidad. La capacidad en exceso se cubrirá con información redundante (repetición de bits o inserción de indicadores entre la información significativa). También puede usarse la multiplexación, aprovechándose así mejor el ancho de banda disponible cuando resulte económico.

Los usuarios conectados a la red RDSI pueden requerir los tipos de acceso siguientes:

- acceso especializado para un servicio particular
- acceso alternativo, posiblemente variando de llamada a llamada, a dos o más servicios



– acceso simultáneo a varios servicios independientes, usando un canal principal y un canal auxiliar.

La provisión de estos servicios requerirá una conexión digital hasta el domicilio del abonado que, en la mayoría de los casos, estará inicialmente limitada por las características del par de hilos usados ahora para el servicio telefónico<sup>7, 8</sup>.

Hay tres técnicas principales para la transmisión por un solo par de hilos entre la central y el abonado. La primera es la separación en el tiempo de cada dirección de transmisión (también conocida por los nombres de ping-pong y modo a ráfagas). El segundo método, separación de frecuencias (o separación del espectro del código), se obtiene mediante multiplexación (es decir, utilizando un código de línea con distintos espectros, lo que implica distintas frecuencias centrales). La tercera técnica consiste en una separación tipo híbrida, conseguida con una red de equilibrado con un valor de compromiso, una red de equilibrado autocontrolada, o una técnica de cancelación de eco autoadaptable. Existen algunas variantes de las técnicas indicadas, debiendo en cada caso determinar el código de línea más eficaz.

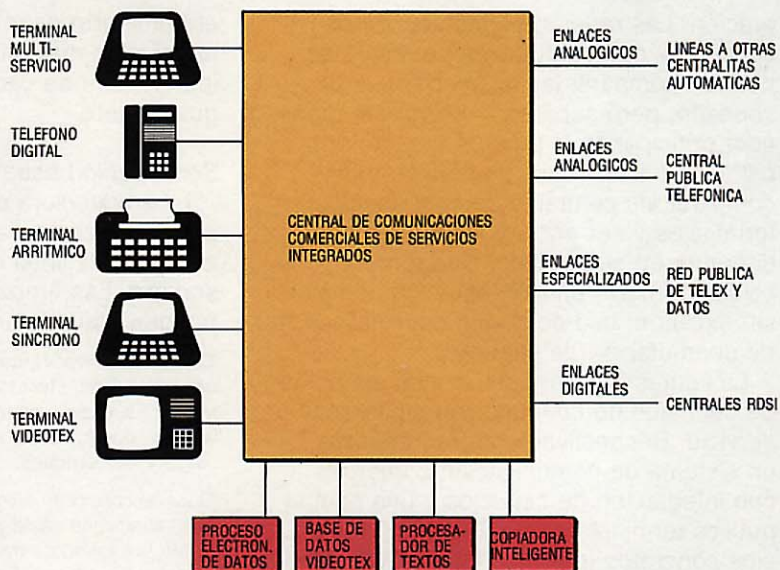
Es deseable que tengan alimentación remota los terminales de línea de abonado, los aparatos de teléfono digital, y las partes más importantes del circuito interfaz de la línea de abonado. Con objeto de minimizar el consumo, se prevé que los terminales de abonado necesiten dos niveles de alimentación, según su estado sea de reposo o de operación.

Al comienzo de cada llamada el aparato digital deberá realizar la sincronización de bits y la alineación de envoltorio de octeto, manteniéndose luego el sincronismo hasta el fin de la llamada.

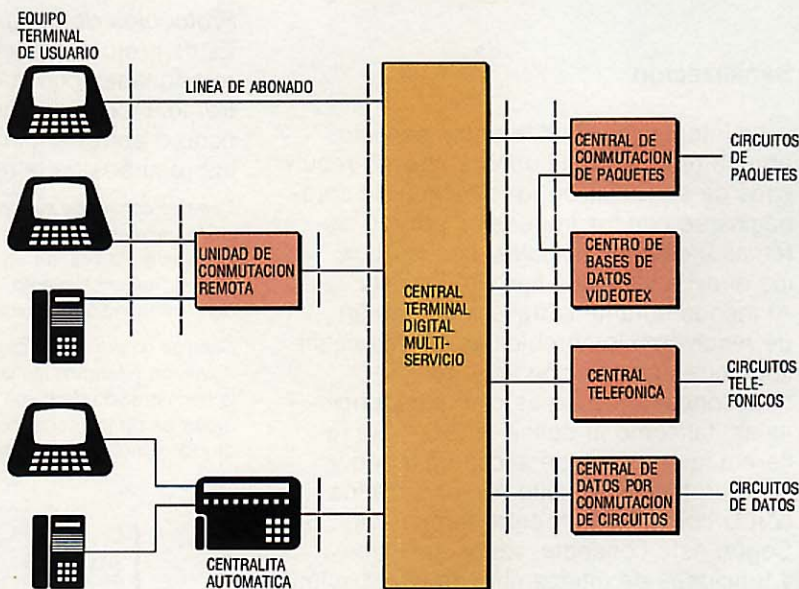
En áreas con densidad alta de usuarios, para centralitas, o cuando existan grandes distancias, podría ser ventajoso el uso de multiplexores de abonado y/o concentradores. En tales casos, y también cuando un abonado requiere acceso a un gran número de caminos digitales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , podría utilizarse la transmisión a 4 hilos, a  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$  ó  $704 \text{ kbit s}^{-1}$ . También puede resultar interesante la transmisión a 4 hilos para un solo abonado, en las primeras pruebas<sup>9</sup>.

### Conmutación

Fundamentalmente existen tres técnicas de conmutación utilizables por las centrales de la RDSI: conmutación de circuitos, de paquetes y de mensajes. En la conmutación de circuitos, la conexión establecida entre dos o más terminales utiliza en ex-



**Figura 7**  
Sistema de comunicación comercial en RDSI.



**Figura 8**  
Central terminal digital multiservicio.

clusiva el circuito de transmisión, hasta que se libere la conexión.

En la conmutación de paquetes, la información se transmite agrupada en paquetes con su correspondiente dirección. El canal de transmisión sólo se ocupa durante la transmisión de un paquete, y a partir de ese momento el canal está disponible para transmisiones entre otros terminales.

En la conmutación de mensajes, los mensajes completos son recibidos, almacenados, y retransmitidos tras el adecuado encaminamiento (y a veces conversión de formato) en cada centro de la red.

La tabla 7 muestra las fases básicas de la llamada para estos tres servicios.

Las redes pueden tener diferentes estructuras dependiendo de su nivel de inte-



gración. Las redes de conmutación de circuitos y de conmutación de paquetes pueden compartir las mismas líneas de abonado, pero separarse a nivel del reparador principal de la primera central terminal. Como alternativa, podrían también compartir las centrales de conmutación terminales y ser encaminadas en forma diferente en sus salidas. Una tercera posibilidad consiste en la integración completa, sin excluir el uso de nodos especializados de conmutación de paquetes.

La figuras 7 y 8 muestran dos ejemplos de centrales de conmutación digital multi-servicio. Respectivamente representan un sistema de comunicación comercial con integración de servicios y una central pública terminal de la RDSI<sup>10</sup>. Los servicios concretos (por ej., videotex y facsímil) accederán en general a la red como usuarios cuya clase está definida por el CCITT; los niveles más altos de protocolo determinarán cómo pueden comunicar los terminales entre sí.

### Señalización

La integración de diferentes servicios en una red común impondrá nuevos requisitos de señalización, que habrán de compaginarse con los impuestos por los sistemas y equipos actuales, con los que los nuevos servicios han de coexistir. Al menos durante la transición, habrán de resolverse los problemas de compatibilidad que esta relación impone.

El concepto de capas o niveles funcionales, tal como lo define la ISO<sup>11</sup>, se refiere a los enlaces de acceso a la red y a los protocolos de alto nivel asociados con la comunicación entre terminales. Según este concepto, varios servicios y funciones de intercambio de información se organizan en niveles, de tal forma que aquellas funciones capaces de independizarse, se puedan diseñar, llevar a la práctica y usar en forma separada. El término nivel o "capa" indica que la subdivisión se realiza de tal forma que un cierto nivel *n* proporciona un conjunto de servicios o facilidades al siguiente nivel *n* + 1, utilizando las funciones del nivel *n* y las facilidades del nivel anterior *n* - 1.

El objetivo es obtener una estructura en la que un cambio en cualquier nivel tenga un impacto mínimo en el resto de los niveles. El nivel más bajo es el interfaz físico con la red de comunicación.

El conjunto de niveles que muestra la figura 9 comprende: tres niveles superiores de servicio de usuario, orientados a la aplicación para la que se usa la comunicación, y cuatro niveles inferiores de servicio de transporte, orientados hacia

el transporte de información que requieren los niveles más altos. Las funciones más importantes de cada nivel se detallan seguidamente.

### Señalización usuario a red

La arquitectura en capas funcionales puede utilizarse para el interfaz de señalización de la línea de abonado digital multi-servicio. Las funciones de señalización pueden estructurarse en tres niveles:

*Capa física (nivel 1)*, que proporciona las características mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento necesarias para establecer, mantener y liberar las conexiones físicas entre el equipo de terminación (CTE) y las centrales.

*Capa de control de enlace (nivel 2)*, que proporciona una transmisión fiable en un enlace de datos, incluyendo la gestión de tramas, control del flujo de datos en el enlace y los procedimientos de iniciación y liberación del enlace.

*Capa de control de red (nivel 3)*, que aporta el control necesario para el establecimiento y liberación de llamadas a través de los nodos de conmutación.

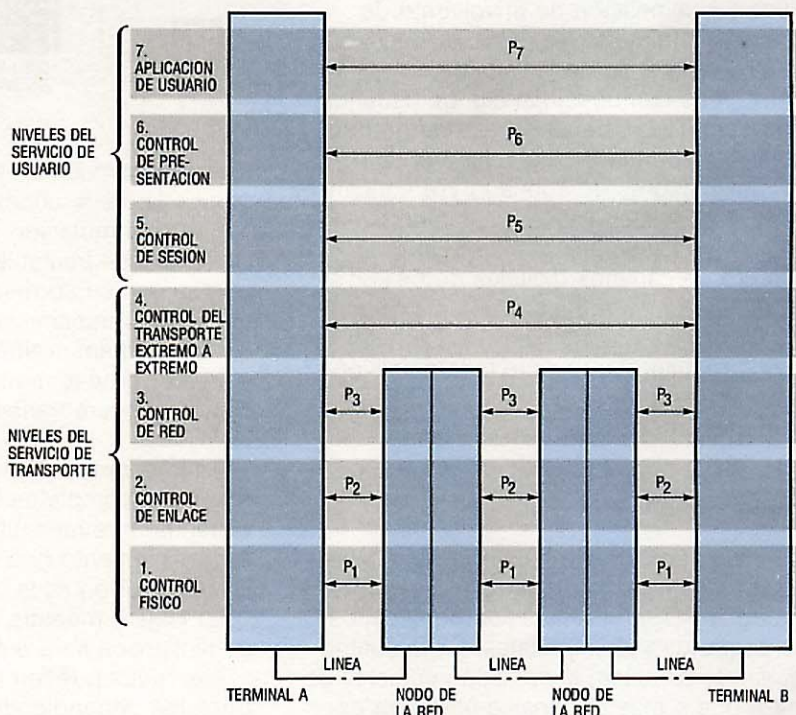
### Protocolos de usuario a usuario

Estos protocolos definen las funciones relacionadas con la comunicación de extremo a extremo entre terminales de abonado o entre terminales de abonado y los recursos de la red:

*Capa de control de transporte (nivel 4)*, que proporciona señales de control de extremo a extremo, a través de la red, de un terminal de usuario a otro (por ej., reconocimiento, de extremo a extremo, de la información recibida).

*Capa de control de sesión (nivel 5)*, que establece, mantiene y termina las conexiones lógicas para la transferencia de datos entre procesos. Algunos ejemplos de los servicios de este nivel son: control de diálogo (simplex, semidúplex, dúplex), control

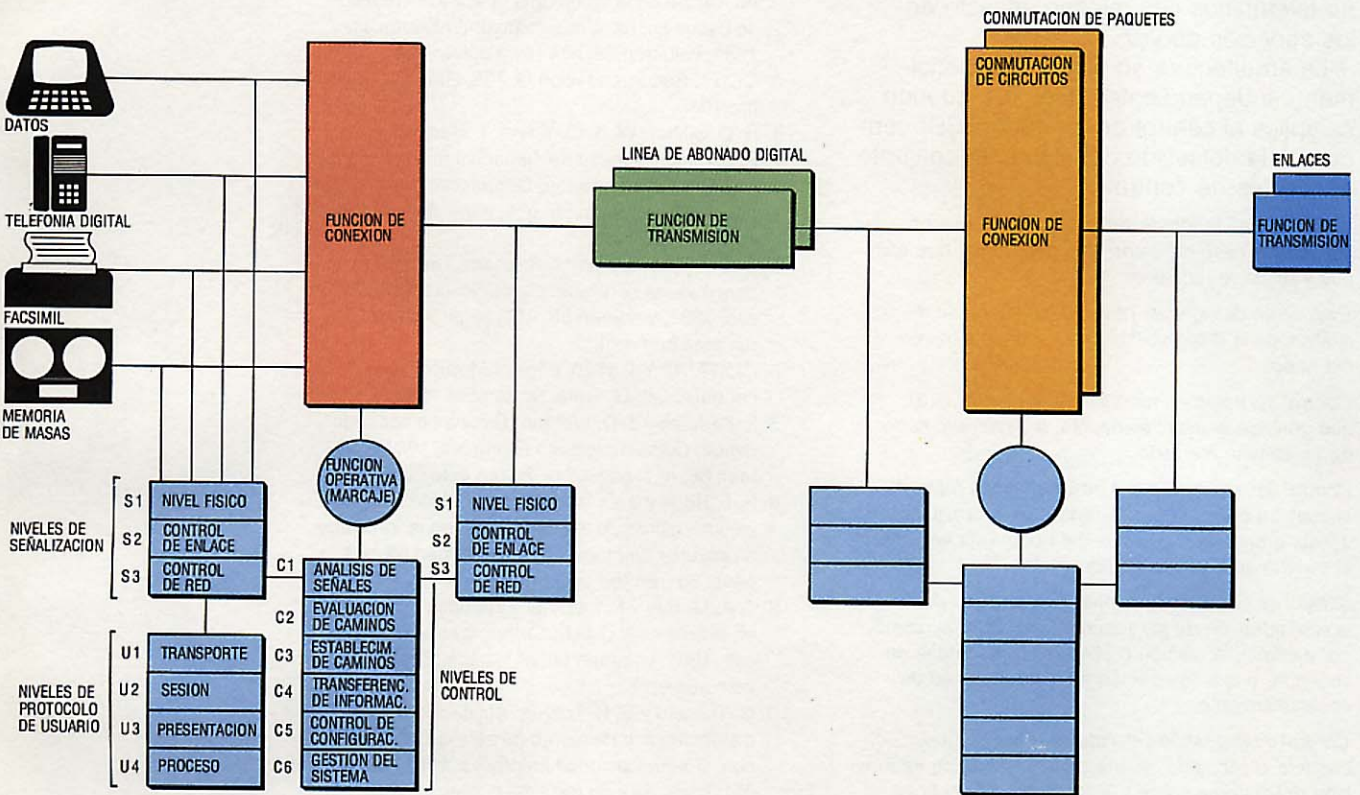
**Figura 9**  
Arquitectura en niveles funcionales de un proceso de comunicación.





TERMINAL MULTISERVICIO RDSI

CENTRAL RDSI



del flujo de las unidades de mensaje, segmentación de las unidades de datos de mensaje.

*Capa de control de la presentación (nivel 6),* la cual proporciona los formatos de los datos e información adicional, si se necesita. Algunos ejemplos de los servicios de este nivel son: traducción de los datos, codificaciones y decodificaciones, traducción de las instrucciones para los terminales virtuales; estos servicios incluyen la presentación general de la información (pantalla, página, línea) y su formación (cabecera, fila, columna).

*Capa de aplicación (nivel 7),* que en definitiva es el origen y el destino de los datos. En general, consiste en servicios que procesan datos (normalmente los datos se combinan, convierten, calculan y procesan para crear nuevos datos). Ejemplos de aplicaciones son el uso interactivo para un ordenador para la reserva de billetes, operaciones bancarias en tiempo real, etc.

**Señalización entre centrales**

Con objeto de lograr manejar la amplia gama de información de señalización que se requiere en los servicios de voz y datos, se ha definido específicamente el sistema de señalización por canal común CCITT nº 7. Su estructura está constituida por una parte de "transferencia de mensaje", independiente del servicio, y una "parte de usuario", que estará relacionada con los procedimientos requeridos por cada servicio concreto (por ej., una parte de usuario telefónico, y una parte de usuario de datos). Para el caso de servicios de conmutación de paquetes, el CCITT ha recomendado el protocolo X.75. En general, se está considerando para las

RDSI el protocolo de transporte por tramas<sup>12</sup>, ya que este método es apropiado tanto para la conmutación de circuitos como para la de paquetes.

**Control**

El control completamente distribuido y la estructuración en niveles funcionales se están destacando como técnicas básicas en el control de una red digital de servicios integrados.

Con el control totalmente distribuido se consigue una enorme capacidad de proceso, lo cual permite superar las limitaciones que en este sentido tenían los sistemas anteriores. Por otra parte, gracias a dicha técnica se pueden aislar unas funciones de otras, lo que asegura el nivel de calidad de las prestaciones y simplifica la introducción de nuevos servicios. La realización práctica del control totalmente distribuido implica una red de conmutación controlada desde un gran número de elementos de control, que acceden a las terminaciones de dicha red; la estructura de la programación debe permitir la cooperación de un gran número de microprocesadores autónomos en el tratamiento de las funciones de control de la central. El aislamiento físico de cada elemento de control respecto a los demás, permitirá la evolución hacia una estructura final en la que habrá un microprocesador por línea,

**Figura 10**  
Estructura funcional lógica de un terminal multiservicio y de una central RDSI.



capaz de atender a terminales de servicios no telefónicos con mínimo impacto en los servicios de voz.

La arquitectura en niveles funcionalmente independientes (Fig. 10), cuando se aplica al control de un nodo RSDI conduce a la definición del siguiente conjunto de niveles de control<sup>13</sup>:

*Análisis y validación de señales (nivel 1)*, que proporciona la base de datos para determinar qué caminos y rutas se requieren.

*Evaluación de caminos (nivel 2)*, que controla el análisis de la disponibilidad de caminos a través del nodo.

*Control del establecimiento de caminos (nivel 3)*, que controla el establecimiento, a través del nodo, de un camino marcado.

*Control de la transferencia de información (nivel 4)*, el cual supervisa la transferencia de información desde la entrada a la salida del nodo, una vez que el camino se ha establecido.

*Control de configuración (nivel 5)*, donde se controla la configuración de los recursos del sistema, como, por ejemplo, la adición o eliminación de líneas de abonado, o la actualización de la información de encaminamiento.

*Control de la gestión del sistema (nivel 6)*, que controla la recogida, el análisis y la salida de información del sistema sobre tráfico, tarificación y tipos de fallos.

## Conclusiones

Los artículos siguientes describen algunos de los desarrollos emprendidos por los laboratorios europeos de ITT, dentro del amplio campo de la comunicación digital de servicios integrados. Este esfuerzo continuo puede clasificarse en cuatro áreas principales:

- planificación de sistemas, incluyendo una contribución activa a la normalización internacional
- modelos de laboratorio, para estudios de factibilidad
- pruebas de campo, para ganar experiencia operacional
- realización práctica de sistemas, actualmente en la etapa de especificación y diseño de alto nivel.

Todo ello asegura que los sistemas de telecomunicación de ITT actualmente en desarrollo, han previsto los requisitos futuros de las redes digitales de servicios integrados.

## Referencias

1 E. A. Smith, W. A. G. Walsh y M. J. Willson: Impacto de los servicios no telefónicos en la evolución de la red; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 17-30 (en este número).

2 J. Dupieux, C. Kao, H. Ohnsorge y P. Radley: Aplicación de la tecnología óptica a las redes de banda ancha; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 4 (será publicado).

3 CCITT, Recomendación G. 705, Ginebra, noviembre 1980.

4 R. C. Slatter, W. A. G. Walsh, F. Kaderali y P. Schmidt: Acceso del usuario a una red digital de servicios integrados; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 31-43 (en este número).

5 B. Cramer y H. J. Winterbotham: Terminales para nuevos servicios; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 97-102 (en este número).

6 CCITT, AP VII, nº 26, págs. 194 (Interfaces de la central local), Ginebra, noviembre 1980.

7 F. Kaderali y J. D. Weston: Bucles de abonado digital; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 71-79 (en este número).

8 R. F. Rous y J. D. Weston: Evaluación de las características de los cables de abonado; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 80-86 (en este número).

9 J. A. Murray y F. Kaderali: Pruebas de campo en el área local digital; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 87-96 (en este número).

10 G. Toluoso y S. R. Treves: Aplicación del control distribuido al tratamiento de servicios no telefónicos; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 44-56 (en este número).

11 ISO/TC 97/SC 116, nº 227: Reference Model of Open System Architecture, agosto 1979.

12 C. R. Carter, M. J. Collard, M. J. Hillyard, W. A. G. Walsh y J. Serrano Hernández: Métodos de transporte para redes digitales de servicios integrados; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 57-70 (en este número).

13 R. V. Latin y R. C. Slatter: Telecommunication Network Architecture; *Computer Communication*, febrero 1980.

**Gerard Robin** nació en París en 1933. En 1955 obtuvo el grado de ingeniero en la Ecole Centrale des Arts et Manufactures, en 1956 consiguió un grado MS en el California Institute of Technology y en 1959 un diploma del Business Administration Institute en París. Entró a formar parte de LCT en 1970 y trabajó en el desarrollo de centralitas automáticas de estado sólido. Desde 1974 ha trabajado en la planificación de redes digitales integradas. Actualmente es coordinador europeo de los estudios sobre redes de servicios integrados.

**Sergio R. Treves** nació en Turín, Italia, en 1936 y se graduó en el Politécnico de aquella ciudad en 1960. Ese mismo año comenzó a trabajar en ITT Federal Laboratories, Nutley, EE.UU., en un proyecto de conmutación militar. Desde 1962 a 1963 trabajó en CGCT, París, en tarificación y registro de llamadas, y posteriormente en FACE-Standard Milán en transmisión MIC, conmutación electrónica y en el sistema CCITT nº 6. Fue jefe de proyecto de un sistema ITT MIC-IST (conmutación y transmisión integradas) para redes locales, desde 1969 a 1971. En 1972 fue nombrado director científico de electrónica en FACE-Standard y en 1977, director técnico del grupo FACE. El Sr. Treves es profesor de comunicaciones eléctricas desde 1968, y desde 1969 enseña conmutación y tráfico telefónico en el Politécnico de Turín.



# Impacto de los servicios no telefónicos en la evolución de la red

La red digital de servicios integrados (RDSI) conceptualmente es un paso hacia las redes de información, diseñadas para satisfacer las necesidades de telecomunicación de la sociedad informatizada de las próximas décadas.

## E. A. Smith

Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S. A., Madrid, España

## W. A. G. Walsh

## M. J. Willson

Standard Telecommunication Laboratories Limited, Harlow, Inglaterra

## Introducción

La tecnología de la información es la combinación de la ciencia, la tecnología y la ingeniería con las técnicas de gestión usadas en el manejo y proceso de la información. Sus aplicaciones, el uso de ordenadores y la interacción hombre-máquina, hacen que dicha tecnología desempeñe un papel cada vez más importante en los asuntos sociales, económicos y culturales de nuestra vida diaria.

Ello implica la necesidad creciente de un acceso fácil a los servicios de información, que a su vez generará un movimiento libre de mayores volúmenes de información. La clave está en preparar una infraestructura adecuada de telecomunicación: la red digital de servicios integrados (RDSI), armazón sobre el que pueden desarrollarse las facilidades de telecomunicación necesarias. Dicha red se basa en la RDI (red digital integrada), red telefónica digitalizada que llegará a ofrecer canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  de extremo a extremo entre abonados. Cada canal puede considerarse como un flujo de bitios de uso general, que preserva la independencia en la secuencia de los bitios, así como su integridad, entre los terminales de usuarios. Los canales pueden usarse para voz, datos y para una amplia variedad de otros servicios. El objetivo es llegar a disponer de una "red de servicios" de uso general.

Para hacer realidad el potencial completo de los nuevos servicios habrán de aumentarse las posibilidades de control y señalización entre los usuarios y la red. Se requerirán nuevos interfaces y procesos de comunicación para interpretar el repertorio ampliado de señalización de los usuarios. Muchos servicios exigirán el desplazamiento de extremo a extremo, entre

los terminales de abonado, de las señales de control, sin ninguna interpretación por parte de la red.

La red debe ser capaz de evolucionar fácilmente para asimilar los cambios tecnológicos y los servicios nuevos o ampliados. Tendrá que incorporar nuevos medios de transmisión, como redes de satélites y sistemas de fibra óptica. En la etapa inicial tendrá que interconectar la RDI básica y una amplia variedad de redes de datos: por ejemplo, redes de datos con conmutación de circuitos y de paquetes, datel, télex y otras variantes de redes privadas (tabla 1).

Las conexiones con las centralitas privadas automáticas requieren una consideración especial. Las instalaciones mayores constituirán un microcosmos autocontenido de nuevos servicios para el usuario empresarial que requiere comunicarse a nivel de la organización; los sistemas más pequeños necesitarán un acceso inmediato a las facilidades avanzadas de la red pública.

Las posibilidades propias de la RDSI pueden introducirse en nodos digitales que, o bien están concentrados en determinadas áreas de la red (islas), o bien

Tabla 1 - Servicios

Servicios existentes	Servicios nuevos o mejorados
Voz	Datel <sup>1</sup>
Datel	Videotex <sup>2</sup>
Télex/mensajes	Teletex <sup>3</sup>
Teleproceso	Facsimil <sup>4</sup>
Facsimil	Telemetría <sup>5</sup>
Telemetría	Alarmas <sup>6</sup>
Alarmas	

Notas: 1-6 Servicios no telefónicos.

2-3 Servicios nuevos.

4-6 Servicios mejorados

3 El télex está incluido en el teletex.







de la red", teniendo protocolos de acceso definidos para cada red particular que pueda admitirlos. El interfuncionamiento entre redes es esencial, y por ello están en estudio las características de los puntos de entrada de los servicios. La comunicación entre los terminales será del tipo de memoria a memoria, permitiendo así a los usuarios elegir los periodos de transmisión óptimos según la tarifa. Estas posibilidades hacen que el predecir las distribuciones de tráfico sea un arte, aún más aquí que en telefonía, y que, suponiendo que las necesidades de los usuarios se dimensionan correctamente, el porcentaje de llamadas completadas sea mayor en este caso.

Los servicios existentes de télex, alarmas y telemetría pueden mejorarse en calidad, eficiencia y facilidades, al utilizar las técnicas digitales. De este modo complementarán a los nuevos servicios, como el videotex y el teletex.

Basándose en la gama de servicios no telefónicos, aparece un campo mucho más amplio de aplicaciones, las cuales corresponderán a requisitos concretos empresariales o personales (tabla 2). Tam-

bién se pueden combinar los servicios para cubrir aplicaciones más complejas (por ejemplo, teletex y facsímil en la automatización de oficinas).

### Características

Las diferencias entre las características del servicio telefónico y de los no telefónicos influirán en el desarrollo de la red, en su evolución desde RDI hasta RDSI total. Debido a la dificultad de determinar las características y de estimar el volumen de todos los posibles servicios futuros en una situación de red tan dinámica, es vital la flexibilidad. Resulta útil agrupar las características en tres categorías: tráfico, calidad de prestaciones y propiedades de red.

### Tráfico

Aunque se hayan identificado ya varios servicios no telefónicos, sólo se tiene experiencia en el tráfico asociado con el proceso de datos. Destacan claramente dos tipos: ráfagas cortas de información agrupadas desde fuentes comunes a los

**Tabla 2 - Aplicaciones de los servicios**

Sectores de actividad	Aplicaciones
Educación	Instrucción escolar ayudada por ordenador Tutoría por ordenador Escuela por correspondencia Cursos nocturnos para adultos
Negocios dirigidos desde el hogar	Persona a persona (trabajo pagado, realizado en el propio domicilio) Reuniones con ayuda de ordenador Servicios bancarios Acceso a los ficheros de la compañía
Acceso a información general	Periódicos de tipo general Periódicos especializados Información legal Acceso a bibliotecas Calendario y citas Oficina meteorológica Índice para todos los servicios Viajes en autobús, tren y avión
Compras	Transacciones no monetarias Información de la Asociación de Consumidores Transacciones de compras (por catálogo) Información sobre listas de precios y pedidos Información sobre ventas especiales
Entretenimiento	Obras de teatro y películas, de bibliotecas de video Acontecimientos pasados y futuros Restaurantes Juegos
Comunicación persona a persona	Correo y mensajes domésticos Correo de masas, publicidad directa Servicio de respuesta Servicio de secretariado Registro de mensajes



servicios de transacciones e interactivos, y transferencias de ficheros de gran volumen entre ordenadores.

El tráfico no telefónico puede a grandes rasgos dividirse en: tráfico documental, interactivo y por lotes. El tráfico documental cubre los sistemas convencionales de transferencia de mensajes (télex) y los nuevos sistemas (teletex y facsímil). Los tráficos interactivo y por lotes están asociados con sistemas de ordenador, el primero basado en transacciones y el segundo en lotes; se encuentran ambos tipos en los servicios de proceso de datos y en el videotex. Uno y otro tráfico pueden describirse por su tasa de llamadas, tiempo de retención (o transacción), número de mensajes por transacción y longitud de los mensajes (tablas 3 y 4).

**Calidad de prestaciones**

La verdadera medida de la eficiencia de la red la da la calidad del servicio que ella suministra y ofrece al usuario. La base para determinar dicha calidad se compone de cuatro factores principales: tiempo de establecimiento, tiempo de respuesta, seguridad y ausencia de corrupción en la información. En la tabla 5 se dan más detalles. Debe observarse que cuando un servicio viene dado por la combinación del acceso de red y sistemas periféricos (por ej. el videotex), aquellos parámetros deben dividirse entre las partes que lo constituyen.

En el servicio telefónico, la aplicación principal consiste en el intercambio de vocablos entre dos abonados y el nivel

aceptable de calidad se determina por apreciaciones cualitativas y cuantitativas. Los servicios no telefónicos, en general, están orientados hacia la máquina e implican proceso directo o aplicaciones visuales. Ello permite una medida más directa del éxito de las llamadas, pero reduce la tolerancia a la degradación. Además, en muchos casos las características de tráfico difieren considerablemente de las del servicio telefónico, con lo que valores de calidad que serían adecuados para éste, representan un uso ineficaz de los recursos de red y de la planta periférica de proceso del usuario. Por todo ello es deseable fijar valores más exigentes para los parámetros de calidad. Por ejemplo, reducir los tiempos de establecimiento de llamadas y de liberación, mejorar la tasa de errores, reducir la frecuencia de los fallos del equipo y aumentar la velocidad de reacción ante esos fallos.

Los distintos servicios difieren en su sensibilidad al número y a la distribución de los errores introducidos por la red en las conexiones. La red integrada debería tener un nivel de error intrínseco suficientemente bueno para conseguir en la mayoría de las aplicaciones una calidad adecuada, sin incurrir en una penalización de coste inaceptable. La Recomendación del CCITT G.821 da como objetivo provisional de nivel de errores, en una conexión internacional, un valor menor de 1 en 10<sup>6</sup> para el 90% del tiempo, con muy poca probabilidad de que ocurran grupos de errores sucesivos. Los procedimientos de control de cada servicio pueden ofrecer

**Tabla 3 - Perfiles de tráfico de los usuarios de datos**

Tipo de terminal	Parque de terminales (%)	Longitud del mensaje (bitios)		Mensajes/transacción	Duración media de transmisión (segundos)	Tasa de llamadas (transmisiones por terminal y día)
		T-O	O-T			
Teclado/impresora	13.8	695	3152	3.12	73	175
Visualizador	59.3	1119	3011	3.11	54	236
Por lotes remoto	14.7	2510	10225	3.06	70	233
Otros	12.2	—	—	—	—	—
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>1407</b>	<b>4774</b>	<b>3.08</b>	<b>60</b>	<b>214</b>

Notas: Informe 1 de Eurodata. Comunicaciones de datos en Europa occidental 1979-1987.

T-O: de terminal a ordenador  
O-T: de ordenador a terminal

**Tabla 4 - Perfiles de los usuarios de nuevos servicios**

Tipo de servicio	Pantallas/páginas por día	Llamadas por día	Llamadas por hora	Docs por llamada	Pantallas/páginas A4 por llamada	Bitios por página y llamada
Facsímil rápido 48 kbit s <sup>-1</sup>	50-100	25-50	4-6	1	2	260 kbit
Otro facsímil	5-10	3-5	0.5-0.6	1	2	260 kbit
Teletex	4-8	4-8	1-3	1	1	30 kbit
Videotex	10-25	2-5	0.5-2	—	5	50 kbit



**Tabla 5 - Algunos valores típicos relativos a la calidad de prestaciones de una central para datos**

<b>Grado de servicio</b>	
Bloqueo	$1 \times 10^{-3}$
<b>Calidad de servicio</b>	
Liberación prematura	$1 \times 10^{-6}$ (llamadas)
Encaminamiento erróneo	$5 \times 10^{-4}$ (llamadas)
Liberación por corrupción de datos	$5 \times 10^{-4}$ (llamadas)
<b>Disponibilidad</b>	
% tiempo de funcionamiento de la central (fallo total del sistema, FTS)	99.9995%, FTS menos de 10 minutos
Tasa de fallos (MTBF)	100 años
Mantenibilidad de la central (MTTR)	0,5 horas
<b>Calidad en transmisión</b>	
Tasa de errores de la central	$1 \times 10^{-9}$
<b>Calidad de la central</b>	
Establecimiento de llamadas	1 s (600 bit s <sup>-1</sup> y arritmico)
	100 ms ( $\leq 2400$ bit s <sup>-1</sup> )
Liberación de llamadas	100 ms

Nota 1:  
La normalización y las definiciones de estos parámetros (para datos y RDSI) aún están pendientes de los Grupos de estudio VII, XI y XVIII del CCITT.

una protección todavía mayor: en el caso del teletex la tasa de errores resultante no excederá de 1 en  $10^6$  caracteres.

#### **Propiedades de red**

Los terminales de los servicios no telefónicos tienen un amplio margen de velocidades de transmisión, en contraste con la velocidad única de 64 kbit s<sup>-1</sup> de la red telefónica digital. En algunos casos un servicio se identifica con una o dos velocidades (télex, 50 baudios; teletex, 2400 bit s<sup>-1</sup>; videotex, 1200/2400 bit s<sup>-1</sup> y 75 bit s<sup>-1</sup>); en otros casos se utilizan varias velocidades diferentes (teleproceso, 300 a 48000 bit s<sup>-1</sup>). Es de esperar que todos los servicios nuevos estén incluidos en las clases de usuario del CCITT (CU 1 a 11, tabla 6), con la excepción de los servicios de banda ancha.

El área cubierta por una red viene dada por la ubicación geográfica de los usuarios y determina su tamaño físico. Los flujos direccionales del tráfico están definidos por la comunidad de intereses, pudiendo ésta corresponder a un servicio específico o ser debida a requisitos regionales. La penetración del servicio depende del número de sus usuarios y del tamaño de la red (véase la tabla 7).

Por todo ello, las informaciones que mejor describen una red en términos físicos son: velocidad y ubicación de los usuarios, comunidad de intereses y penetración del servicio.

#### **Consideraciones sobre la red**

Para estudiar los requisitos de una red, se establece un marco que considere

la situación actual y la manera en que ésta puede evolucionar con eficacia durante la fase de transición hasta el objetivo final de la red RDSI.

En la situación presente existen redes telefónicas analógicas completamente desarrolladas que ofrecen datel y, en algunos casos, realizaciones iniciales de videotex. Además existen redes télex con desarrollo total (principalmente analógicas) y una gama de redes de datos para teleproceso y servicios similares, con acceso local, en algunos casos, a través de la red telefónica analógica. Finalmente, hay algunas redes RDI en desarrollo que llevan datel.

Durante la fase de transición estas redes seguirán existiendo, pero su importancia relativa cambiará conforme se desarrollan las redes RDI y reemplazan a las analógicas. El enriquecimiento de una RDI con las posibilidades RDSI permitiría a la red integrada ofrecer videotex, teletex y todos los demás servicios. También algunas redes de datos se están adecuando para aceptar estos servicios, posiblemente con acceso a través de centrales locales RDSI.

La meta final — una red universal, multi-servicio, con total integración de servicios — se vislumbra a largo plazo. Es aún muy pronto para definir exactamente cómo y cuándo se logrará. La realización de este proceso requerirá una línea específica en el desarrollo de la red RDI, relacionada con las adiciones necesarias para darle las posibilidades de la RDSI y para mantener una operación concertada con las redes de datos.



**Tabla 6 - Clases de usuario del CCITT para los servicios de la red pública de datos**

Clase de usuario	Velocidad de los datos/ estructura de código	Selección de dirección y señales para el progreso de la llamada
1	300 bit s <sup>-1</sup> asíncrono 11 unidades/carácter	300 bit s <sup>-1</sup> , IA 5 11 unidades/carácter
2	50 bit s <sup>-1</sup> asíncrono 7,5 unidades/carácter 100 bit s <sup>-1</sup> asíncrono 7,5 unidades/carácter 110 bit s <sup>-1</sup> asíncrono 11 unidades/carácter 134,5 bit s <sup>-1</sup> asíncrono 9 unidades/carácter 200 bit s <sup>-1</sup> asíncrono 11 unidades/carácter	200 bit s <sup>-1</sup> , IA 5 11 unidades/carácter
3	600 bit s <sup>-1</sup> síncrono	600 bit s <sup>-1</sup> , IA 5
4	2400 bit s <sup>-1</sup> síncrono	2400 bit s <sup>-1</sup> , IA 5
5	4800 bit s <sup>-1</sup> síncrono	4800 bit s <sup>-1</sup> , IA 5
6	9600 bit s <sup>-1</sup> síncrono	9600 bit s <sup>-1</sup> , IA 5
7	48000 bit s <sup>-1</sup> síncrono	48000 bit s <sup>-1</sup> , IA 5
8	2400 bit s <sup>-1</sup> paquetes	2400 bit s <sup>-1</sup>
9	4800 bit s <sup>-1</sup> paquetes	4800 bit s <sup>-1</sup>
10	9600 bit s <sup>-1</sup> paquetes	9600 bit s <sup>-1</sup>
11	48000 bit s <sup>-1</sup> paquetes	48000 bit s <sup>-1</sup>

Notas:

1. Referencia: Libro naranja del CCITT, Volumen VIII/2 Rec. XI (1977)
2. IA 5 - Alfabeto internacional n° 5.

**Tabla 7 - Un modelo de penetración de usuarios para nuevos servicios y aplicaciones**

Tipo de terminal	Penetración relativa	Existente/nuevo	Ejemplo
Teléfono estándar	1	Existente	Voz
Teléfono inteligente	0,15	Nuevo	Operaciones bancarias desde el propio domicilio
Teléfonos con visualizador	0,15	Nuevo	Gráficos interactivos
TV de exploración lenta	0,15	Nuevo	Compras desde el propio domicilio
Facsimil	0,0025	Existente/nuevo	Correo electrónico
Otros	0,11	Existente/nuevo	

Información usada: Bell Telephone Laboratory Study, Allanta 1977<sup>2</sup>.

**Desarrollo de la red digital**

El servicio básico de la red RDI es el de voz; la introducción de la operación digital en el entorno actual de red analógica se basa en sus ventajas económicas y de calidad. Esta red digital debe constituir la base para integrar los servicios no telefónicos, a partir de la cual y mediante enriquecimientos progresivos se podrá llegar a las últimas posibilidades de la red RDSI. Con objeto de simplificar el análisis de la evolución, se divide la red en tres áreas principales: centrales de conmutación, transmisión y área local (Fig. 2).

**Centrales de conmutación**

Las centrales digitales se basan en la transmisión síncrona a 64 kbit s<sup>-1</sup>, con la información agrupada en octetos y usando conmutación de circuito. La gama de aplicaciones cubre las centrales local, tándem e interurbana, según la red. Con las centrales locales también pueden asociarse concentradores y unidades remotas

de conmutación. La conversión de las señales analógicas de la voz del abonado a la forma digital se realiza en la central local o mediante equipo remoto asociado. La señalización de abonado actualmente utiliza los métodos telefónicos, pero está en estudio una señalización más potente para el área local digital. Se recomienda la señalización por canal común CCITT n° 7 para enlaces digitales entre centrales, específicamente en la parte de usuario telefónico.

Los servicios no telefónicos, por su propia naturaleza, son digitales desde el terminal del usuario. Sus velocidades cubren un amplio margen, con transmisión asíncrona o síncrona y la información agrupada en caracteres, envolventes o tramas. La conmutación de circuitos, en la que una conexión retiene su camino físico a través de la red durante toda la llamada, es adecuada para la mayoría de los servicios no telefónicos, en particular para los que han de transmitir en modo síncrono un gran número de bits. La



conmutación de paquetes es también capaz de transportar todo tipo de información aunque, al operar en modo almacenamiento-retransmisión y asignar camino sólo durante la propia transmisión de los datos, se considera en general más adecuada para el tráfico interactivo.

En todos los casos el terminal de usuario se conecta a la red a través del equipo de terminación del circuito de datos o su equivalente. Se han definido recomendaciones por el CCITT sobre los requisitos de interfaz de la conmutación de circuito y de paquetes y sobre las velocidades de datos de los terminales que pueden conectarse a las redes. Dichas velocidades están definidas por las clases de usuario (tabla 6). El interfaz y consecuentemente la señalización en el área local, para las clases de usuario 1 y 2, y 3 a 7 están definidos por las Recomendaciones X.20 y X.21 del CCITT, respectivamente, y para las clases de usuario 8 a 11 por la Recomendación X.25. Si estos diferentes requisitos se trasladan a la red RDSI será necesario desarrollar distintos interfaces en la central. Se está investigando un método de transporte\* único basado en tramas, que se describe en otro artículo de este número<sup>7</sup>; esto simplificará el problema del interfaz y posibilitará el tratamiento similar de todas las clases de usuario.

Para transportar la señalización generada y requerida por los terminales no telefónicos se utiliza entre las centrales digitales un canal separado, con un sistema de señalización basado en mensajes (CCITT nº 7). La parte de usuario de datos de este sistema está definida en la Recomendación X.61 del CCITT.

Las diferencias más importantes entre señalización telefónica y no telefónica están en el repertorio de instrucciones y peticiones adicionales al establecimiento básico de las llamadas. Los tiempos de respuesta a ciertos eventos de señalización pueden ser extremadamente cortos para los datos (por ejemplo, 10 ms en una central de tránsito, en respuesta a un mensaje de "conexión de llamada"), imponiendo fuertes exigencias sobre el control del conmutador.

La señalización por canal común CCITT nº 7 se aplica entre centrales en la operación de servicios integrados, específicamente la parte de usuario de datos relacionada con el sistema de señalización CCITT X.61.

A pesar de los diferentes requisitos de los servicios telefónicos y no telefóni-

cos, es factible plantearse la integración de servicios a nivel de central, dada la compatibilidad de la conmutación de circuitos para la voz y para los datos síncronos y asíncronos. La central deberá disponer de interfaces especiales eléctricos y de señalización para el acceso de los abonados. Actualmente hay una serie de interfaces posibles, pero los estudios sobre el tema indican que podrían unificarse. El uso de señalización por canal común y transmisión MIC simplifica las terminaciones del lado de los enlaces al mantener el interfaz MIC estándar de  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$ . Por otra parte, en alguna aplicación de acceso a red de datos puede requerirse un único interfaz de enlaces de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ .

La transmisión y el tratamiento dentro de la central de los caracteres y envolventes de datos necesitarán ser compatibles con la operación interna de la voz digitalizada. La economía en la transmisión por los enlaces requerirá probablemente la submultiplexación de las velocidades de datos más bajas en un portador a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , en particular para las distancias largas. Es muy factible prestar todos los tipos de facilidades de usuario y de administración dentro de la misma central de conmutación integrada, o bien complementar a las redes de datos especiales en los casos en que el acceso se haga mediante centrales RDSI locales.

Con la actual tecnología de conmutación digital es posible una solución cuasi-conmutada para la operación de paquetes, a base de acceder por conmutación de circuitos a una red de paquetes existente o a un periférico ubicado en el mismo equipo, que contendría el conmutador de paquetes y las facilidades del servicio. Es aún demasiado pronto para evaluar con exactitud los sistemas de conmutación híbridos y los de conmutación de paquetes para voz, aunque los estudios prosiguen al respecto.

Existen diferencias entre el nivel de prestaciones actualmente exigido a la telefonía y los requisitos que se están aplicando a los datos y otros servicios. En general, los de datos son más severos. La definición y cualificación de los distintos parámetros se encuentra en estudio en el CCITT.

Las centrales ofrecen mecanismos para la operación y el control de la red; las diferencias entre los requisitos operativos de la red RDSI y la RDI implicarán cambios y mejoras en dichos mecanismos.

También se necesitará un mantenimiento optimizado, que ofrezca menores tiempos de reacción para la detección de errores, diagnóstico y prestación de servicio aún en situación de fallo. Los métodos de mantenimiento para los datos, resultado

\* Un método de transporte es una manera de llevar información de usuario y de señalización a través de una red.



de los requisitos en la transmisión y el área local, tendrán que incorporarse a las potentes facilidades ya disponibles en las centrales digitales.

### *Transmisión*

La planta de transmisión urbana consiste principalmente en cables de pares y cuadretes y, en algunos casos, cable coaxial. La transmisión de larga distancia utiliza cable coaxial y enlaces de microondas.

La transmisión entre centrales digitales del área urbana utiliza ya a menudo técnicas MIC. 32 canales básicos de voz a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  forman, siguiendo la Recomendación G.732 del CCITT, una estructura múltiplex a  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$  con interfaz directo con la central. Normalmente se asignan dos canales para señalización y sincronización entre las centrales.

La transmisión entre centrales interurbanas digitales también se basa en técnicas MIC. Se usa el mismo sistema estándar de  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$ , junto con sistemas de orden superior, de 8, 34 y  $140 \text{ Mbit s}^{-1}$ , según las Recomendaciones del CCITT G.742 y G.751. En algunos casos las consideraciones económicas imponen la transmisión analógica en las partes principales de rutas de larga distancia; esto implicará la conversión de digital a analógico. Cuando esto ocurra, habrá que asegurar que las conexiones no telefónicas no pasen a través de estas secciones analógicas, sino que permanezcan digitales.

En todos los casos en que se utilice multiplexación digital MIC, las funciones correspondientes se integrarán en el equipo de la central; los interfaces externos de transmisión de la central serán esencialmente físicos.

Para los datos, los anchos de banda requeridos por las velocidades estándar de las clases de usuario 1 a 11 (tabla 1) están cubiertos por el canal básico de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . En consecuencia, la red satisface la principal exigencia de la transmisión digital; los anchos de banda del canal ( $64 \text{ kbit s}^{-1}$ ) y del sistema ( $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$ ) pueden considerarse como portadores o "conductos" de transmisión. Las velocidades más bajas, requeridas por las clases de usuario 1 a 6, pueden submultiplexarse en portadores de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  usando, por ejemplo, las Recomendaciones X.50 y X.51, que definen la estructura, respectivamente, para las redes de envoltentes  $6 + 2$  y  $8 + 2$ .

Para poder utilizar estas mismas estructuras, las clases de usuario 1 y 2 requerirán una conversión previa al formato síncrono, según la Recomendación X.52. Como alternativa, cada canal de datos puede ser asignado a un portador sepa-

rado de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , multiplicando la velocidad en las centrales. En todos los casos los canales de datos de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  pueden multiplexarse para formar la estructura de  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$ , con los 32 canales dedicados a datos o mezclando éstos con canales de voz de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . La señalización por canal común n° 7, entre centrales, se transmitirá por los canales apropiados de dicha estructura.

Cuando el acceso de las clases de usuario 3 a 7 se hace a través de la central local digital hasta una red de datos, si la demanda es baja, puede bastar con canales individuales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , ya estén asignados por usuario o submultiplexados de acuerdo con las Recomendaciones X.50 y X.51. La señalización de usuario sería dentro de banda. Para el acceso de las clases de usuario 1 y 2 a una red de paquetes, mediante la función de empaquetado/desempaquetado, sólo se necesitarán canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , que estarían multiplexados en paquetes con señalización dentro de banda X.25, cumpliendo la conexión completa las Recomendaciones X.3, X.28 y X.29. Cuando la demanda de acceso a red de paquetes sea baja, serán suficientes canales individuales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , bien especializados o multiplexados en paquetes, con señalización dentro de banda X.25.

Se dispone también de amplias bandas para transmisiones de banda ancha, pero la tecnología actual de las centrales digitales limita su uso para conexiones conmutadas al equivalente de unos  $4 \times 64 \text{ kbit s}^{-1}$ . Los avances en fibras ópticas y satélites se incorporarán a la red usando sistemas actualmente en desarrollo.

Los métodos perfeccionados de operación y mantenimiento disponibles en la red digital telefónica, también son aplicables a la operación de los servicios integrados. Sin embargo, los servicios de datos imponen unas cotas más elevadas a la calidad del mantenimiento (detección de fallos, diagnóstico, prestación de servicio durante la situación de fallo, etc). Esto afectará a los subsistemas de mantenimiento de la central.

### *Area local*

El acceso del abonado al servicio telefónico en el área local actual utiliza métodos analógicos, que requieren conversión analógico/digital en el interfaz con la central. Cuando el área local se digitalice, la conversión se hará en la periferia de la red por los propios terminales de voz, que se conectarán por transmisión digital a la central. La experimentación actual muestra la posibilidad de lograr operación dúplex así como un mayor ancho de banda, utilizando el mismo par físico de



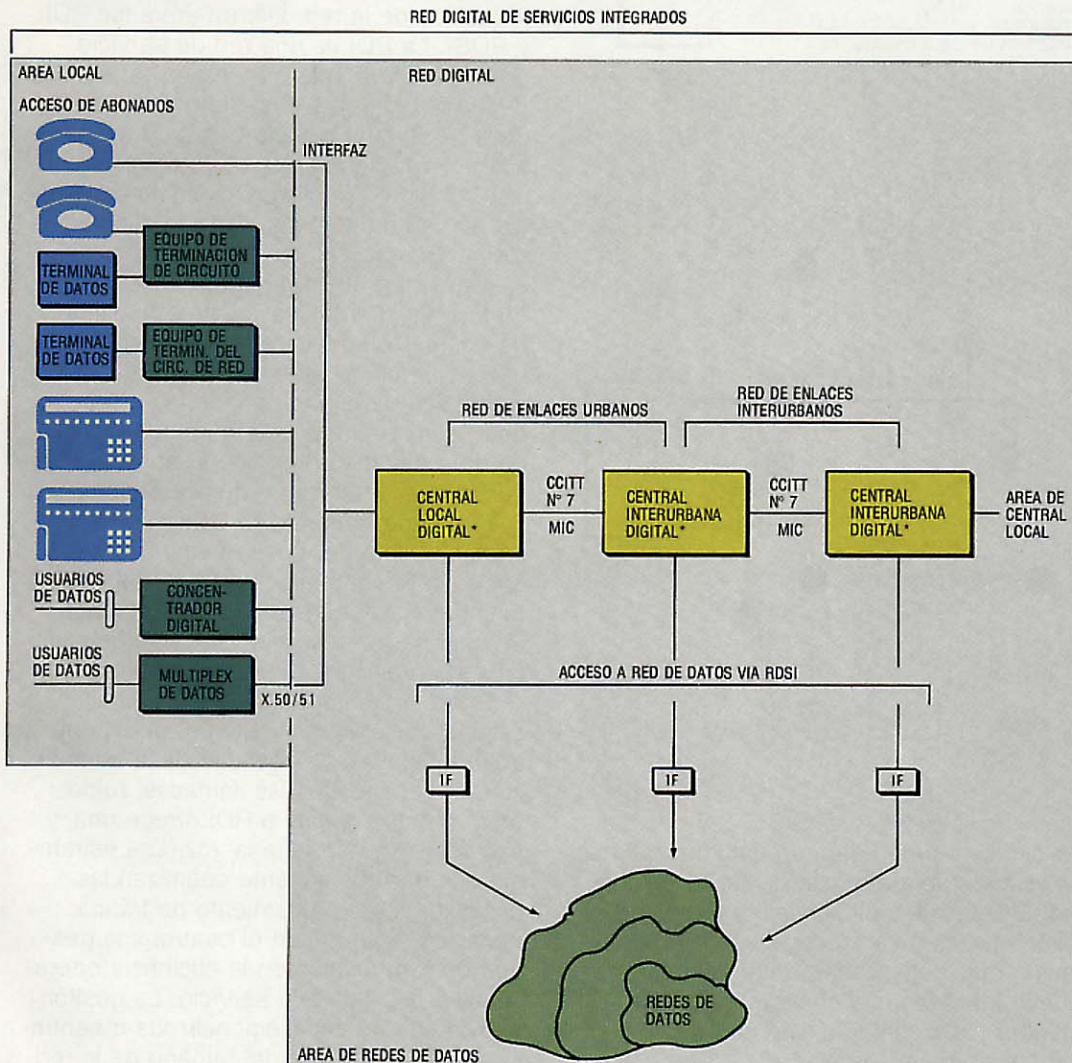
la planta de distribución existente. El interfaz de la central será entonces digital. La inteligencia del terminal de abonado y la disponibilidad de ancho de banda suficiente permitirá enriquecer el repertorio de señalización. Cuando resulte económico, se utilizarán unidades de conmutación remotas y concentradores en el área local, que se conectarán a la central local principal por enlaces MIC.

El acceso de los usuarios de datos empleará la misma planta local de cables que en telefonía, con uno o dos pares físicos para la operación semidúplex o dúplex, respectivamente. Un módem en cada extremo del bucle local hará posible la transmisión digital. Las velocidades de transmisión estándar de las clases de usuario (tabla 1) se pueden lograr fácilmente para bucles de longitudes medias, aunque para bucles largos, en aplicaciones de área local ampliada, las velocidades altas requieren módems más sofisticados. En todos los casos se necesita un interfaz digital en la central. Para todas las clases de usuario se usa un equipo de terminación de circuito en conjunción con el

equipo terminal de datos; este interfaz, DTE/DCE, (Recomendación X.20, X.21 ó X.25 del CCITT) determinará la base de la señalización del usuario. También podría necesitarse un interfaz para los abonados télex. Cuando sea rentable, se podrá utilizar multiplexación o concentración en el área local.

Para las clases de usuario 3 a 7, las estructuras múltiplex que se utilicen seguirán las Recomendaciones X.50 ó X.51 del CCITT, para las envolventes de (8 + 2) y (6 + 2) bits respectivamente. Las clases de usuario 1 y 2, para acceder a una red de conmutación de paquetes a través de una central digital local, deberán cumplir las Recomendaciones X.3, X.28 y X.29 del CCITT. En la central se requerirán interfaces especiales, según la solución particular utilizada (Fig. 2).

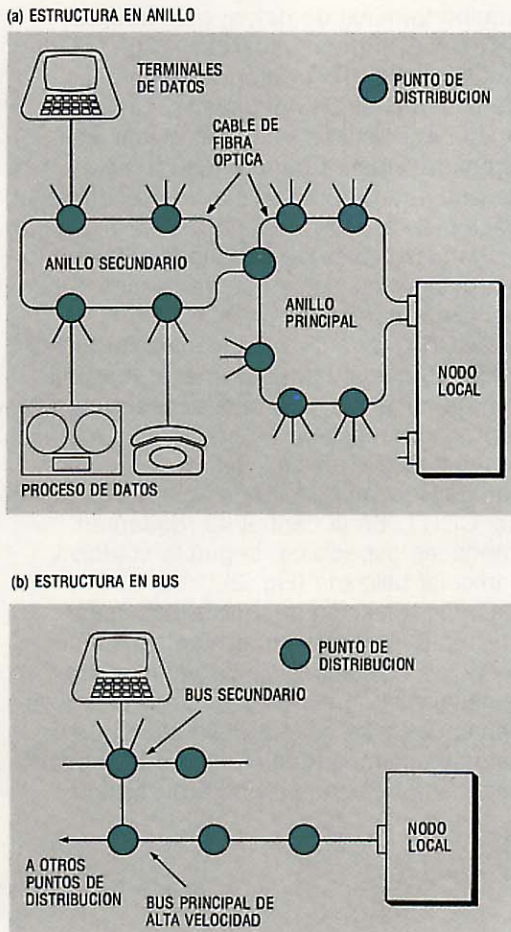
La digitalización del bucle local hará posible la aplicación multiservicio, para servicios telefónicos y no telefónicos, eliminándose con ello la necesidad de pares separados para conectar al usuario de datos y al abonado telefónico a la central; hasta entonces no se podrá prescindir



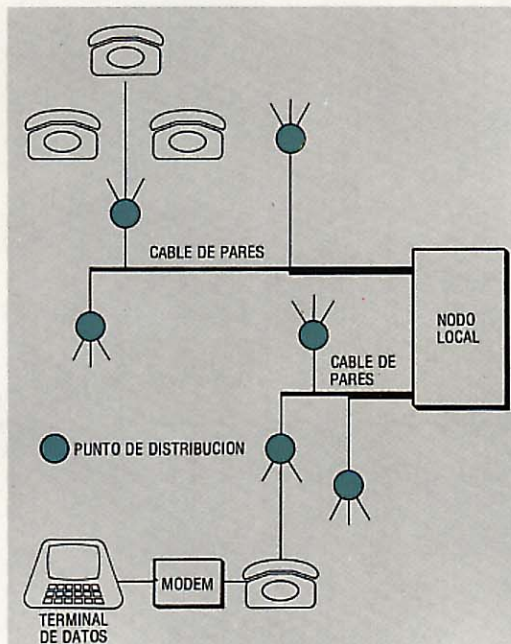
**Figura 2**  
Interconexiones entre la red RDSI y las redes de datos.  
\* Véanse los niveles de integración de la central en la figura 5.  
IF - interfaz.



**Figura 3**  
Posible área local futura, basada en (a) estructuras en anillo usando uniones ópticas de banda ancha, y (b) estructuras en bus.



**Figura 4**  
Área local típica con distribución de cables (estructura en estrella).



de dichos pares. Están en estudio distintas soluciones para el bucle digital multiservicio. El terminal multiservicio y el equipo de terminación serán capaces de una operación más sofisticada, requiriéndose un nuevo interfaz en la central que pueda atender los complejos dispositivos de transmisión y señalización.

Los ratios de inversión en la red actual indican que aproximadamente un 40% se encuentra en el área local, incluyendo los cables de distribución, canalizaciones, planta aérea, etc. Las experiencias sobre digitalización se dirigen aquí a seguir explotando esta planta local en régimen multiservicio. No obstante, con la presente tecnología el ancho de banda utilizable es limitado, restringiéndose la aplicación de servicios de banda ancha (megabitios). En este tema, las fibras ópticas han creado grandes expectativas. Un nuevo medio de transmisión de esta naturaleza permitiría configuraciones de área local nuevas, de los tipos de anillo y ómnibus (Figs. 3a y 3b, respectivamente), que ofrecen una gama más amplia de aplicaciones que las estructuras en estrella (Fig. 4). Ello exigiría interfaces sofisticados en la central para las terminaciones eléctricas y el tratamiento de las señales.

Habrá que desarrollar métodos combinados de mantenimiento basados en pruebas de bucle controladas por la central, y en el diagnóstico correspondiente.

#### Aspectos generales de la red

Además de las áreas ya discutidas, los requisitos de la red difieren entre las RDI y RDSI. La RDI es una red de servicio único para voz, que ofrece una variedad de facilidades para el usuario y la Administración. Su configuración es muy similar a la de la red analógica de telefonía y consiste en la red pública nacional interfiriendo con numerosas, aunque considerablemente más pequeñas, redes privadas. La estructura nodal de la red se organiza en niveles jerárquicos: centros nodales de conmutación local, tándem e interurbana. El número de niveles, y el tamaño y cantidad de centrales y de los enlaces entre ellas en un país concreto, vendrá en gran medida determinado por consideraciones económicas y de prestaciones.

El plan de numeración para el servicio telefónico internacional está normalizado según la Recomendación Q.11 del CCITT, mientras que dentro de cada país habrá un plan nacional de numeración que satisfaga los requisitos de su Administración.

Es de suma importancia dar una alta calidad de servicio al usuario, que viene determinada por la fidelidad de la transmisión, la respuesta a las llamadas, ruido, etc. En este sentido la RDI ofrece una excelente calidad para la voz. Las estrategias de encaminamiento optimizan las posibilidades de tratamiento de tráfico de la red y, junto con el control y la gestión de red, mantienen la eficiencia operacional y la calidad de servicio. La gestión de red puede estar regionalizada o centralizada, dependiendo del tamaño de la red.



Para evitar la degradación de la calidad de servicio ocasionada por fallos en la planta, se elaboran métodos de mantenimiento adecuados.

Los mecanismos de tarificación de la central operan de acuerdo con las fórmulas correspondientes, que esencialmente están basadas en la duración de la llamada y la distancia entre los abonados interconectados. La resolución requerida para los periodos en la tarificación es del orden de segundos.

El entorno multiservicio de la RDSI complica su configuración. Los usuarios desearían encontrar una única red de uso general capaz de prestar todos los servicios. Internamente, esta red puede considerarse como un conjunto de redes de un solo servicio, virtuales, al principio esparcidas en varias redes físicamente distintas, surgidas de la continua coexistencia de las redes de datos y la RDSI, pero que a largo plazo se integrarán del todo en la red principal RDSI. Cada red virtual tendrá sus propios requerimientos estructurales de nodos de conmutación y enlaces, basados en sus características de penetración, alcance, tráfico, etc. Estas redes estarán servidas por terminales comunes, existiendo el requisito de una operación concertada antes que una interconexión mutua universal. Existe ya un plan de numeración para los servicios de datos (Recomendación X.121 del CCITT). Las actuales redes de datos por conmutación de circuitos proporcionan

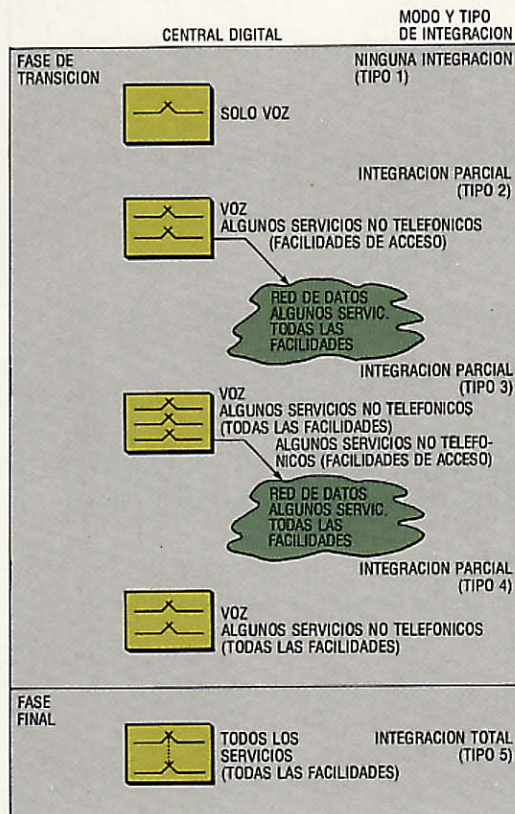
un alto nivel de calidad de llamadas, con tiempos de establecimiento de 100 ms y tasas de error tan bajas como  $10^{-7}$ . Las redes públicas de datos son una innovación reciente, y de momento son pequeñas comparadas con las redes telefónicas. Sus problemas operacionales están en estudio, incluyendo los de tratamiento del tráfico, encaminamiento, y gestión de red. Se están aplicando a las redes de paquetes algunos requisitos específicos para el control del flujo de tráfico y la gestión de red centralizada.

Toda transmisión de datos está orientada a la máquina en mayor o menor grado; la intolerancia de éstas exige un nivel superior de ausencia de errores. En condiciones de falta, el subsistema de mantenimiento debe detectar rápidamente los datos falsos y bloquearlos.

Se están introduciendo nuevas estructuras de tarificación, basadas en el volumen de datos transmitidos, aunque en muchos casos aún se utilicen las estructuras tradicionales por tiempo y distancia. La resolución necesaria para la tarificación de datos en conmutación de circuitos puede ser del orden de milisegundos.

Un problema que aparece en la planificación de las redes integradas es el posible impacto de los terminales inteligentes. Con el aumento de la relación capacidad de proceso/coste, es cada vez más probable que las funciones de control, actualmente residentes en las centrales, se trasladen a los terminales. Los efectos de este desplazamiento en los procedimientos de establecimiento de llamadas, distribución de tráfico, encaminamiento e incluso estructura de las tarifas, aún han de comprenderse mejor.

Una red RDI, enriquecida con todas las posibilidades de la RDSI, representará un compendio de los requisitos de los servicios telefónicos y no telefónicos. A corto plazo la penetración de los servicios no telefónicos será pequeña, comparada con la de la telefonía. El bajo tráfico correspondiente necesitaría normalmente menos niveles jerárquicos y tamaños diferentes de centrales, y afectaría a su distribución en la estructura de la red. Sin embargo, el predominio de la voz, con sus economías de escala, inicialmente impondrá la misma estructura física que la de la red RDI. En la práctica habrá alguna optimización para satisfacer exigencias particulares, utilizando algoritmos especializados de conmutación y encaminamiento que dirijan el comportamiento de la red internamente de acuerdo con los requisitos de cada red virtual, como se indicó anteriormente. Esto puede significar que algunas centrales nodales RDSI estarán equipadas sólo para voz, otras para voz más



**Figura 5**  
Niveles de integración de una central.



unos pocos servicios no telefónicos, y, finalmente, otras para todos los servicios (Fig. 5). Además, una central RDSI que proporcione acceso a una red de datos sólo tendrá que atender los servicios de esa red. Durante esta etapa de transición, la RDSI tendrá que demostrar estas posibilidades de integración parcial y total de los servicios y facilidades de la red principal, además de la parte complementaria de servicios y facilidades ubicada en las redes de datos asociadas. Inicialmente

es probable que algunas de las primeras centrales RDI, por razones de diseño, no sean fácilmente adaptables al entorno multiservicio y continúen, por tanto, como centrales sólo para voz o con capacidad de integración reducida.

La digitalización de la red telefónica dista de ser completa y la RDI está realizada sólo en parte. Algunos servicios no telefónicos, como el videotex, teletex y facsímil, están realizándose inicialmente con medios analógicos. En las primeras

**Tabla 8 - Aspectos principales de la evolución hacia RDSI**

**Central de conmutación**

- Inicialmente, interfaces de señalización multi-velocidad para datos asociados con X.20, X.21 y X.25.
- Posteriormente, un interfaz universal multiservicio.
- Capacidad de tratamiento de llamadas locales para los anteriores tipos de datos.
- Interfaz de señalización de enlaces a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  y  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$ , para la señalización por canal común CCITT nº 7, parte de usuario de datos.
- Capacidad de tratamiento de llamadas interurbanas.
- Interfaces separados de acceso de enlaces de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , para señalización dentro de banda X.21 y X.25.
- Compatibilidad de transmisión interna de envoltentes.
- Capacidad de submultiplexación de las velocidades inferiores de datos en un portador de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ .
- Facilidades de datos para el usuario y la Administración.
- Adición de la capacidad de conmutación de paquetes, en una etapa posterior.
- Optimización de las prestaciones de conmutación: establecimiento de llamadas, etc.
- Inclusión de los métodos de mantenimiento para datos en el subsistema hombre-máquina de la central.
- Parámetros de calidad de mantenimiento más exigentes.

**Area local**

- Inicialmente, 1 ó 2 pares adicionales, transmisión digital con equipo terminal de datos y módem para cada servicio no telefónico.
- Posteriormente, transmisión digital por par único multiservicio, con equipo de terminación de circuito de datos y equipo auxiliar.
- Interfaz digital con la central en todos los casos.
- Transmisión tipo MIC a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  y  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$  e interfaces con la central para operación múltiple/concentrador/unidad de de abonado remota.
- A medio plazo, interfaz para sistemas de fibra óptica.
- Incorporación de bucles para el mantenimiento, pruebas y diagnósticos, controlados por la central.

**Transmisión**

- Canales tipo MIC a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para uso individual de datos.
- Sistemas de 32 canales a  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$ , sólo para datos o para éstos mezclados con canales de voz.
- Canales a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para uso submultiplexado.
- Anchos de banda amplios, sólo para transmisión, es decir, no conmutados.
- Equipo de transmisión digital de datos incluido dentro de la central.
- A medio plazo, equipo de transmisión y planta exterior de fibra óptica.
- A corto plazo, incorporación de planta de satélites.
- Incorporación de métodos de mantenimiento para datos, controlados por la central.
- Parámetros de calidad de mantenimiento más exigentes.

**Red**

- Gestión de diferentes planes de numeración.
- Objetivos más estrictos para el establecimiento de llamadas, ausencia de errores, etc.
- Estrategias óptimas de encaminamiento y gestión de red, en estudio.
- Control de flujo de tráfico especializado para la gestión de la red de paquetes.
- Tiempo de respuesta rápido para los subsistemas de mantenimiento.
- Métodos de tarificación basados en el volumen de tráfico.
- Resolución en la tarificación, más pequeña.
- Tratamiento diferencial de los servicios para la integración parcial o total de servicios.

**Terminal**

- Mayor capacidad de proceso.
- Mayores velocidades.
- Multifuncional.
- Aumento de la tendencia hacia la operación automática.
- Mayor capacidad de detección y corrección de errores.



**Definiciones****1 - Servicio telefónico (o de voz):**

Comunicación telefónica ofrecida mediante la combinación formada por aparatos telefónicos, líneas, canales y métodos de conmutación para su interconexión y demás elementos accesorios.

**2 - Télex:**

Servicio de tipo telegráfico que implica la transmisión de señales telegráficas en una dirección dada, entre dos terminales, para la transferencia y reproducción de documentos de texto alfanumérico.

**3 - Videotex:**

Servicio de interrogación y obtención de información de un banco de datos, incorporando también facilidades para efectuar transacciones.

**4 - Teletex:**

Servicio que proporciona la comunicación entre terminales usados para la preparación, edición e impresión de correspondencia. La información se transfiere de memoria a memoria.

**5 - Facsímil:**

Sistema que permite la reproducción de imágenes fijas (fotográficas o de otro tipo) de forma permanente y a distancia, mediante una técnica de exploración por líneas. La reproducción puede tener dos estados significativos solamente, por ejemplo, blanco y negro; puede contener matices intermedios y puede hacerse en color.

**6 - Telemetría (servicio de medición a distancia):**

Medición con ayuda de medios intermedios que permite que la medida sea interpretada en un punto distante del detector primario.

**7 - Servicio de alarma:**

Servicio de tipo telegráfico en el que se combinan un conjunto de dispositivos y equipo para indicar la presencia de un riesgo o peligro que requiere atención urgente, y que permite que la indicación pueda ser interpretada en un punto distante del detector primario.

**8 - Servicio de teleproceso:**

Servicio en el que la información es generada y transmitida a través de medios de transmisión de datos, para ser procesada por ordenador en un punto distante de la fuente primaria.

**9 - Servicio de conmutación de mensajes:**

Servicio de tipo telegráfico en que los mensajes completos son reunidos y almacenados en algún punto intermedio antes de su entrega al equipo terminal de destino.

**10 - Servicio de transmisión de datos con conmutación de circuitos:**

Servicio que requiere el establecimiento de una conexión de datos con conmutación de circuitos para poder transmitir datos entre equipos terminales.

**11 - Servicio de transmisión de datos con conmutación de paquetes:**

Servicio que entraña la transmisión de datos en forma de paquetes y, en caso necesario, el empaquetado y desempaqueado de los datos.

**12 - Servicio de transmisión de datos por circuitos arrendados:**

Servicio en que se pone a disposición de un usuario (o grupo de usuarios) uno o más circuitos de la red pública de datos para su uso exclusivo.

**Fuentes:**

Sexta Asamblea plenaria del CCITT, Octubre 1976, Libro naranja, Términos y definiciones; IEEE Standard Dictionary, std. 100-1972; y otros.

**Servicios:**

Los servicios 1 a 9 pueden clasificarse como servicios de usuario, mientras que los 10 a 12 son más bien métodos usados para proporcionar los servicios.

etapas de la RDSI será necesario un interfuncionamiento entre los elementos digitales y la red analógica, con los problemas subsiguientes de numeración, tarificación, conversión, etc.

**Conclusiones**

Se han definido y examinado los servicios conocidos, cuya integración con la voz se está considerando dentro del marco de servicios prestados por la RDSI. Se han identificado sus características, algunas de las cuales constituyen la base y otras los objetivos del diseño de la red. Se han contrastado las propiedades de red asociadas con los servicios de datos y no telefónicos con las del servicio telefónico en la RDI, al objeto de señalar áreas de diferencia.

La red RDI, aunque cumple los requisitos telefónicos y muchos de los correspondientes a servicios no telefónicos, debe, además, ser potenciada para ofrecer la capacidad plena de operación RDSI. El curso del desarrollo de la red RDI estará determinado por la naturaleza y magnitud de las posibilidades que se introduzcan. Los puntos más interesantes se resumen en la tabla 8.

**Referencias**

- 1 P. Baran: "Broad-Band Interactive Communication Services to the Home: Part 1 - Potential Market Demand": *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Communications*, Vol. COM-23 n° 1, enero 1975, págs. 5-15.
- 2 J. C. Lawson, W. D. Miller, G. P. McNamara, K. G. Oza y G. J. Ryra: "The Impact of Potential New Telecommunication Services on the Structure of the Local Network": *International Symposium*



on *Subscriber Loops and Services*, Atlanta, 20-24 marzo 1978, págs. 116-120.

- 3 M. Tyler: "Videotex, Prestel and Teletex". Londres, Business Press, 1979.
- 4 H. B. Thomas: "Current Developments and Trends in Videotex and Teletex". *IIC Annual Conference*, 1979. Londres.
- 5 Eurodata Foundation Yearbook 1979.
- 6 CCITT, Grupo de estudio VII. Nuevas redes para transmisión de datos. CCITT Grupo de estudio XVIII - Redes digitales.
- 7 C. R. Carter, M. J. Collard, M. J. Hillyard, W. A. G. Walsh y J. Serrano Hernández: Métodos de transporte para redes digitales de servicios integrados: *Comunicaciones Eléctricas*; 1981, volumen 56, nº 1, págs. 57-70 (en este número).

**E. A. Smith** nació en Burnham, Inglaterra, en 1930. Se graduó en el Kings College, Universidad de Durham, en 1953 en ingeniería eléctrica. En 1953 ingresó en G. E. C. (U.K.) trabajando en propagación de microondas. En 1956 pasó al ITT Telephone Operating Group como ingeniero ejecutivo, primero en las oficinas centrales de Nueva York y posteriormente en las compañías TOG de Cuba, Puerto Rico, Brasil y Chile. Después de un período

de dos años con ITT Reservations Systems en París, trabajando en comunicaciones de datos, pasó a formar parte del CIISE en España en 1972, para trabajar en redes de datos. El Sr. Smith es ahora jefe de división senior, con la responsabilidad de todas las actividades en RDSI y telemática del CIISE.

**W. A. G. Walsh** nació en Londres, Inglaterra, en 1923 e ingresó en STC en 1939. Ha estado relacionado con el desarrollo de los sistemas de conmutación electrónica durante su evolución desde el MAI al MIC. En años recientes ha sido jefe de ingeniería de sistemas para sistemas de datos con conmutación de circuitos, y actualmente forma parte de la división de planificación de sistemas de STL con responsabilidad en RDSI. El Sr. Walsh es el coordinador técnico ITT-CCITT para datos.

**M. J. Willson** nació en Harrow, Inglaterra, en 1942. Estudió ingeniería eléctrica en el Northampton College of Advanced Technology, donde se graduó en 1963. Al dejar la Universidad ingresó en STC, trabajando en las primeras actividades de diseño de sistemas en conmutación MIC. En 1967 ingresó en STL, dedicándose a una variedad de proyectos de telefonía y datos. Actualmente es jefe de la división de comunicaciones integradas.



# Acceso del usuario a una red digital de servicios integrados

Los protocolos diseñados para el acceso del usuario a las redes digitales deberán permitir una transición gradual desde la telefonía normal a la utilización multifuncional, en paralelo con el desarrollo de nuevos servicios como el videotex, facsímil, teletex y correo electrónico. En el

**R. C. Slatter**

**W. A. G. Walsh**

Standard Telecommunication Laboratories Limited, Harlow, Inglaterra

## Introducción

En los sistemas analógicos actuales, los servicios y facilidades de abonado están limitados por el coste de los circuitos y las restricciones en el ancho de banda. Sin embargo, la introducción de las centrales digitales, con menores costes del equipo físico, permitirá ofrecer a los abonados una gama completa de servicios además del telefónico, a un coste económico. Para poder prestar estos servicios se deben definir unos protocolos e interfaces de señalización efectivos, orientados no sólo a los objetivos inmediatos sino también a futuros requisitos aún no previstos.

Se sabe que el usuario de telefonía pura predominará durante muchos años; sin embargo, al introducirse centrales digitales con líneas de abonado digital, los protocolos de acceso del usuario deberán permitir que éste evolucione gradualmente desde el sencillo aparato telefónico hasta el terminal multiservicio. Estos terminales ofrecerán más servicios y facilidades, como videotex, facsímil, teletex y correo electrónico, y harán posible el intercambio simultáneo de conversación y datos sobre la misma línea, no necesariamente entre los mismos usuarios. La necesidad indicada de conexiones simultáneas a más de un destino afecta de forma significativa a los protocolos y formatos de señalización que han de adoptarse. Los abonados actuales requieren normalmente unas pocas señales, sin embargo los terminales multiservicio del futuro necesitarán un amplio repertorio de señales para identificar los servicios y facilidades.

Se puede evitar la proliferación de redes nacionales especializadas creando una red digital de servicios integrados (RDSI); en vista del interés mostrado en este concepto por muchas Administraciones, es particularmente deseable que se establez-

can normas para conseguir una compatibilidad internacional.

can normas para conseguir una compatibilidad internacional.

**F. Kaderali**

**P. Schmidt**

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal Alemana

## Etapas en la integración de servicios digitales

La transición desde una red de telecomunicación existente, con su gama limitada de facilidades y servicios, a una red RDSI completa se efectuará por evolución a través de varias etapas, las cuales estarán relacionadas con el grado de integración de servicios que se logre dentro de una red digital y con el acceso a las redes especializadas. Este grado de integración se hace patente en los protocolos de acceso de usuario.

El CCITT ha indicado que la red RDSI se obtendrá a partir de la red telefónica digital con transmisión y conmutación integradas (RDI) mediante la adición de nuevos servicios no telefónicos, facilitando el acceso a las redes especializadas, y eventualmente ofreciendo todos los servicios sobre una red común. Este proceso evolutivo puede muy bien durar dos o más décadas. Se espera que, incluso cuando se logre la integración total, el servicio telefónico seguirá predominando.

Un factor importante en esta evolución consiste en proporcionar el acceso de los abonados digitales mediante un canal principal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  y un canal auxiliar para transmisión de las señales de control, que podría también transmitir datos del tipo de telemetría y alarmas. Basándose en estos supuestos, el CCITT ha identificado tres etapas en la integración del acceso de los usuarios digitales: integración básica, integración media e integración total.

### Integración básica

En esta etapa el canal de señalización fuera de intervalo (es decir, fuera de los



64 kbit s<sup>-1</sup>) usará un protocolo básico para el servicio de voz y para unas cuantas facilidades más (ej., identidad de la línea llamante). También se usará este canal para iniciar una petición de llamada a la red solicitando servicios adicionales; cualquier señalización de extremo a extremo subsiguiente, entre terminales, podría ser *dentro de intervalo*. La señalización fuera de intervalo podría utilizarse para acceder a una red especializada (las siguientes señales para el tratamiento de la llamada podrían ser dentro de intervalo). Es esencial que los protocolos y formatos elegidos en esta etapa no impidan la integración de nuevos servicios. Por tanto no sólo debe ser flexible el sistema de señalización, sino también los protocolos de acceso.

#### *Integración media*

Se prevé que en esta etapa los servicios separados telefónicos y no telefónicos deberían usar un protocolo de acceso común, utilizando señalización fuera de intervalo para preservar la integridad y la independencia en la secuencia de bits, que son necesarias en las conexiones para voz. La solución más probable consistirá en el uso de un formato en tramas, con mensajes direccionados mediante etiquetas. Con esta técnica se realizarán los procedimientos de establecimiento de llamadas para todos los servicios que usen el canal principal de 64 kbit s<sup>-1</sup>, y se proporcionará el acceso inicial para los servicios no telefónicos que utilicen el canal auxiliar.

Los servicios no telefónicos que tuviesen que utilizar redes especializadas de datos en los niveles más altos de la jerarquía de conmutación, podrían requerir señalización adicional con protocolos dentro de intervalo, de la forma tradicional.

#### *Integración total*

De acuerdo con lo definido por el CCITT, se puede prever una etapa final de integración, en la cual un protocolo de señalización común atenderá los requisitos de los servicios no telefónicos, al mismo tiempo que asegura la economía en los servicios de voz predominantes. Las técnicas de acceso deberán ser flexibles, no sólo en lo que respecta a los protocolos de señalización, sino también en cuanto al transporte.

### **Evolución**

Estas etapas de integración se están considerando por el CCITT y la CEPT (Conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones), pero todavía no se refie-

ren al equipo común y a los servicios de las redes futuras. La solución óptima sólo podrá obtenerse tras un prolongado estudio de las posibilidades de las redes y de su capacidad para satisfacer de forma económica los requisitos de los usuarios.

### **Funciones de acceso de usuario**

Antes de discutir las funciones de acceso de los abonados digitales a las redes digitales de servicios integrados, deben exponerse algunos conceptos básicos. La capacidad total de transmisión del bucle de abonado está limitada por los parámetros de la planta de cables existente y por el coste de los métodos de transmisión actuales. En el momento presente, teniendo en cuenta las indicadas limitaciones, la velocidad preferida es 80 kbit s<sup>-1</sup>. Esta capacidad debe ser compartida por varios canales, que transmiten distintos tipos de información.

#### *Tipos de información*

Un intento de definición metódica de las funciones de acceso de usuario, según las propuestas actuales de la CEPT<sup>1</sup>, se basa en los siguientes tipos de información:

- Tipo *f*: señales de conversación correspondientes a 64 kbit s<sup>-1</sup> en MIC.
- Tipo *d*: comunicaciones estándar de datos con velocidades hasta de 48 kbit s<sup>-1</sup> (según las Recomendaciones X.1, X.21, ó X.25 del CCITT) y posiblemente hasta de 64 kbit s<sup>-1</sup>.
- Tipo *s*: señalización de abonado a red.
- Tipo *t*: información telemétrica (alarmas, lectura de contadores, control remoto) similar a la de señalización.
- Tipo *d'*: datos limitados en velocidad binaria y en longitud de trama, capaces de tratamiento por circuitos o por mensajes, pero sin ocasionar ningún conflicto con la señalización.

#### *Tipos de canales*

Los cinco tipos de información indicados se transmiten usando los canales conseguidos por multiplexación de la capacidad total del bucle de abonado digital. En las organizaciones internacionales se han considerado recientemente las siguientes definiciones de tres tipos de canales:

- Canal *b*, con una capacidad de 64 kbit s<sup>-1</sup>, transportando MIC estándar según la Recomendación G.711 (infor-



mación tipo *f*) o datos (información tipo *d*). Otro uso posible de este canal es la comunicación combinada, compartiéndolo simultáneamente los servicios telefónicos y no-telefónicos, la cual se controla utilizando señalización de extremo a extremo. En este caso, la velocidad de las señales de conversación tiene que reducirse desde la normal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  en MIC hasta, por ejemplo,  $56 \text{ kbit s}^{-1}$ , con el fin de tener capacidad suficiente para los servicios no telefónicos.

- Canal *b'*, para servicios de datos de baja velocidad (información del tipo *d*). En este canal se puede ofrecer la opción de multiplexar varias conexiones de datos. No todas las alternativas de asignación de canales tratadas a continuación usan canal *b'*. Aún no ha sido definida la velocidad binaria de este canal, pero es probable que sea de  $8 \text{ kbit s}^{-1}$  o uno de sus múltiplos.
- Canal  $\Delta$ , que transmite señalización fuera de intervalo entre el abonado y la central local (información del tipo *s*). Dependiendo del método elegido de asignación de canales, también se podrán incluir en este canal informaciones de los tipos *t* y *d'*. Sin embargo, estas señales de datos no deberían reducir en forma alguna el grado de servicio

de la señalización; en particular, ésta se protegerá contra cualquier retraso indebido. La velocidad binaria del canal  $\Delta$  dependerá bastante del tipo de información y de los servicios a que se dedique.

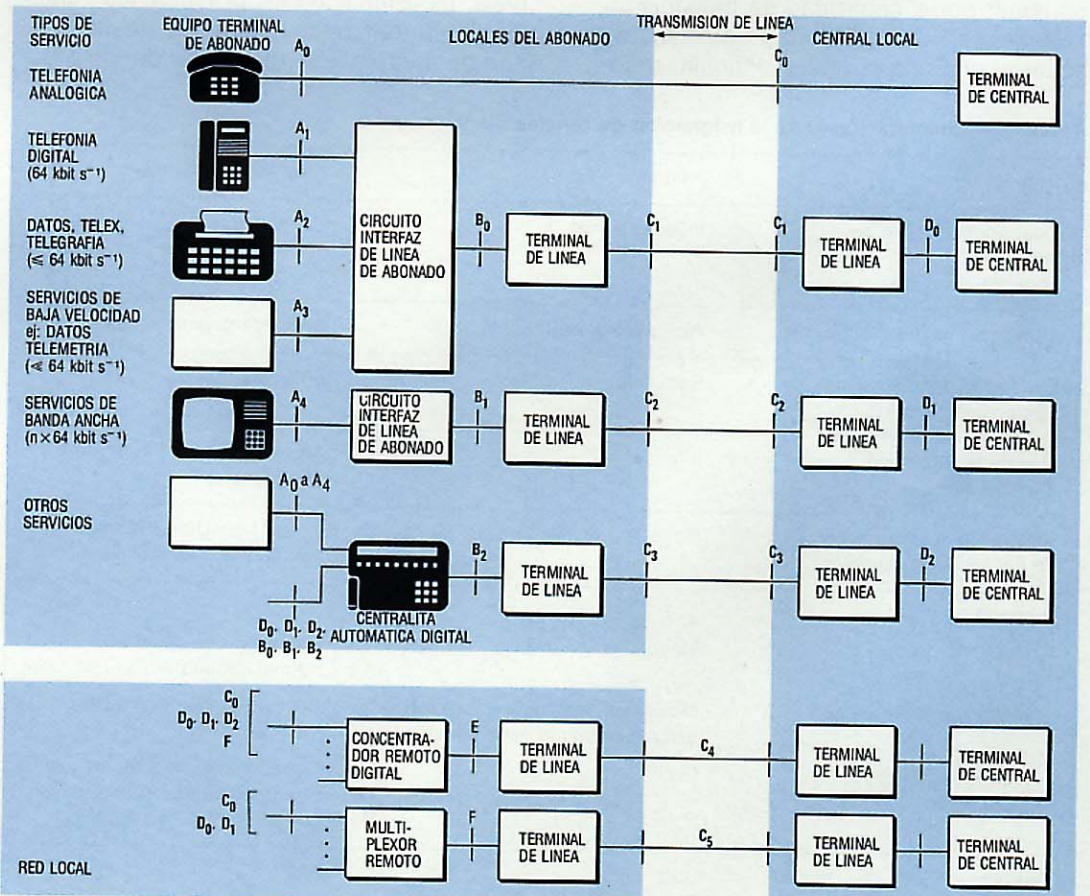
Las llamadas en los distintos canales se tratan de forma independiente, pudiendo por lo tanto establecerse a la vez varias conexiones en el mismo bucle de abonado para diferentes servicios. Dichas llamadas podrán encaminarse al mismo o a distintos destinos, obteniéndose así un uso múltiple económico de la línea del abonado (Fig. 1).

La asignación del ancho de banda total a los diversos tipos de información puede hacerse según una estructura múltiplex fija o mediante intercalado de mensajes, asignación de tipo dinámico.

**Asignación de canales fija**

En este caso están presentes los tres tipos de canales ya definidos (*b*, *b'* y  $\Delta$ ) y se asignan rígidamente a los respectivos servicios y tipos de información.

La asignación fija usa el canal  $\Delta$  como canal de señalización. Sólo podrán compartir este canal los tipos de información *t* y *d'* y ello siempre que, como dijimos, no ocasionen retrasos de señalización, ni produzcan una penalización excesiva en el coste. Los servicios de datos de



**Figura 1**  
Posibles interfaces funcionales en las redes locales para RDSI. Las funciones del circuito interfaz de línea de abonado y del terminal de línea podrían combinarse en un solo equipo de terminación de circuito. De esta figura no debe deducirse que todos los interfaces  $A_1, A_2, A_3$  deban soportarse simultáneamente.



baja velocidad se transmitirán por el canal  $b'$  y los de velocidades no superiores a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  utilizarán el canal  $b$ ; ambos serán tratados de acuerdo con sus protocolos genéricos. La señalización de acceso de los servicios de datos se transmite por el canal  $\Delta$  (fuera de intervalo); la señalización subsiguiente para el control de la llamada dependerá de la realización concreta, pudiendo transmitirse dentro de intervalo a las redes especializadas de datos, por medio de los canales  $b$  ó  $b'$ . SEL (Standard Elektrik Lorenz) ha realizado un sistema de acceso de usuario digital, basado en la asignación de canales fija, que ha resultado a la vez flexible y económico. Este sistema se utiliza en una prueba de campo en Berlín durante 1981<sup>2</sup>.

**Asignación de canales dinámica**

Una diferencia importante entre este método y el de asignación fija es que aquí no hay canal  $b'$ ; sólo se utilizan los canales  $b$  y  $\Delta$ . Para los servicios con bajas velocidades binarias, se asigna el canal  $\Delta$  en forma dinámica a las distintas señales de los tipos de información  $s$ ,  $t$  y  $d'$  mediante mensajes intercalados de longitud variable. Dedicaremos una sección posterior al entramado y el transporte de estos mensajes.

Con el método de asignación dinámica, varias fuentes de información pueden competir por la capacidad de transmisión. Los mensajes se ordenarán en colas de acuerdo con una prioridad definida, redu-

ciéndose así al mínimo los retrasos de los mensajes de señalización. Los procedimientos para la transmisión de mensajes intercalados deberán, por tanto, ajustarse a los requisitos especificados para la señalización.

Los problemas de pugna entre la señalización ( $s$ ), telemetría ( $t$ ) y los datos de baja velocidad ( $d'$ ) pueden reducirse a un nivel aceptable limitando la longitud de los mensajes de datos, de tal manera que los mensajes de señalización no se retrasen más de unos 40 ms. La alternativa de interrumpir los mensajes de datos para transmitir los de señalización, es menos atractiva debido al mayor coste y a la dificultad del tratamiento de las interrupciones.

**Comparación entre las asignaciones de canales fija y dinámica**

En la tabla 1 se comparan las dos alternativas, en base a los criterios más importantes. La tabla muestra que la principal ventaja de la asignación dinámica consiste en su mayor capacidad para servicios adicionales y en el mejor empleo de la capacidad del canal. Como contrapartida, están: la dependencia entre los tipos diferentes de información — que puede perjudicar a la señalización —, la necesidad de adaptar los protocolos de los servicios de datos al protocolo del canal  $\Delta$ , y el mayor costo de una circuitería más compleja. La asignación fija presenta las ventajas de un tratamiento separado de cada tipo de información, utilización de los pro-

**Tabla 1 – Comparación entre la asignación de canales fija y dinámica**

Criterio	Asignación fija	Asignación dinámica
Dependencia entre la señalización y los servicios de datos	Independiente	Dependiente
Capacidad para señalización	Alta, pero limitada	Asignada según la necesidad
Capacidad para servicios adicionales de datos	Reducida	Ampliada
Uso de la capacidad total del canal	Inferior	Alto mediante el intercalado de mensajes
Adaptación a los protocolos de los servicios de datos	No requerida	Puede necesitar protocolos adicionales o modificados
Realización:		
– Coste de circuitos	Menor	Mayor (el uso de VLSI y la normalización podrían reducirlo)
– Modularidad del equipo	Mejor (los tipos de información están claramente separados)	Peor (tipos de información mezclados)
– Fiabilidad y facilidad de pruebas	Mejor	Dependiente de la tecnología (en general peor, por la mayor complejidad del equipo)
Flexibilidad	Baja	Alta



protocolos genéricos de los servicios de datos y una realización más económica. Con este método, sin embargo, la capacidad de transmisión total está peor utilizada, la velocidad binaria máxima de los servicios de datos desciende y se tiene menos flexibilidad para el tratamiento de futuros servicios de abonado, aún no especificados.

Para conseguir una normalización internacional se tiene por tanto que elegir entre la asignación fija y la dinámica, y consecuentemente decidir si los servicios adicionales de datos serán tratados en el canal  $\Delta$  o en un canal especial  $b'$ . En la actualidad hay indicios, sin embargo, de que el canal  $\Delta$  se utilizará de un modo formatado en tramas, independientemente de su velocidad binaria.

## Protocolos

En este contexto entendemos por protocolo el conjunto de formatos y procedimientos estructurados que se utilizan en el intercambio de instrucciones e información para el tratamiento de llamadas entre los terminales y la central, así como entre los propios terminales para señalización de extremo a extremo y transferencia de información. Las redes de comunicación están basando cada vez más sus sistemas de transporte en una estructura en tramas, de longitud fija o variable, dedicando campos dentro de dicho formato a funciones específicas.

Existe el acuerdo general de que los procedimientos de acceso de usuario deben estructurarse según niveles funcionales, de una forma similar a la definida provisionalmente en el documento de trabajo ISO/T97/SC 16 N227. Estos niveles funcionales se identifican en la figura 2.

El nivel 1 indica el nivel físico, define las características físicas y eléctricas del interfaz y se dedica principalmente al estado del canal para soportar la transmisión, a la condición de alimentación activa o no, y a las funciones de alineamiento de bitio y trama.

El nivel 2 (nivel de enlace) está dedicado a las funciones y procedimientos de transferencia de mensajes sobre un enlace hasta el destino correcto, de manera fiable y con protección frente a errores. Las funciones del nivel de enlace incluyen:

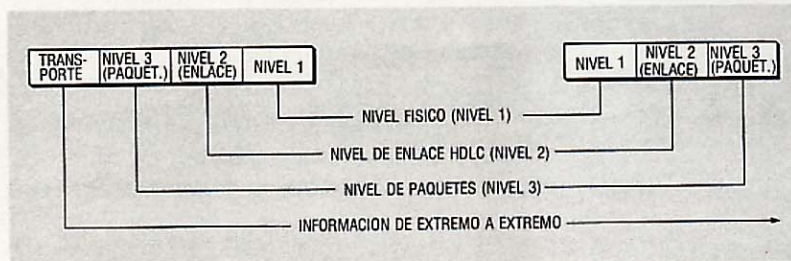
- Delimitación de tramas, utilizando indicadores especiales, cuya unicidad se mantiene mediante la inserción y supresión de bits 0 después de cualquier secuencia de cinco bits 1 consecutivos en el flujo de datos. Esto sólo se requiere en mensajes de longitud variable.

- Campos de dirección y control, que pueden contener la identidad del terminal, el tipo de trama e información del número de mensaje.
- Campo de información, que contiene información para el tratamiento de la llamada (funciones de comienzo de llamada, liberación, encaminamiento e identificación de línea).
- Detección de errores por medio de bitios de comprobación al final de cada trama.
- Corrección de errores mediante la retransmisión de los mensajes, en secuencia obligada o no. Según el primer procedimiento, se envía repetidamente un mensaje hasta que es reconocido por el extremo distante o hasta que, tras cierto número de repeticiones sin dicho reconocimiento, se detecta un fallo.

El protocolo elegido debería permitir los modos de operación "maestro-esclavo" o de "igual rango", que utilizan técnicas sincrónicas de transmisión bitio a bitio.

Cuando haya necesidad de acceder a otras redes (por ej., a una red de paquetes con sus propios protocolos) a través de la central RDSI, se podrían utilizar para ello las técnicas de línea directa (hot line). Después de enviar una señal de toma indicando que el terminal llamante requiere

**Figura 2**  
Niveles de protocolo en el interfaz del terminal de datos con el terminal de circuitos de datos.



acceso a una red especializada, la información de tratamiento de llamada subsiguiente se envía usando los protocolos de dicha red de datos. Es deseable, por tanto, que los distintos protocolos de red sean compatibles.

El nivel 3, nivel de control de red, está dedicado a la transferencia de los mensajes que se refieren al establecimiento de llamadas o al control. La forma, método de identificación de mensajes, delimitación, códigos de carácter, etc., son aún tema de estudio a nivel nacional e internacional.

Existen ya protocolos basados en los estándar ISO HDLC (high level data link control), como son el CCITT X.25 para los sistemas de conmutación de paquetes y la señalización CCITT n° 7 para la señalización por canal común entre nodos de la red. Ambos se explican someramente en el Apéndice.



Tabla 2 – Modo de trama fija

Bitios	1	8	1	8	1	8
	Cabecera		Carácter		Comprobación	
Cabecera	– Indicador de servicio					
Carácter	– Código de marcación y de control (alfabeto internacional nº 5)					
Comprobación	– Detección de error					

**Modo de trama fija**

Este modo de operación utiliza una palabra de longitud fija de tres octetos (ver tabla 2) consistentes en los campos de cabecera, de carácter y de comprobación. Se usa simplemente como medio de transferir información de señalización o de control y su realización es económica.

**Modo de trama variable**

La red RDSI tendrá que llevar control e información desde una variedad de terminales hacia la propia red o, a través de los interfaces adecuados, hacia otras redes. Tal situación requiere un protocolo de transporte flexible<sup>3</sup>. El método preferido actualmente es la técnica en modo de tramas basada en los procedimientos HDLC, que también es la base del nivel de enlace (nivel 2) de los protocolos de conmutación de paquetes X.25 y X.75; estos últimos pueden transferir no sólo información de control sino también de usuario. En el Apéndice se describen brevemente estos sistemas.

**Acceso de usuarios de datos**

Un usuario especializado en datos puede pertenecer a cualquiera de las siguientes clases definidas por el CCITT:

- CU 1: arrítmico, 300 bit s<sup>-1</sup>
- CU2: arrítmico, 50 a 200 bit s<sup>-1</sup>
- CU3 a CU7: síncrono, 600 a 48 000 bit s<sup>-1</sup>
- CU8 a CU11: paquetes, 2400 a 48 000 bit s<sup>-1</sup>.

Las recomendaciones del CCITT identifican los eventos que ocurren entre el ter-

minal (DTE) y el equipo de terminación de circuito (DCE) para cada clase de usuario. Estas recomendaciones son las X.20/X.20 bis para los usuarios arrítmicos y las X.21/X.21 bis para los terminales síncronos.

Sin embargo, la RDSI con su integración de servicios ofrece la oportunidad de tener un método común de acceso de usuario desde todos los tipos de terminales de datos. Este acceso se basará en una nueva generación de protocolos normalizados para la RDSI, que podrían utilizar el formato en tramas del HDLC.

**Posibles protocolos de acceso**

La situación no se aclarará hasta que se haya tomado una decisión sobre la manera en que se utilizará el canal Δ. Si se decide separar la función de señalización de todas las demás, incluyendo la de telemetría, existirá una mayor libertad de elección. En el caso en que se deje la posibilidad de transportar algunos datos en el mismo canal que la señalización, la elección será más restringida, ya que habrá que atender a dos (o más) clases de tráfico. El modo en tramas HDLC es importante en dicha elección. Aunque aún no ha habido un acuerdo internacional, se está extendiendo el consenso sobre el uso de los protocolos X.25 y nº 7. Debe notarse que el X.25 (y su equivalente para enlaces X.75) se refiere al manejo de datos y de señalización, mientras que el de señalización por canal común CCITT nº 7 sólo se dedica a dicha función. Por ello, en general el X.25 es más adecuado para la función de acceso, a menos que se separe la señalización, en cuyo caso el CCITT nº 7 será la elección obvia. Es evidente que un protocolo basado en el X.25 permitiría tratar cualquier combinación de señalización y de datos y sería, por tanto, aplicable al acceso del abonado normal. Para grupos de líneas, como en el caso de una estructura múltiplex o de una centralita automática, la señalización se separaría en un canal Δ común.

El empleo del sistema de señalización nº 7 en estos casos sería consistente con

Figura 3  
Posible realización de las funciones del acceso de usuario en el caso de asignación de canales dinámica.

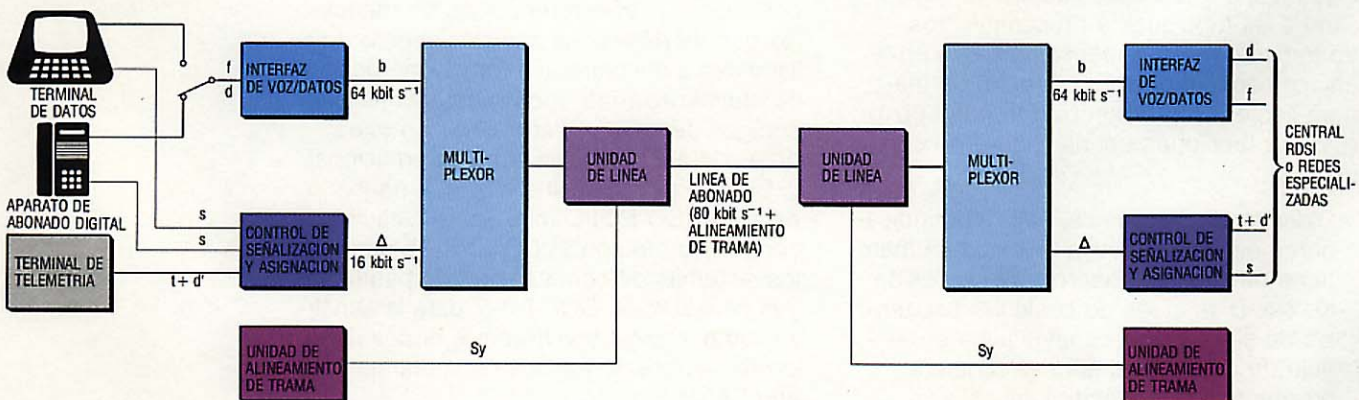




Tabla 3 – Posible formato de trama RDSI

Dirección de transmisión ←						
Bitios	8	8	8	n	16	8
	Indicador (bandera)	Dirección*	Control	Información	Comprobación de trama	Indicador (bandera)
	┌ nivel de paquete ─┐					
	└────────────────── nivel de enlace ───────────────────┘					
Indicador (bandera)	– Realiza la función de sincronización usando la secuencia de bitios 01111110.					
Dirección	– Define si la trama contiene instrucciones o respuestas y si van del equipo terminal de datos (DTE) al equipo de terminación de circuito de datos (DCE), o viceversa.					
*	– Adicionalmente el campo de dirección incluye un indicador de protocolo que describe el servicio de que se trate.					
Control	– Define el tipo de trama: Trama I – Transferencia de información Trama S – Supervisión de enlace Trama U – Funciones adicionales de control del enlace.					
	– Realiza la función de reconocimiento, enviando el número de secuencia de recepción.					
Comprobación de trama	– Código polinómico de 16 bitios que sirve como comprobación de error en el contenido de la trama.					
Información	– Contiene señalización y datos que son independientes de la secuencia de bitios.					

su uso entre los nodos de la red, pudiendo considerarse un multiplexor remoto o una centralita como nodos pequeños.

En la tabla 3 se muestra un posible formato para el acceso de abonado. Es precisamente el mismo expuesto en el Apéndice para el X.25, a excepción de la introducción de un indicador de protocolo en el campo de dirección. Este indicador notifica a los terminales sobre cuál es el servicio (datos, telemetría o señalización) que está cursando una trama en particular, permitiendo con ello que se lleven a cabo las acciones pertinentes sin necesidad de utilizar el campo de información. Lo explicado sería una variante respecto de la estructura en niveles ISO actualmente aceptada (ver tabla 4), ya que permite la identificación del servicio en el nivel 2. En dicho nivel 2, el formato HDLC con campos ampliados de dirección y control ofrecería la flexibilidad en indicadores de servicio y numeración de canal, necesaria para simplificar la realización de servicios futuros, aún no definidos.

Todavía no se ha precisado qué señalización se va a transmitir en el nivel 3 (es decir, en el campo de información del canal  $\Delta$ ) pero parece que se debería intentar lograr la mayor comunalidad para los servicios; cuando fuese posible se deberían utilizar los formatos X.25, ya establecidos para los datos empaquetados en tramas. La delimitación del contenido del campo de información puede aumentar la longitud de los mensajes de señaliza-

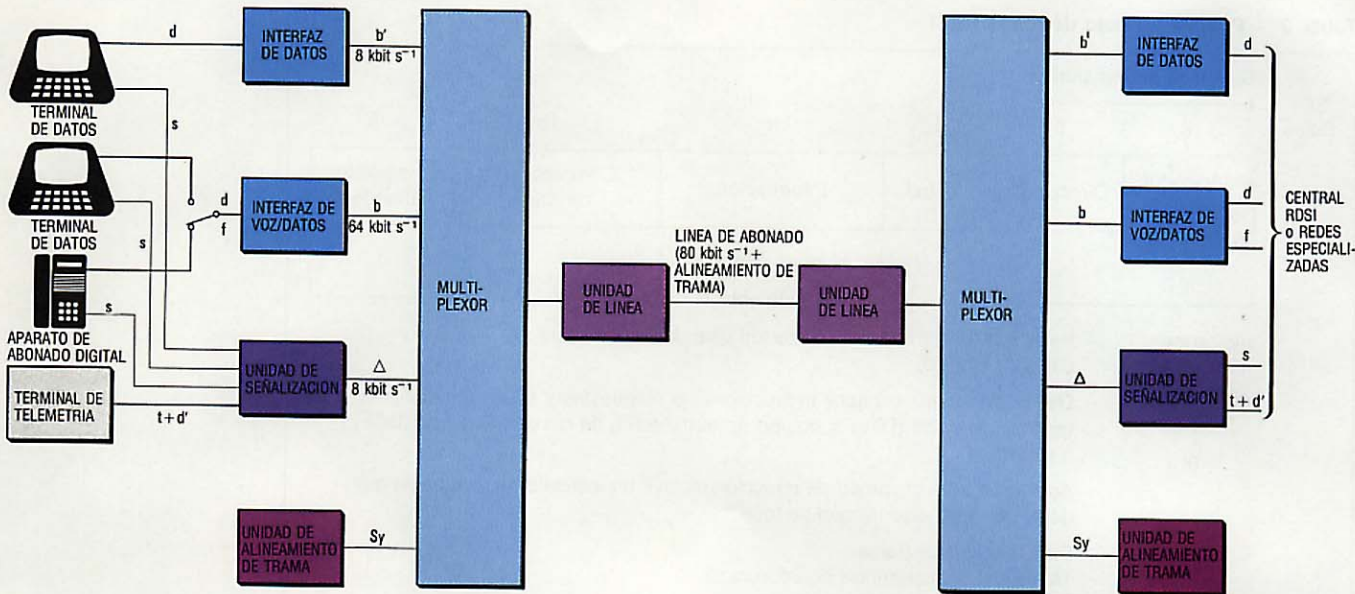
ción, pero, puesto que el tráfico generado por ésta es bajo, el impacto de los mensajes ampliados sería despreciable. El uso de los protocolos X.25 existentes compensa cualquier efecto adverso. En el Apéndice se da un ejemplo de *paquete de petición de llamada* del nivel 3 RDSI.

#### Acceso de centralita automática (PABX) digital

En el caso de una centralita pequeña (por ejemplo, de 5 líneas o menos hacia la central) puede ser preferible similar dichas líneas a las de abonados individuales con velocidad de  $80 \text{ kbit s}^{-1}$ , usando un canal de señalización separado para cada línea. Esto permitiría a los abonados de la centralita acceder a un canal principal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , a un canal auxiliar de datos o a ambos, según lo precisara. Se deberá cuidar el dimensionado, de acuerdo con el tráfico y los intentos de llamada, en particular si a los usuarios que sólo requieren bajas velocidades de transmisión se les ofrece el acceso al canal principal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ .

En las centralitas mayores, probablemente se realizará una multiplexación de los canales, utilizando una velocidad normalizada de  $2048 \text{ kbit s}^{-1}$  o la propuesta de  $704 \text{ kbit s}^{-1}$ . Los esquemas indicados podrían atender respectivamente a 24 ó a 8 canales de  $80 \text{ kbit s}^{-1}$ , cada uno de ellos con su propio canal de señalización, o bien a 30 ó 10 canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , utilizando otro canal para la





**Figura 4**  
Posible realización de las funciones del acceso de usuario en el caso de asignación de canales fija.

señalización por canal común. En el caso de llamadas de datos de baja velocidad, las alternativas podrían consistir en su encaminamiento por líneas separadas a redes especializadas, la adaptación de la velocidad a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , y la multiplexación de varias llamadas de baja velocidad en un canal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ .

Un acceso ampliado, también de posible aplicación, se define actualmente en la CEPT, y consistirá en un canal de  $n \times 64 \text{ kbit s}^{-1}$ , más un canal  $\Delta$  de  $16$  ó  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . Este acceso podría ser útil en el caso de servicios de banda ancha.

### Configuraciones típicas de sistemas

De las discusiones anteriores se desprende que en algunos aspectos importantes referentes al acceso del usuario todavía no se ha llegado a una decisión final. Las siguientes preguntas básicas siguen sin respuesta definitiva:

- ¿Usará la asignación de canales un modo fijo o un modo dinámico? y por consiguiente, ¿serán los servicios adicionales de datos tratados en un canal separado  $b'$  o en el canal  $\Delta$ ?
- ¿Qué velocidades binarias se elegirán para los distintos canales y cuál será la velocidad total en el bucle de abonado digital?
- ¿Usará el protocolo del canal  $\Delta$  formatos de trama fija o formatos de trama variable basada en el HDLC, en el nivel 2?
- ¿Se definirán protocolos especiales para RDSI o se emplearán los protocolos existentes (ej., X.20, X.21, X.25) en el acceso del usuario de datos a través del enlace digital?

- ¿Hasta qué punto se instalarán redes especializadas de datos, con conmutación de circuitos o de paquetes, en paralelo con la red RDSI y qué servicios serán tratados por estas redes durante las distintas etapas de integración?

Sin olvidar estas incertidumbres, a continuación se expone la estructura del equipo de acceso de abonado digital, en dos posibles configuraciones de sistemas.

### Asignación de canales fija

Se muestra en la figura 4. Esta configuración se basa en una asignación de canales fija dentro de la velocidad binaria total de  $80 \text{ kbit s}^{-1}$  y supone las siguientes velocidades individuales:  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para el canal  $b$ ,  $8 \text{ kbit s}^{-1}$  para el canal  $b'$  y  $8 \text{ kbit s}^{-1}$  para el canal  $\Delta$ . Se considera que el medio de transmisión es responsable de la sincronización. La capacidad del canal  $\Delta$  es suficiente para permitir la elección entre protocolos con formatos de trama fija o formatos de trama variable. En el interfaz de datos para el canal  $b'$  del lado de la central, las señales de datos serán, o bien adaptadas a la velocidad de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para ser conmutadas a través de la red RDSI, o bien estructuradas en múltiplex para su encaminamiento a las redes especializadas de datos. Los canales serán utilizados según hemos descrito en una sección anterior. El canal  $b'$  opera independientemente del canal  $b$  y en él podrían multiplexarse varios servicios simultáneos de datos. La información de los tipos  $t$  y  $d'$  se muestra aquí encaminada directamente hacia un equipo de control especial. Esto no excluye la posibilidad de que la información  $d'$  sea encaminada hacia otros nodos después de adecuar convenientemente su velocidad binaria, o después de una multiplexación.



**Asignación de canales dinámica**

En la figura 3 se muestra la principal alternativa a la asignación fija que utiliza el canal  $b'$ . En este caso el ancho de banda total de  $80 \text{ kbit s}^{-1}$  se reparte así:  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para el canal  $b$  y  $16 \text{ kbit s}^{-1}$  para el canal  $\Delta$ , que llevará informaciones de los tipos  $s$ ,  $t$  y  $d'$  en forma de mensajes intercalados.

Dada la mayor velocidad binaria del canal  $\Delta$  es posible transmitir por este canal datos de servicios cuya velocidad no exceda de  $9,6 \text{ kbit s}^{-1}$ . El protocolo de acceso de enlace para el canal  $\Delta$ , asignado dinámicamente, habrá de estar basado en formatos de trama variable para poder ofrecer la transmisión de mensajes intercalados. La unidad de control de asignación y señalización tiene que realizar las tareas adicionales que este método requiere (agrupación, intercalado y desagregación de mensajes; asegurar la prioridad de la señalización; encaminar los distintos tipos de información a sus correspondientes destinos). Después de su desagregación, los mensajes de datos se dirigen al interfaz de datos, donde serán tratados como se describió anteriormente. Con objeto de asegurar que el retardo máximo de la señalización sea de  $67 \text{ ms}$ , se deberá limitar a unos 128 octetos la longitud de los mensajes que vayan a ser transmitidos por medio del canal  $\Delta$ . Se espera que el retardo medio sea mucho menor que el indicado.

**Posibles perspectivas; una mirada al futuro**

Las secciones previas han presentado una panorámica que es futurista, dado que la situación actual es de definición y pruebas de campo. La utilización de una única conexión para obtener plena capacidad dúplex en una gama de servicios todavía sin especificar, requiere que se escoja con cuidado un modo de acceso suficientemente flexible para no depender de los servicios ni de sus velocidades. Actualmente este objetivo se cumple con el modo en tramas y la agrupación de la información en paquetes para su transmisión hacia la red. Las redes de telefonía digital se basan en el muestreo de la forma de onda de la voz a una velocidad de  $8 \text{ kbit s}^{-1}$  y la posterior representación de cada muestra mediante 8 bits, siguiendo las leyes de codificación  $A$  ó  $\mu$ . Esta normalización asegurará que durante toda la evolución de la red digital se mantengan los niveles de calidad de la voz.

Algunos consideran que el estándar actual de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  es un despilfarro de ancho de banda; consecuentemente se

están investigando algunas técnicas que mejoren la utilización del ancho de banda, mediante distintos métodos de codificación (MIC diferencial adaptativa, modulación delta adaptativa, y varias técnicas de compresión de voz).

Sin embargo, como la red digital ha de ser usada por otros tipos de servicios, en los que el empaquetamiento ofrece una solución económica, es necesario tratar de igual forma a la voz, ya que además la conversación es, por su propia naturaleza, intermitente y el tiempo "activo" de una llamada representa un 30% de su duración total, en cada dirección.

Uno de los mayores problemas que surgen al tratar de empaquetar la voz, es el retraso tolerable en una conexión de extremo a extremo. Se trata de un efecto subjetivo y las pruebas empíricas han demostrado que se pueden aceptar retrasos hasta de  $200 \text{ ms}$  siempre que se eliminen los ecos. La realización práctica del método de conversación empaquetada no parece estar muy lejana, especialmente en redes de comunicación privadas, a la vista de las nuevas técnicas de codificación y de las altas velocidades de transmisión posibles al utilizar fibras ópticas en el área local y en la interurbana.

La figura 5 muestra cómo progresan las muestras de voz empaquetadas y multiplexadas en una línea de transmisión de  $80 \text{ kbit s}^{-1}$ . Para reducir el ancho de banda total requerido en la red se utiliza una técnica que consiste, bien en enviar un paquete mínimo de, por ejemplo, dos octetos para indicar la situación de "silencio", que será reconstruido en el terminal distante, o bien en enviar una referencia de tiempo con cada paquete.

Las muestras normales de voz se agruparán en paquetes, probablemente de una longitud máxima de 128 octetos, en el equipo de terminación de circuito, en donde esperarán para acceder a la línea de transmisión. En un entorno multiservicio los paquetes de voz tendrán la mayor prioridad, y la señalización la prioridad siguiente. Cuando el equipo de terminación reconozca la situación de silencio, generará un paquete mínimo, indicado en la figura 5 por  $d$ ,  $e$  y  $f$ . En el extremo receptor las tramas se almacenan temporalmente; no se efectúa comprobación de errores para la voz. La trama se envía posteriormente al terminal de abonado, con los paquetes de "silencio" ya en su forma original.

Los retrasos experimentados por la voz o la señalización estarán influidos por el tráfico y el número de intentos de llamada totales en la línea de  $80 \text{ kbit s}^{-1}$ ; sin embargo, un primer análisis basado en distribuciones de tráfico típicas indica



que el retraso en la voz, debido a la estructuración y transmisión de los paquetes, es de unos 15 ms, mientras que el retraso en la señalización es sólo de unos 3 ms. Ambos valores son aceptables.

Las redes futuras pueden basarse en canales que no sean de 64 kbit s<sup>-1</sup>, existiendo además la posibilidad de que todos los servicios, incluyendo los de voz, se transmitan en forma de secuencias de bits convenientemente delimitadas. Es posible que, conseguido lo anterior, se evolucione hacia un sistema global de conmutación de paquetes, al introducir la técnica de tramas para la voz. Las señales de datos, señalización y voz podrían ubicarse convenientemente en tramas de, por ejemplo, un máximo de 128 octetos, siendo identificada cada trama mediante un indicador del protocolo. Las distintas tramas serían enviadas en forma de mensajes intercalados, a través del bucle de abonado, hacia el circuito de línea de la central. En ésta serían encaminadas de acuerdo con el indicador del protocolo: la información de señalización al control, y las tramas de voz y datos a sus destinos correspondientes. Las tramas de voz sufrirían evidentemente algún retraso, ya que han de ser almacenadas mientras se transmite una trama de datos o se evalúa el indicador de servicio.

**Conclusiones**

Habrá que trabajar bastante más para conseguir un acuerdo internacional completo sobre el acceso de usuario. Sin em-

bargo, existe un cierto número de puntos importantes sobre los que ya se ha logrado un acuerdo general.

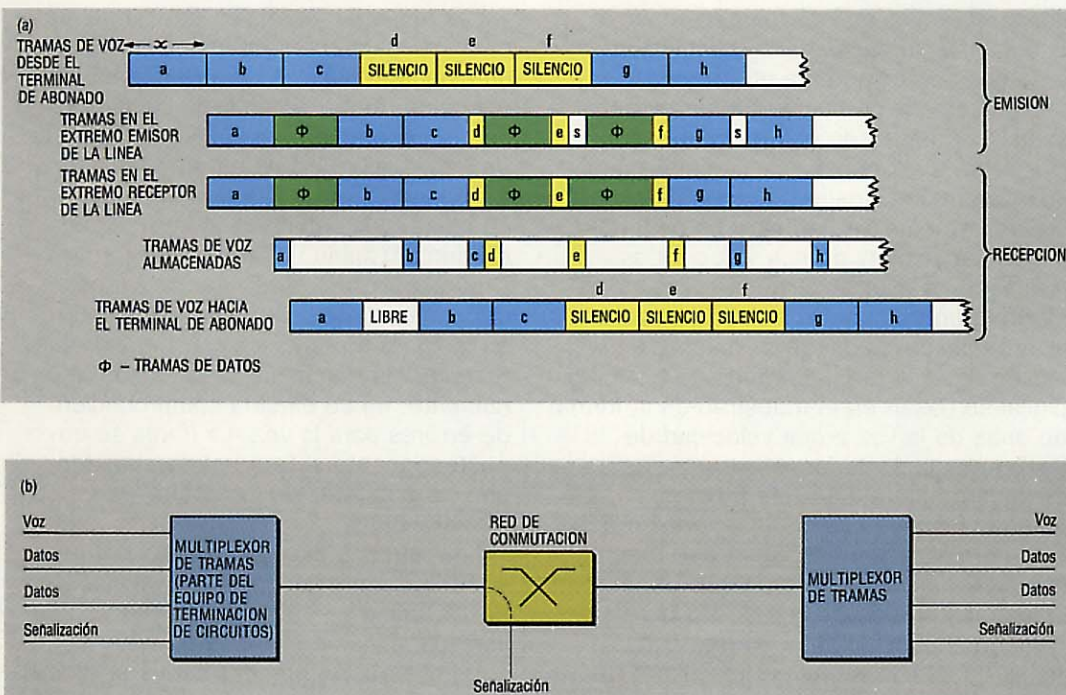
En primer lugar, el bucle digital contendrá un canal principal de 64 kbit s<sup>-1</sup>. Este canal actuará en forma transparente, siendo conmutado a través de la red para utilización de extremo a extremo por los usuarios.

En segundo lugar, la señalización usará un modo de trama fija o de trama variable. Es posible que se emplee una estructura de mensajes direccionados mediante etiqueta, incorporando además una secuencia de comprobación de trama. Lo más probable es que se tomen como base los protocolos del HDLC, nivel 2, esperándose cubrir de esta manera todos los servicios futuros.

Si se desea mezclar mensajes de datos y de señalización en el mismo canal, se necesitarán protocolos que cubran ambos tipos de servicios. En el caso de separar la señalización, se podrá definir un protocolo especial para ésta.

Por otra parte, existen varias opciones en la realización práctica y en el uso del ancho de banda asignado a un abonado (80 kbit s<sup>-1</sup>); sea cual fuere el método elegido, deberá ser económico y no dificultar las futuras aplicaciones en la red.

Finalmente, el acceso de las centralitas automáticas (PABX) vendrá probablemente determinado por sus tamaños; si son grandes, es muy posible que se utilice la señalización CCITT n° 7 o un subconjunto de ésta, mientras que en instalaciones más pequeñas puede aplicarse el acceso digital básico.



**Figura 5**  
Empaquetado de la voz utilizando la técnica de supresión de silencios. (a) principio, y (b) realización en equipo.



**Apéndice**

mirá los ceros añadidos. De esta forma el indicador es único.

**High Level Data Link Control**

En la tabla 4 se muestra el formato básico de trama especificado en las normas internacionales ISO 4335 y 3309. Todas las tramas comienzan y terminan con una secuencia indicadora especial. El campo de control, que identifica el tipo de trama (es decir, I = información, S = supervisora, U = respuesta sin numeración, y la numeración de la secuencia del mensaje), puede ser ampliado para permitir una operación en módulo 128 (ver tabla 5). El campo de dirección, que contiene información de dirección del terminal, también puede ampliarse. El campo de información puede tener cualquier número de bits, pero lo más probable es que sea múltiplo de caracteres u octetos.

La secuencia de comprobación de trama, de 16 bits, tiene como misión la protección frente a errores. Si en el futuro se evidencia la necesidad de un grado mayor de protección, se podrán asignar octetos adicionales.

Para asegurar que la secuencia indicadora 01111110 no pueda simularse por los datos, se inserta un bit 0 después de cada cinco consecutivos bits 1. El receptor examinará la trama y supri-

**Interfaz CCITT X.25**

El interfaz para la red de paquetes, X.25, definido por el CCITT, se ha adoptado internacionalmente.

En el nivel 2 (el nivel de enlace) el X.25 utiliza un subconjunto de las instrucciones/respuestas del HDLC y un campo de dirección modificado. El procedimiento para inicializar el enlace en X.25 también ha variado: se ha definido un procedimiento en modo equilibrado conocido como LAPB, en el que con una sola instrucción se puede inicializar una conexión para transmisión bidireccional.

El nivel 3 del X.25 es el nivel de paquete y define los tipos de paquetes y formatos. También permite que una única conexión física (nivel 1) transmita múltiples canales lógicos (llevará a cabo una función de multiplexación, facilitando ancho de banda cuando lo haya disponible, es decir, un circuito virtual). Se pueden transmitir muchos tipos de paquetes diferentes, incluyendo: *establecimiento o liberación de llamada, transferencia de información y control del flujo*. La tabla 6 muestra un paquete del tipo *petición de llamada*.

**Tabla 4 – Trama HDLC, nivel 2**

Dirección de Transmisión						
←	8	8	8	Variable	16	8
Bitios	Indicador	Dirección	Control	Información	Comprobación de trama	Indicador

La velocidad binaria requerida por un usuario depende de la relación entre bits de servicio y bits de información.

Indicador – Realiza las funciones de sincronización.

Dirección – Define si la trama contiene instrucciones o respuestas y si la dirección es de DTE a DCE o viceversa.

Control – Define el tipo de trama y el número de secuencia de trama (ver tabla 5):  
 Trama I – Transferencia de información  
 Trama S – Supervisión de enlace  
 Trama U – Funciones adicionales de control del enlace.

Comprobación de trama – Código polinómico de 16 bits, utilizado como comprobación de error en el contenido de la trama.

Información – Contiene combinaciones de octetos que dependen del tipo de paquete, identificador de formato general, etc.

**Tabla 5 – Formatos del campo de control**

Bitios del campo de control	1	2	3	4	5	6	7	8
Trama I	0	N(S)			P/F	N(R)		
Trama S	1	0		S	P/F	N(R)		
Trama U	1	1		M	P/F	M		

N(S) – Número secuencial en emisión del transmisor (bitio 2 = bitio de orden inferior).

N(R) – Número secuencial en recepción del transmisor (bitio 6 = bitio de orden inferior).

S – Bitios de la función de supervisión.

M – Bitios de la función de modificación.

P/F – Bitio de petición, cuando está en 1 en una trama de instrucción.  
 Bitio final, cuando está en 1 en una trama de respuesta.



Es interesante señalar que el CCITT tomó el HDLC como base del X.25 y modificó su aplicación cuando no encajaba adecuadamente con los requisitos de las redes públicas.

utiliza un canal digital de 64 kbit s<sup>-1</sup>, atiende a unas 1000 terminaciones y sólo lleva información de control, no datos de usuario.

El CCITT nº 7 puede considerarse compuesto de varias partes, tres de las cuales son:

**Sistema de señalización CCITT nº 7**

El sistema de señalización nº 7 se ha desarrollado principalmente para el intercambio de información de señalización entre centrales. Para este cometido

– Parte de transferencia de mensajes (Recomendaciones del CCITT Q.701–707); proporciona un transporte fiable para la transferencia de mensajes entre procesadores de telecomunicación. Su formato básico de trama se muestra en la tabla 7.

**Tabla 6 – Formato del nivel 3 de un paquete de petición de llamada y llamada entrante**

	8	7	6	5	4	3	2	1	
Octeto 1	Identificador de formato general 0 0 0 1				Número de grupo del canal lógico				
Octeto 2	Número de canal lógico								
Octeto 3	Identificador del tipo de paquete 0 0 0 0 1 0 1 1								
Octeto 4	Longitud de la dirección del DTE llamante				Longitud de la dirección del DTE llamado				
	Dirección del DTE (equipo terminal)								Hasta 15 octetos, un semiocteto por dígito
					0 0 0 0				
	0 0		Longitud del campo de facilidad						
	Facilidades								
	Datos de llamada de usuario								Máximo 16 octetos

**Tabla 7 – Señalización por canal común. Estructura básica de trama**

	Dirección de transmission ←										
Bitios	8	7	1	7	1	6	2	8	Variable	16	8
	Indicador	BSN	BIB	FSN	FIB	LI	libre	SIO	SIF	CRC	Indicador
Indicador	– 0111110; código único con seis unos consecutivos.										
CRC	– Bitios de comprobación polinómica.					BSN – Número de secuencia hacia atrás.					
SIF	– Contenido del mensaje de señalización.						FIB – Bitio indicador hacia adelante.				
SIO	– Octeto de información de servicio.								BIB – Bitio indicador hacia atrás.		
LI	– Indicador de longitud.										

Nota: La estructura de la trama no se ha representado a escala.

**Tabla 8 – Estructura de etiquetas del CCITT nº 7**

	<i>Estructura de etiqueta básica</i>				
Bitios	12		14		14
	Código de identificación de circuito		Código de la central de origen		Código de la central de destino
	<i>Estructura de etiqueta, datos submultiplexados</i>				
Bitios	8	12	14	14	
	Código del intervalo	Código de identificación de circuito	Código de la central de origen	Código de la central de destino	



— Parte de usuario de telefonía (Recomendaciones del CCITT Q.721—Q.725); transporta las señales del usuario telefónico, incluyendo la etiqueta, que es común a todos los mensajes y que contiene (ver tabla 8) la identificación del circuito, la central de origen y la central de destino. Los mensajes de señalización incluirán todos los sucesos previsibles en el control de una conexión telefónica y estarán alojados dentro de la estructura de la unidad de señalización, variando entre 2 y 62 octetos la longitud dedicada al contenido de señalización.

— Parte de usuario de datos (Recomendaciones del CCITT X.60, X.61); los sucesos de señalización del usuario de datos, al igual que los sucesos telefónicos, se incluirán en la unidad de señalización del mensaje. Sin embargo, los sucesos en el área de datos son diferentes a los de la telefonía y por tanto el contenido de los mensajes será también diferente. Ya que los datos pueden submultiplexarse en un canal de 64 kbit s<sup>-1</sup> del enlace, puede necesitarse que la etiqueta contenga (tabla 8): el código del intervalo, la identificación del circuito, la central de origen y la central de destino. En el caso de que los datos utilicen el canal completo de 64 kbit s<sup>-1</sup>, se podría usar la etiqueta básica. Las primeras indicaciones sobre las longitudes de los mensajes, muestran que éstas podrían variar entre 2 x 40 octetos, excluyendo la etiqueta.

Como puede verse, el sistema de señalización nº 7 en su plena capacidad es demasiado potente para utilizarse en el acceso de usuario. Sin embargo, convenientemente adaptado, puede elegirse para el acceso de centralitas automáticas.

#### Referencias

- 1 Informe del grupo especial en RDSI (GSI) de la CEPT, Lausanne, 20—24 octubre 1980.
- 2 F. Kaderali y J. A. Murray: Pruebas de campo en el área local digital: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 87—96 (en este número).
- 3 C. R. Carter, M. J. Collard, M. J. Hillyard, W. A. G. Walsh, y J. Serrano Hernández: Métodos de transporte para redes digitales de servicios integrados: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 57—70 (en este número).
- 4 David E. Carlsson: Bit Oriented Data Link Control Procedures: *IEEE Transactions on Communications*, volumen COM 28, nº 4, abril 1980.

**R. C. Slatter** nació en Londres, Inglaterra, en 1928. Ingresó en STC en septiembre de 1944. Después de un período en las fuerzas aéreas (RAF) trabajó en el diseño y desarrollo de sistemas de conmutación telefónica, telegráfica y de mensajes. Antes de dejar STC estuvo dedicado a la coordinación de la gestión de nuevos productos. El Sr. Slatter es actualmente miembro del grupo de planificación de sistemas en STL, teniendo responsabilidad en la coordinación de las actividades RDSI de ITT en relación con la CEPT y el CCITT.

**W. A. G. Walsh** nació en Londres, Inglaterra, en 1923, e ingresó en STC en 1939. Ha participado en el desarrollo de sistemas de conmutación electrónica durante la evolución desde la modulación MAI a la MIC. En los últimos años ha sido jefe de ingeniería de sistemas para los sistemas de conmutación de circuito para datos. Actualmente se encuentra en la división de planificación de sistemas de STL, con responsabilidad en las redes digitales de servicios integrados. El Sr. Walsh es el coordinador técnico ITT-CCITT para datos.

**Firoz Kaderali** nació en Dar es Salaam, Tanzania, en 1942. Estudió ingeniería eléctrica teórica en Darmstadt, Alemania, desde 1963 a 1969, obteniendo los grados de Dipl-Ing y Dr. Ing. Entre 1972 y 1977 fue lector en la Universidad, dedicado a la enseñanza y a la investigación en varios temas que incluían: teoría de redes, teoría de señales y sistemas, conmutación y transmisión digital y teoría de grafos. El Dr. Kaderali entró en el centro de investigación de SEL en 1977, siendo responsable de las actividades de planificación de sistemas y pruebas de campo relacionadas con redes locales digitales y con redes digitales de servicios integrados. Últimamente se trasladó a T & N, Frankfurt.

**P. Schmidt** nació en Stuttgart, Alemania, en 1949. Estudió ingeniería eléctrica en la Universidad de Stuttgart, obteniendo el grado de Dipl-Ing en 1974. Ingresó en SEL en ese mismo año, comenzando a trabajar en el departamento de planificación de sistemas para centralitas automáticas. Desde 1980 ha realizado estudios básicos para los futuros servicios y redes de telecomunicación en el Centro de Investigación de SEL.



# Aplicación del control distribuido al tratamiento de servicios no telefónicos

Las centrales que ahora se diseñan y fabrican con el fin primordial de satisfacer las necesidades actuales de la telefonía, deberían ser adecuadas para utilizarse en un futuro entorno de red RDSI (red digital de servicios integrados), evitando con ello tener que desarrollar otra nueva generación de centrales dentro de muy pocos años. La central digital ITT 1240 responde en su diseño a las exigencias de la RDSI. En paralelo con la evolución de la red, se le podrán añadir nuevos módulos, obteniéndose así una gama completa de servicios no telefónicos sin cambiar la arquitectura básica de la central ni afectar a los circuitos y equipo existentes.

**G. Toluoso**

**S. R. Treves**

FACE Finanziaria, Milán, Italia

## Introducción

La estructura de la central digital ITT 1240 ha sido concebida para satisfacer la demanda de una amplia gama de servicios nuevos y futuros, demanda que está impulsando la integración de varios tipos de servicios en la misma red de comunicación — filosofía de la RDSI (red digital de servicios integrados).

Las características más importantes de la arquitectura de la central ITT 1240<sup>1</sup> son: control distribuido, con las terminaciones de líneas y enlaces construidas como módulos independientes; crecimiento modular y capacidad de comunicación entre los elementos de control distribuido a través de la red digital de conmutación. En consecuencia, pueden proporcionarse servicios no telefónicos simplemente mediante el desarrollo de los módulos terminales apropiados junto con sus elementos de control.

## Interfaces de las centrales locales en un entorno RDSI

En un entorno RDSI deben contemplarse diferentes tipos de información incluyendo:

- voz, originada en aparatos de abonado analógicos o digitales
- texto, relacionado con los servicios de télex, teletex y videotex interactivo

- imagen, principalmente facsímil, incluyendo telefax, bureaufax y datafax (Grupos CCITT 3 y 4)
- datos, incluyendo servicios interactivos, como los de entrada de datos e interrogación-respuesta, y servicios por lotes (ej., recogida de datos y comunicación entre procesadores), originados desde terminales de las clases de usuario definidas por el CCITT (CU 1 a CU 11).

En general, los servicios de texto e imagen accederán a la red a través de interfaces definidos por las referidas clases de usuario de datos del CCITT.

La figura 1 identifica los principales interfaces, considerando el lado de líneas y el de enlaces, que pueden proveerse en una central de la red RDSI para acceder a las redes de comunicación. En el lado de líneas de abonado puede conectarse una gran variedad de equipos terminales de usuario, incluyendo: aparatos telefónicos analógicos y digitales; teleimpresores y procesadores de textos; terminales de datos con modos de operación asíncrona, síncrona y de paquetes; y terminales digitales multiservicio (voz y datos).

Las conexiones en el lado de enlaces incluyen enlaces analógicos y digitales a la red telefónica pública, enlaces télex, y enlaces de datos hacia redes especializadas de conmutación de circuitos y de conmutación de paquetes.

Cada interfaz se define funcionalmente en relación con tres características:



- método de transmisión (ej., dos o cuatro hilos, canal único o multicanal, banda base o banda de grupo, portador eléctrico u óptico).
- señalización (corriente continua, frecuencia vocal, X.20, X.21, X.25, X.70, X.71, X.75, CCITT nº 7, etc.)
- método de transporte de la información (ej., envoltentes, tramas).

**Clases de conexiones de datos tratadas por una central de la RDSI**

De acuerdo con los requisitos de las diferentes Administraciones, una central RDSI habrá de tratar distintos tipos de llamadas de datos, desde el sencillo caso de terminales de usuarios de datos que acceden a redes de datos especializadas, hasta la compleja interconexión de una multiplicidad de terminales de datos en una red de servicios integrados.

Además, los nuevos sistemas de conmutación tendrán que trabajar con las líneas de abonado digital multiservicio (voz y datos combinados), que actualmente están definiendo la CEPT y el CCITT. Las centrales de la RDSI deberán facilitar los siguientes tipos de conexiones no telefónicas:

- Acceso a red especializada de conmutación de paquetes, para llamadas originadas en terminales de usuarios arrítmicos y de paquetes.
- Acceso a red especializada de conmutación de circuitos, para llamadas de datos originadas en terminales de usuarios arrítmicos y síncronos.
- Conmutación de circuitos para llamadas de usuarios arrítmicos y síncronos.

- Conmutación de paquetes para llamadas entre usuarios de paquetes.
- Conmutación de circuitos para las llamadas de usuarios arrítmicos que acceden a terminales de usuarios de paquetes.
- Conmutación simultánea de circuitos y de paquetes para las llamadas de abonados digitales multiservicio.

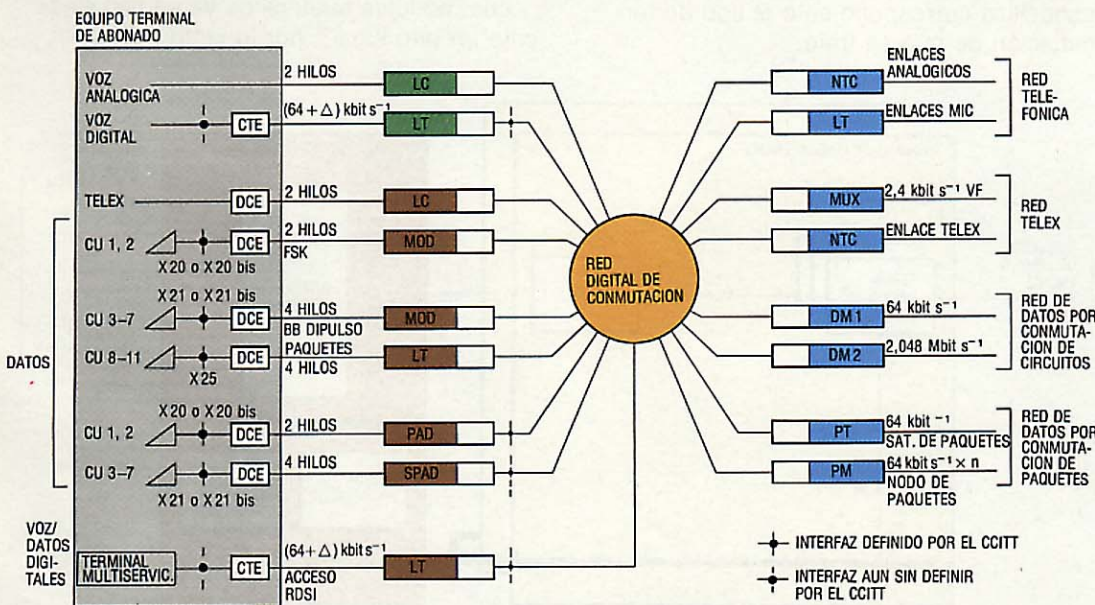
En este artículo se examina la realización en las centrales ITT 1240 de los anteriores servicios no telefónicos.

**Arquitectura de la central local RDSI**

La central digital ITT 1240 se estructura en torno a una red digital de conmutación a la que se conectan módulos terminales que presentan interfaces específicos con las líneas de abonado y los circuitos de enlace, de acuerdo con los distintos tipos de terminación. Cada módulo terminal se equipa con un ECT (elemento de control terminal) que lleva a cabo las funciones repetitivas de entrada/salida. Además, los ECA (elementos de control auxiliar) - también conectados a la red digital de conmutación - proporcionan capacidad de proceso adicional para apoyar a los módulos terminales en la realización de funciones no repetitivas.

La figura 2 muestra la arquitectura básica de la central ITT 1240, preparada para utilización en una futura red RDSI. Los elementos de control ECT y ECA usan una configuración estándar, consistente en un microprocesador con su memoria asociada y un interfaz terminal que da acceso a la red digital de conmutación.

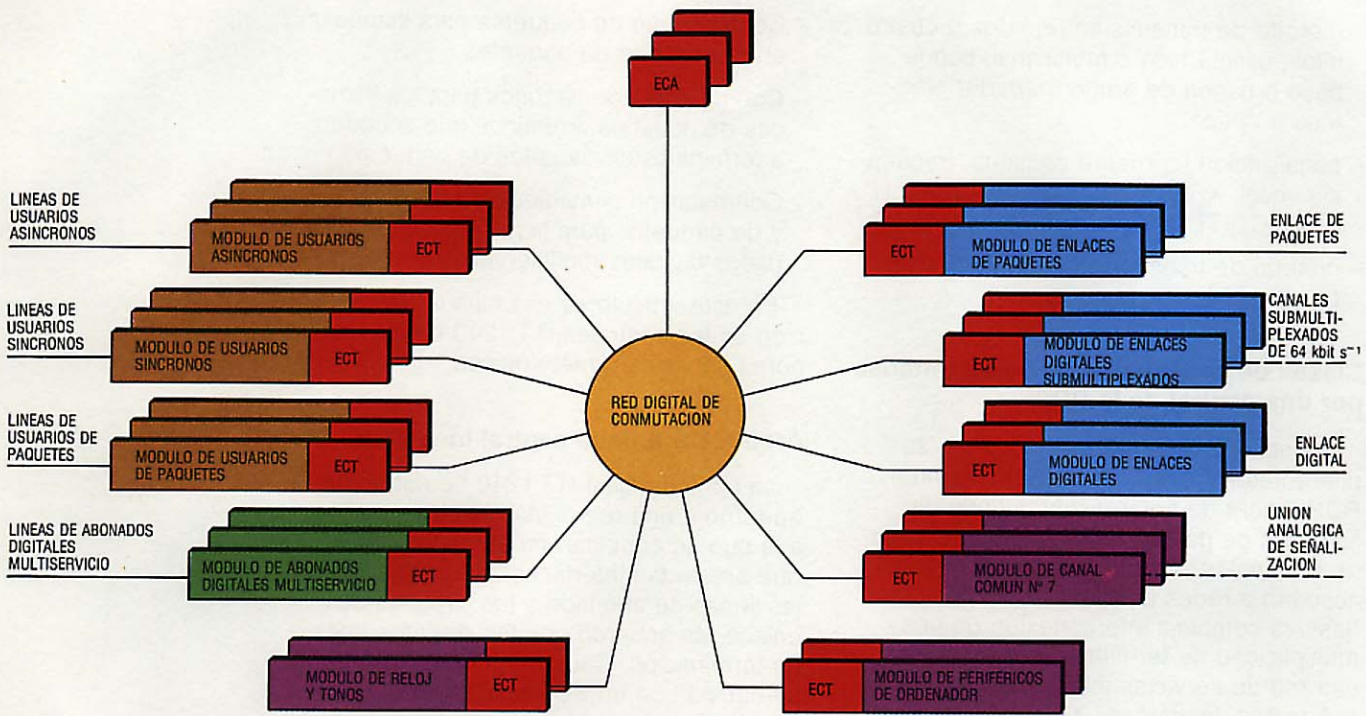
Puesto que la realización de la RDSI está en una etapa inicial, como evidencia la falta de normalización internacional en



**Figura 1**  
Interfaces con la RDSI en una central digital ITT 1240.

- BB - banda base
- CTE - equipo terminal de circuito
- DCE - equipo terminal de circuito de datos
- DM - multiplexor de datos
- FSK - modulación por desplazamiento de frecuencia
- LC - circuito de línea
- LT - equipo terminal de línea
- MOD - módem
- MUX - multiplexor
- NTC - circuito terminal de red
- PAD - empaquetado y desempaquetado
- PM - multiplexor de paquetes
- PT - enlace de paquetes
- SPAD - PAD síncrono
- VF - frecuencial vocal.





**Figura 2**  
Arquitectura básica de la central digital ITT 1240 para servicios telefónicos y no telefónicos en una red digital de servicios integrados.  
CCS - señalización por canal común.

varias áreas, es posible que algunos de los módulos aquí descritos para la central ITT 1240 se alteren, se puedan combinar funcionalmente, o que incluso no sean necesarios. También podrán aparecer – y ello será inevitable – nuevos requisitos que ahora no se vislumbran. La arquitectura ITT 1240, al consistir en módulos terminales conectados mediante interfaces normalizados a una red digital de conmutación, está diseñada para poder aceptar estos cambios con gran facilidad.

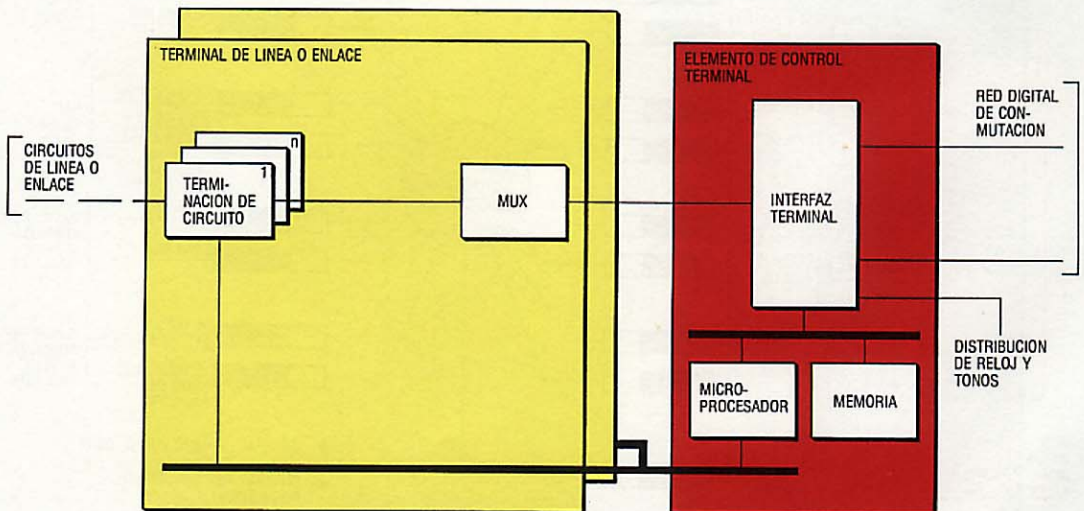
En la figura 3 se representa un módulo terminal típico. Todos los módulos ITT 1240-RDSI están estructurados con bloques similares; además de las partes comunes, cada módulo se equipa con los circuitos interfaces de línea/enlace adecuados y contiene la programación específica correspondiente al tipo de terminación de que se trate.

### Descripción funcional de los módulos RDSI

Se han definido tres categorías de módulos terminales para atender al tratamiento de los servicios telefónicos y no telefónicos (tabla 1):

- módulos de telefonía, para la conexión de líneas de abonado analógicas y enlaces analógicos y digitales
- módulos de datos, para la conexión de líneas de usuarios arrítmicos, síncronos y de paquetes, así como de enlaces de datos
- módulos multiservicio de telefonía y datos, para conectar líneas de abonado digitales y enlaces entre centrales.

Los módulos telefónicos ya se han descrito en otro lugar<sup>2</sup>, por lo tanto aquí se



**Figura 3**  
Configuración de un módulo terminal típico mostrando la partición en un circuito terminal y un elemento de control terminal estándar.



analizarán únicamente los requisitos funcionales básicos de los módulos de datos y multiservicio.

#### **Módulo de usuarios asíncronos**

Este módulo básicamente proporciona el acceso de terminales que operan en el modo arrítmico (clases de usuario 1 y 2 del CCITT) a una red de conmutación de circuitos especializada en datos, a través de un canal digital de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ ; permite, además, la conexión local entre terminales arrítmicos. El módulo de usuarios asíncronos admite hasta 30 terminales operando en el modo arrítmico. El interfaz con estos usuarios al nivel físico sigue las Recomendaciones X.20 ó X.20 bis del CCITT, y la Recomendación X.28 al nivel funcional. El módulo también facilita el acceso de los usuarios a la red de conmutación de circuitos a través de canales conmutados de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ .

Otras funciones del módulo son la operación de uniones semipermanentes (a través de la red digital de conmutación) con el módulo de enlaces de paquetes, siguiendo la Recomendación X.28 del CCITT, así como la inserción y extracción de canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  en el interfaz interno de  $4 \text{ Mbit s}^{-1}$  con la red digital.

#### **Módulo de usuarios síncronos**

Mediante este módulo se facilita el acceso a una red de conmutación de circuitos especializada en datos de los terminales que operan en modo síncrono (clases de usuario 3 a 7 del CCITT), a través de canales digitales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  submultiplexados o reservados (según la distancia), así como la conexión entre terminales síncronos locales. El módulo admite hasta 30 terminales de usuario, cuyo interfaz al nivel físico sigue las Recomendaciones X.21 ó X.21 bis. Además, ofrece a los usuarios acceso a la red de conmutación de circuitos a través de canales conmutados de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , ya sean reservados o submultiplexados, de acuerdo con las Recomendaciones X.50 o X.51 del CCITT, o según una estructura de multiplexación en tramas. El módulo de usuarios síncronos también inserta y extrae los canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  a partir del interfaz interno de  $4 \text{ Mbit s}^{-1}$  con la red digital de conmutación y opera el camino, establecido a través de dicha red, hacia los usuarios síncronos locales.

#### **Módulo de usuarios de paquetes**

El módulo en cuestión proporciona el acceso a una red especializada de conmutación de paquetes de los terminales que operan en el modo de paquetes (clases de usuario 8 al 11 del CCITT), a través de un canal digital de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , y permite la conexión entre terminales locales de paquetes. Sus funciones básicas son: manejar hasta 30 terminales de usuario y presentar un interfaz con estos usuarios que cumpla la Recomendación X.25, niveles 1, 2 y 3, del CCITT. El módulo concentra el tráfico de los usuarios en canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para mejorar la eficacia del camino conmutado y de los circuitos de enlace, y opera las uniones internas (a través de la red digital de conmutación) desde los abonados de paquetes locales (X.25) hacia la red de paquetes, de acuerdo con la Recomendación X.75 del CCITT. Finalmente, es capaz de insertar y extraer los canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  del interfaz interno de  $4 \text{ Mbit s}^{-1}$  ya citado.

#### **Módulo de abonados digitales multi-servicio**

Este módulo da acceso por conmutación de circuitos y de paquetes a los abonados digitales multiservicio conectados a través de bucles locales digitales. Es función de este módulo proporcionar al equipo de terminación digital del abonado un camino de comunicación dúplex, de voz o datos,

**Tabla 1 - Módulos ITT 1240-RDSI para los servicios telefónicos y no telefónicos**

Servicio		Módulo	Siglas utilizadas
Telefonía		Módulo de abonados analógicos Módulo de enlaces analógicos Módulo de enlaces digitales	ASM ATM DTM
Datos	Asíncronos	Módulo de usuarios asíncronos Módulo de enlaces asíncronos (X.70)	AUM AYM
	Síncronos	Módulo de usuarios síncronos Módulo de enlaces digitales submultiplexados	SUM SXM
	Paquetes	Módulo de usuarios de paquetes Módulo de enlaces de paquetes	PUM PTM
Telefonía y datos		Módulo de abonados digitales multiservicio Módulo de canal común (para la señalización CCITT nº 7)	DSM CCM



de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  (canal  $b$ ), bien para el servicio telefónico o bien para el servicio de datos. El módulo también ofrece un camino dúplex de datos (canal  $\Delta$ ) que opera a un múltiplo de  $8 \text{ kbit s}^{-1}$ , transportando señalización y (opcionalmente) telemetría, así como datos a baja velocidad, de acuerdo con un protocolo de transporte por tramas que actualmente definen los organismos CEPT y CCITT. También facilita acceso separado e independiente de los canales  $b$  y  $\Delta$  a la red digital de conmutación de la central ITT 1240, ya sea hacia abonados locales o hacia redes especializadas de conmutación de circuitos y de paquetes. La información del canal  $b$  que llega a dicha red digital recibe un tratamiento totalmente transparente; las tramas de información del canal  $\Delta$ , procedentes de los abonados conectados al mismo módulo, se multiplexan dinámicamente en una o más uniones internas de la central ITT 1240, utilizando la técnica de inserción del indicador adecuado para conmutación de paquetes con el fin de lograr la adaptación de velocidades binarias. Finalmente, este módulo se interconecta con los usuarios mediante sistemas de transmisión en bucle local digital a 2 ó 4 hilos y alimenta los aparatos telefónicos por los mismos bucles locales. (No se han completado aún las normalizaciones internacionales referentes a la capacidad del bucle; a la velocidad básica de  $80 \text{ kbit s}^{-1}$ , que comprende un canal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  más otros  $16 \text{ kbit s}^{-1}$  para señalización y datos, puede añadirse otro estándar de  $2 \times 64 \text{ kbit s}^{-1}$  más  $16 \text{ kbit s}^{-1}$ ).

#### *Módulo de enlaces de paquetes*

El módulo de enlaces de paquetes permite que los usuarios que operan en los modos arrítmico y de paquetes puedan acceder a una red especializada de conmutación de paquetes, a través de enlaces con velocidades hasta de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . Sus funciones principales son admitir una unión semipermanente con la red de paquetes a velocidades binarias no mayores de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , y operar esta unión de acuerdo con la Recomendación X.75 del CCITT. El módulo presenta un interfaz (a través del camino conmutado de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ ) con los usuarios arrítmicos terminados en su módulo correspondiente, conforme a la Recomendación X.28 del CCITT, y con los usuarios de paquetes, conectados al respectivo módulo terminal, mediante la señalización X.29 y X.25. Cuando sea necesario, realizará las funciones de empaquetado y desempaquetado, según establece la Recomendación X.3 para los usuarios arrítmicos de clases 1 y 2 que acceden a las funciones de paquetes. Finalmente, el módulo concentra el tráfico

de los usuarios en un canal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para mejorar la eficacia en el uso del circuito de enlace hacia la red de conmutación de paquetes de datos.

#### *Módulo de enlaces digitales submultiplexados*

Se ha diseñado este módulo para proporcionar a los usuarios síncronos un acceso a la red de conmutación de circuitos por enlaces a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , y multiplexación de canales según las Recomendaciones X.50 ó X.51 del CCITT, o multiplexación en tramas. El módulo recibe canales independientes de usuario que proceden de la red digital de conmutación y los multiplexa en canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , de acuerdo con la estructura adoptada. Su interfaz con grupos FDM cumple la Recomendación V.36 del CCITT, y con los enlaces del tipo MIC primario se ajusta a las características eléctricas de un interfaz contradiereccional de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , especificadas en la Recomendación G.732 del CCITT. Otras funciones de este módulo son la inserción y extracción de canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  en el interfaz de  $4 \text{ Mbit s}^{-1}$ , la capacidad de señalización en enlaces de datos síncronos conforme a la Recomendación X.71 del CCITT, y la operación del camino de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  (a través de la red digital de conmutación) hacia el módulo de enlaces digitales.

#### *Módulo de canal común*

Este módulo trata los niveles funcionales 1, 2 y parte del nivel 3 (tratamiento del mensaje de señalización) del sistema de señalización por canal común CCITT nº 7<sup>3</sup>, en conformidad con las Recomendaciones Q.701 a Q.707 del CCITT; el módulo es necesario con independencia de las partes de usuario (nivel 4) que tenga la central. De acuerdo con la arquitectura de la central ITT 1240, el nivel funcional 4 para llamadas de datos (parte de usuario de datos) que utilicen señalización nº 7, se realiza en los elementos de control auxiliar (ECA) que prestan apoyo a los ECT de canal común. Las funciones esenciales del módulo de canal común son: controlar hasta 16 enlaces de datos de señalización por canal común y presentar el interfaz con el canal de transmisión a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , siguiendo para ello las Recomendaciones G.734/G.732 del CCITT en el caso de un portador digital, o la Recomendación V.36, para un portador analógico de grupo FDM; como opción puede realizarse un enlace de datos de señalización analógica que opere a  $4800 \text{ bit s}^{-1}$ , conforme a la Recomendación V.27 bis.

#### *Módulo de enlaces asíncronos*

El módulo de enlaces asíncronos proporciona enlaces con los servicios arrítmicos



cos de acuerdo con la Recomendación X.70 del CCITT. Las señales de control de llamada son respectivamente de  $300 \text{ bit s}^{-1}$  ó de  $200 \text{ bit s}^{-1}$  para las clases de usuario 1 y 2 que utilicen el Alfabeto Internacional nº 5, como se define en la Recomendación X.1 del CCITT

### Tipos de tratamiento de llamadas en la RDSI

En la tabla 2a se analizan los principales tipos de conexiones facilitadas por la central digital ITT 1240 para las aplicaciones RDSI en el caso de integración parcial,

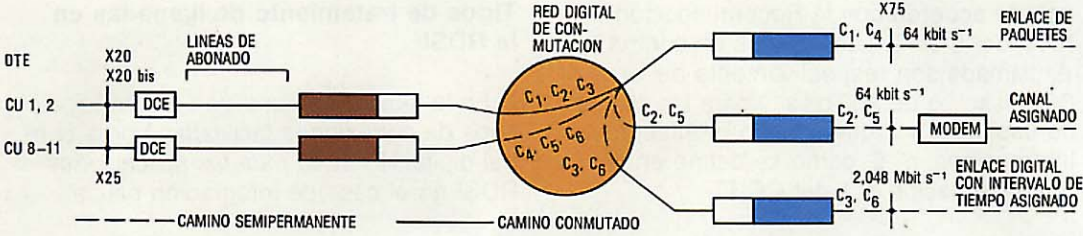
**Tabla 2 - Principales características de las diferentes clases de conexión proporcionadas por una central ITT 1240-RDSI**

<b>(a) Integración parcial</b>									
Clase de conexión	Clase de usuario (CU)	Señalización de abonado	Símbolo de la conexión	Módulo de conmutación en la central RDSI	Tipo de conexión	Señalización de enlace	Transmisión en enlace		Red interconectada
							Portador	Velocidad binaria ( $\text{kbit s}^{-1}$ )	
Acceso a red de paquetes	Terminales arrítmicos (CU1 y 2)	X.20-X.20 bis	C1 C2 C3	AUM-PTM AUM-PTM-ATM AUM-PTM-DTM	CS CS/SP CS/SP	X.75	D A D	64 64 2048	Red de datos de paquetes
	Terminales de paquetes (CU8 a 11)	X.25	C4 C5 C6	PUM-PTM PUM-PTM-ATM PUM-PTM-DTM	SP SP SP	X.75	D A D	64 64 2048	
Acceso a red de datos con conmutación de circuito	Terminales arrítmicos (CU1 y 2)	X.20-X.20 bis	C7	AUM-AYM	CS	X.70	A	300/ 200 $\text{bit s}^{-1}$	Red de datos asíncrona
	Terminales síncronos (CU3 a 7)	X.21-X.21 bis	C8 C9 C10 C11 C12	SUM-DTM SUM-SXM SUM-SXM-DTM SUM-SXM SUM-SXM-DTM	CS CS CS CS CS	CCITT nº 7  X.71	D D D D	2048 64 2048 64 2048	RDSI  Red de datos síncrona
Acceso a red RDSI	Terminales digitales multiservicio	Modo de tramas	C13	DSM-DTM	CS	CCITT nº 7	D	64	RDSI/PSTN
			C14	DSM-PTM	SP	X.75	D	2048	RDSI/PDN

<b>(b) Integración total</b>					
Clase de conexión	Clase de usuario (CU)	Señalización de abonado	Símbolo de la conexión	Módulo de conmutación en la central RDSI	Tipo de conexión
Llamada telefónica entre terminales digitales multiservicio	Terminales digitales multiservicio	FM	C15	DSM-DSM	conmutación de circuito
Llamada telefónica entre abonados analógico y digital		FM/CC	C16	DSM-ASM	conmutación de circuito
Llamada de datos a terminales de paquetes		FM/X.25	C17	DSM-PUM	conmutación de paquetes
Llamadas simultáneas de voz/datos y datos a terminales digitales multiservicio		FM	C15-C18	DSM-DSM	conmutación de circuito/paquetes
Llamada de datos entre terminales arrítmicos	Terminales arrítmicos (CU1 y 2)	X.20-X.20 bis	C19	AUM-AUM	conmutación de circuito
Llamada de datos entre terminales arrítmicos y de paquetes	Terminales arrítmicos (CU1 y 2) Terminales de paquetes (CU8 a 11)	X.20-X.20 bis X.25	C20	AUM-PTM-PUM	conmutación de circuito/semi-permanente
Llamada de datos entre terminales síncronos	Terminales síncronos (CU3 a 7)	X.21-X.21 bis	C21	SUM-SUM	conmutación de circuito
Llamada de datos entre terminales de paquetes	Terminales de paquetes (CU8 a 11)	X.25	C22	PUM-PUM	conmutación de paquetes

SP - semipermanente; CS - conmutación de circuito; PS - conmutación de paquetes; FM - modo de tramas; PDN - red de datos por paquetes; PSTN - red pública de conmutación telefónica.



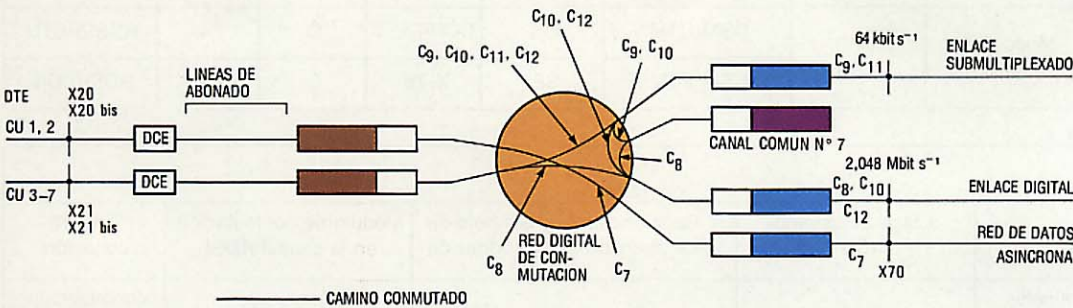


**Figura 4**  
Acceso de la central digital ITT 1240-RDSI a una red de paquetes.

con accesos a redes especializadas de datos, y en la tabla 2b se presenta la integración total en centrales RDSI. El acceso a redes de paquetes de los terminales de operación síncrona no se considera en la tabla 2a, ya que aún no existe la recomendación correspondiente del CCITT.

En las figuras 4 a 7 se muestran los principales módulos no telefónicos relacionados con las distintas clases de conexiones. Por simplicidad se omiten los elementos de control auxiliar (ECA). Obsérvese que los módulos de enlaces del servicio telefónico (es decir, el de enlaces analógicos y el de enlaces digitales) pueden ambos llevar portadores de 64 kbit s<sup>-1</sup> para acceder a la red de enlaces. A continuación se describen las diferentes clases de conexiones.

vierte la información al formato de paquetes, después de lo cual los canales lógicos se concentran en un único camino de 64 kbit s<sup>-1</sup> que se conecta a la red de paquetes, bien por medio de una unión especializada de 64 kbit s<sup>-1</sup> digital (C1) o analógica (C2), o bien mediante un intervalo de tiempo asignado a tal fin en el enlace digital (C3) de 2,048 Mbit s<sup>-1</sup>. Los terminales que operan en el modo de paquetes son atendidos por el módulo de usuarios de paquetes, el cual realiza una concentración de canales lógicos en un camino semipermanente de 64 kbit s<sup>-1</sup> de la red digital de conmutación (C4, C5 y C6) hacia el módulo de enlaces de paquetes, que a su vez efectuará la conversión X.25/X.75 necesaria para acceder a la red de paquetes. Las conexiones de 64 kbit s<sup>-1</sup> entre tales módulos de enla-



**Figura 5**  
Acceso de la central digital ITT 1240-RDSI a una red de datos con conmutación de circuitos.

**Acceso a red especializada de conmutación de paquetes para terminales arrítmicos y de paquetes**

Para conseguir el acceso de terminales de usuarios arrítmicos y de paquetes (clases de usuario 1 y 2, y 8 a 11, respectivamente) a una red especializada de conmutación de paquetes, se requieren los módulos siguientes (figura 4):

- módulo de usuarios asíncronos
- módulo de usuarios de paquetes
- módulo de enlaces de paquetes
- módulo de enlaces analógicos o módulo de enlaces digitales.

Los terminales arrítmicos, atendidos por el módulo de usuarios asíncronos, se conectan al módulo de enlaces de paquetes a través de caminos conmutados por circuito (C1, C2 y C3) de la red digital de conmutación. Este último módulo con-

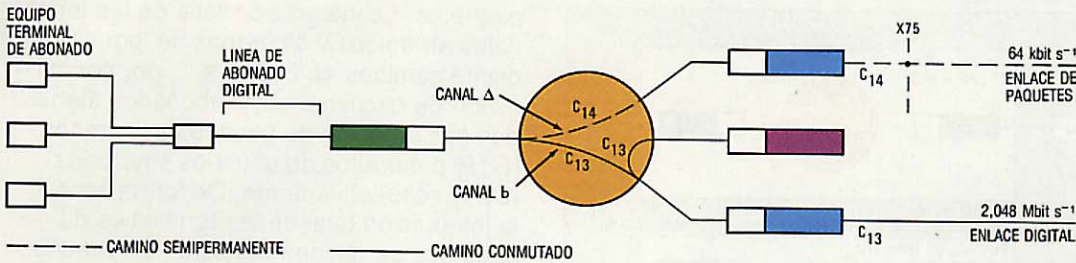
ces y red de paquetes están constituidas por caminos semipermanentes, bien conectados directamente a dicha red, o bien a través de la red digital de conmutación.

**Acceso a redes especializadas de conmutación de circuitos para terminales arrítmicos y síncronos**

Para facilitar el acceso de terminales de usuario arrítmicos y síncronos a redes de datos asíncronas o síncronas, pueden requerirse respectivamente los siguientes módulos funcionales (figura 5):

- módulo de usuarios asíncronos
- módulo de usuarios síncronos
- módulo de enlaces digitales submultiplexados (opcional)
- módulo de enlaces asíncronos
- módulo de canal común
- módulo de enlaces digitales.





**Figura 6**  
Acceso simultáneo a redes con conmutación de circuitos y conmutación de paquetes de una central digital ITT 1240-RDSI con abonados multiservicio.

El acceso de los terminales arrítmicos a la red asíncrona especializada de datos (C7) se verifica mediante un módulo de usuarios asíncronos que atiende a los usuarios definidos en X.20 y X.20 bis, y a través de caminos conmutados de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  hacia el módulo de enlaces asíncronos; este último proporciona el acceso requerido, usando el sistema de señalización X.70. Los terminales de usuarios síncronos, atendidos por el módulo correspondiente, acceden a la red de datos síncrona, ya sea mediante una unión submultiplexada reservada especialmente (C9, C11), o por un intervalo de tiempo asignado al efecto en un enlace digital de  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$  (C8, C10 y C12). La señalización adoptada puede ser la X.71 (C11 y C12) o la señalización por canal común CCITT n° 7 (C8, C9, y C10), según sean las posibilidades de la red de datos síncrona.

En las etapas iniciales de la integración, con un bajo volumen de tráfico de datos, es probable que no se justifique el uso de canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  submultiplexados, y por tanto dicho tráfico será encaminado desde un módulo de usuarios síncronos a un módulo de enlaces digitales. Sin embargo, en el momento en que resulte económico, se podrá introducir un enlace digital submultiplexado, obteniendo así una multiplicidad de circuitos sobre un solo canal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ .

**Acceso de abonados digitales multiservicio**

En las figuras 6 y 7 se expone un posible método de acceso para las líneas de abonados digitales multiservicio, cuando la voz y los datos se transmiten simultáneamente. El módulo de abonados digitales multiservicio proporciona el acceso en voz y datos de dichos abonados, conectados a través de bucles locales digitales, a las funciones de conmutación de circuitos y de paquetes. En la figura 6 se muestra un ejemplo del acceso a redes especializadas de una y otra modalidad. El módulo de abonados multiservicio que atiende a los abonados digitales, puede establecer dos tipos de conexión:

– Camino de conmutación de circuitos (C13) para la información del canal b

( $64 \text{ kbit s}^{-1}$ ) hacia el módulo de enlaces digitales, con señalización por canal común CCITT n° 7.

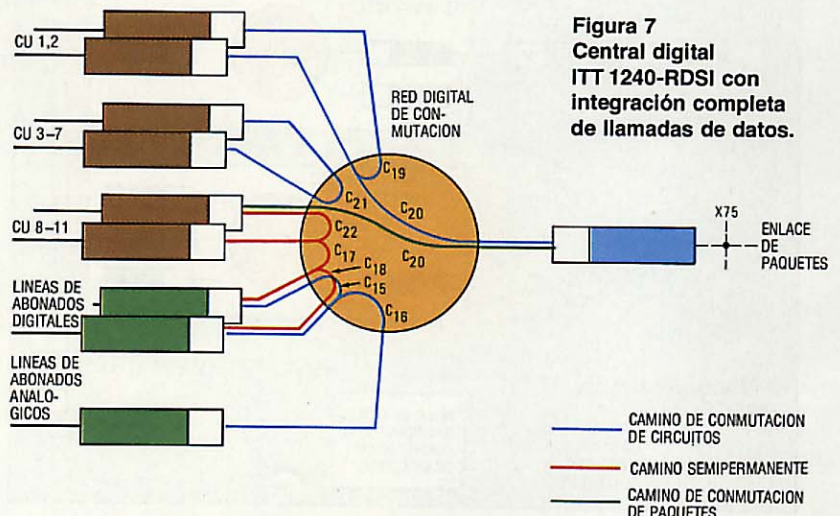
– Camino semipermanente (C14) para la información del canal Δ hacia un módulo de enlaces de paquetes, el cual da acceso a la red de paquetes de datos y desempeña las funciones propias del caso.

El acceso de paquetes puede realizarse de acuerdo con los distintos tipos de uniones de datos examinados anteriormente. La integración total de las llamadas de datos se presenta en la figura 7, que describe las siguientes conexiones típicas para abonados digitales multiservicio:

C15: llamada local telefónica entre abonados digitales multiservicio (camino de conmutación de circuito entre dos módulos de abonados digitales multiservicio).

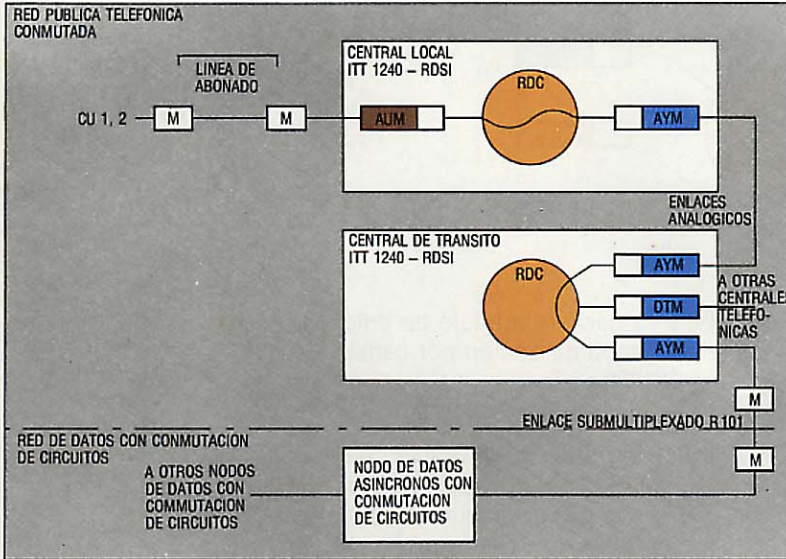
C16: llamada telefónica entre un abonado digital y otro analógico (camino de conmutación de circuito entre un módulo de abonados digitales multiservicio y un módulo de abonados analógicos).

C17: llamada de datos entre un abonado digital y un usuario de paquetes. En este caso la central ITT 1240 realiza la integración completa de las funciones de la conmutación de paquetes



**Figura 7**  
Central digital ITT 1240-RDSI con integración completa de llamadas de datos.





**Figura 8**  
**Acceso a una red asincrónica de datos con conmutación de circuitos a través de centrales digitales ITT 1240-RDSI.**  
 RDC - Red digital de conmutación.  
 M - Módem.

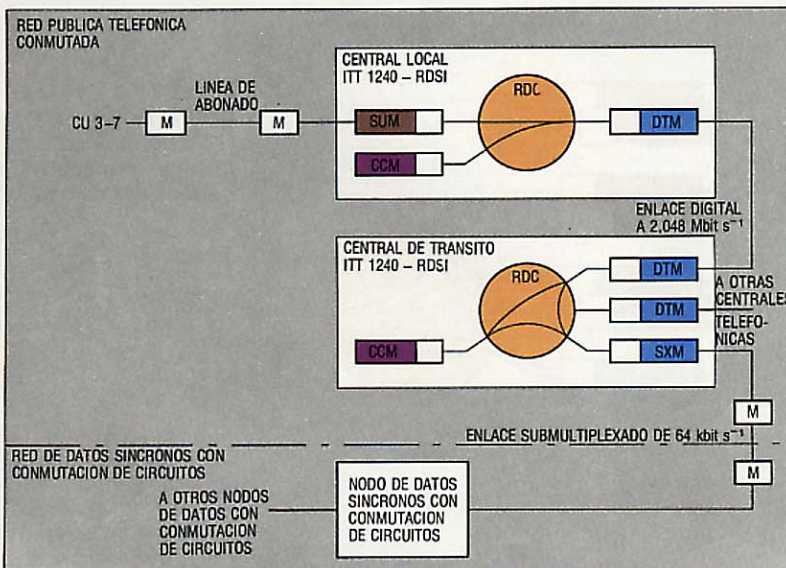
(camino conmutado por paquetes entre un módulo de abonados digitales multiservicio y un módulo de usuarios de paquetes).

*C15 y C18:* llamadas simultáneas de voz (conmutada por circuito) y datos (con conmutación por paquetes) entre abonados digitales multiservicio (camino de conmutación por circuitos y por paquetes entre módulos multiservicio).

*Conexiones por conmutación de circuitos entre terminales arrítmicos o síncronos y conexiones por conmutación de paquetes entre terminales de paquetes, en una central de la RDSI*

El objetivo final de la central digital ITT 1240 en un entorno RDSI es poder ofrecer conmutación de circuitos y de paquetes (integración total de servicios) a los usuarios arrítmicos, síncronos y de

**Figura 9**  
**Acceso a una red síncrona de datos con conmutación de circuitos a través de centrales digitales ITT 1240-RDSI.**



paquetes. La integración total de los terminales arrítmicos y síncronos se logra mediante caminos de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , por conmutación de circuitos, entre abonados atendidos por módulos de usuarios asíncronos (C19) o módulos de usuarios síncronos (C21), respectivamente. De forma similar, la integración total de los terminales de paquetes se obtiene mediante un camino por conmutación de paquetes (C22) entre abonados de los módulos de usuarios de paquetes.

**Conexiones por conmutación de circuitos de terminales arrítmicos a terminales de paquetes**

Este tipo de conexión (C20) se realiza utilizando la función de empaquetado y desempaquetado del módulo de enlaces de paquetes; los caracteres arrítmicos procedentes del módulo de usuarios asíncronos se empaquetan y después vuelven a ser conmutados en la red, sobre un canal semipermanente de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , hacia el módulo de usuarios de paquetes.

**Operación y mantenimiento**

Las siguientes áreas de la operación en RDSI de las centrales ITT 1240 serán especificadas siguiendo los requisitos de cada Administración:

- plan de numeración de abonados
- encaminamiento
- tarificación de llamadas
- operación del sistema
- mantenimiento del sistema.

**Plan de numeración de abonados**

El plan de numeración de abonados puede simplemente consistir en una ampliación del correspondiente a la red telefónica, o bien puede haber una numeración completamente separada para los abonados de datos (Recomendación X.121 del CCITT). La complejidad de su realización dependerá, por tanto, de la elección de cada Administración. Lo más probable será la coexistencia de dos numeraciones diferentes en una central RDSI: una para la telefonía y la otra para los servicios no telefónicos. Esto planteará problemas en los servicios independientes de la red, como el teletex.

**Encaminamiento**

En general, la filosofía de encaminamiento es compatible con los principios aplicados al tráfico telefónico, aunque para la RDSI frecuentemente se requerirán ampliaciones en la capacidad y tipos de rutas disponibles. Durante las etapas de



la evolución en que coexistan e interfuncionen las redes analógica y digital, se prevé la imposición de algunas restricciones al encaminamiento.

**Tarificación de llamadas**

La tarificación en las llamadas de datos suele ser más compleja que en las llamadas telefónicas. En sus cálculos pueden intervenir factores tales como la distancia, la velocidad binaria, la duración, y el número de octetos transferidos. Dependiendo de los requisitos de cada Administración respecto a la tarificación de llamadas en la RDSI, puede resultar adecuado añadir un módulo de control auxiliar para este fin.

**Operación**

Las operaciones de la central para los servicios de datos deben seguir prácticas establecidas, en general ajustadas a los requisitos del cliente. Factores como la medida del tráfico, estadísticas, estrategia de ampliación, gestión de red y tratamiento de las sobrecargas, son básicos en la arquitectura de la red de conmutación, y, excepto a nivel de detalle, comunes para todos los servicios ofrecidos.

**Mantenimiento**

La estrategia general de mantenimiento de la central ITT 1240 en un entorno RDSI se aplica de forma análoga a los servicios de datos y al servicio telefónico<sup>4</sup>. Para ciertos servicios de datos se necesitan facilidades adicionales de mantenimiento, tales como los bucles de prueba remotos de la central, las cuales se incorporarán en el paquete de mantenimiento de la central ITT 1240 dentro de la RDSI.

**Aplicaciones típicas en la RDSI de la central ITT 1240**

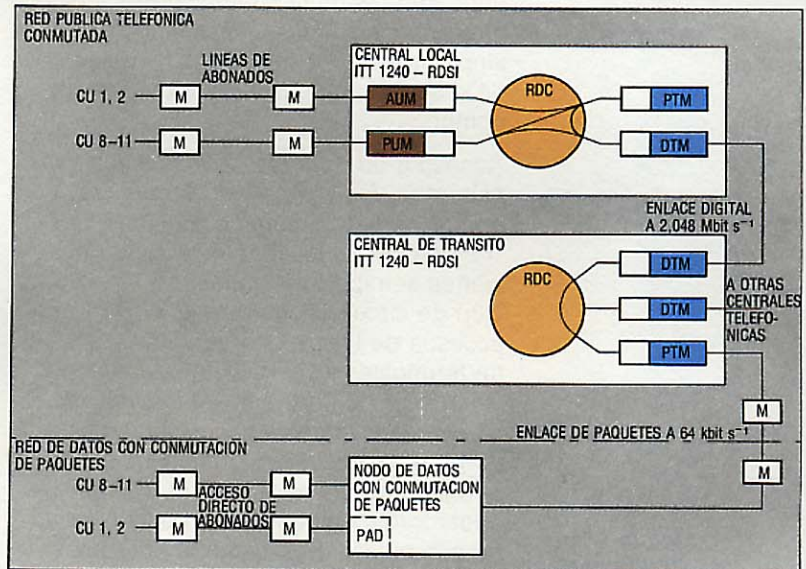
Se supone un planteamiento pragmático<sup>5</sup> en la introducción de las centrales en la RDSI. El tipo de red a obtener dependerá fundamentalmente de la demanda de los usuarios, del crecimiento del tráfico, de las inversiones de capital previas y del coste. La economía del bucle local digital puede resultar esencial para determinar a qué ritmo se integran comunicaciones telefónicas y no telefónicas en una red RDSI. Puesto que dicho ritmo y los tipos de servicios y facilidades ofrecidos variarán considerablemente según las Administraciones, se precisará una gran flexibilidad para satisfacer los diferentes requisitos y para irse acomodando a su evolución. A continuación se consideran unos pocos modelos de aplicaciones de red típicas, relacionadas con la integra-

ción parcial y total de servicios, haciendo referencia a los módulos funcionales de la central ITT 1240-RDSI.

**Integración parcial**

Se analiza la realización funcional en el caso de integración parcial mediante centrales digitales ITT 1240 preparadas para un entorno RDSI, suponiendo que el acceso a redes especializadas de datos se efectúa a través de centrales local y de tránsito, ambas pertenecientes a la red pública telefónica conmutada. Las redes especializadas de datos incluyen

**Figura 10**  
Acceso a una red de datos con conmutación de paquetes a través de centrales digitales ITT 1240-RDSI.



generalmente un número limitado de nodos; se consideran por separado tres ejemplos:

- Acceso a una red asíncrona de datos de conmutación de circuitos (Fig. 8), a través de enlaces analógicos que utilizan la señalización dentro de banda X.70, desde terminales de usuario arrítmico conectados a un módulo de usuarios asíncronos de la central local. Estas conexiones se conmutan por circuito hacia un módulo de enlaces asíncronos, el cual facilita el camino hasta un módulo similar de la central de tránsito. En ésta, las conexiones de nuevo son conmutadas por circuito hasta otro módulo de enlaces asíncronos. Este último soporta un enlace submultiplexado según la Recomendación R.101 del CCITT, que se conecta a un nodo de datos asíncrono mediante un módem de 2400 bit s<sup>-1</sup>.
- Acceso a una red de datos síncrona de conmutación de circuitos (Fig. 9), mediante un enlace digital de 2.048 kbit s<sup>-1</sup> entre las centrales ITT 1240-RDSI local y de tránsito, y, a través de un enlace submultiplexado de 64 kbit s<sup>-1</sup>, desde la central digital



de tránsito al nodo especializado de datos. Se utiliza señalización por canal común CCITT nº 7, con la parte de usuario de datos correspondiente definida por la Recomendación X.60 del CCITT. Estas conexiones se realizan por conmutación de circuito en la central local, desde el módulo de usuarios síncronos a un módulo de enlaces digitales, unido con otro módulo similar en la central de tránsito mediante señalización por canal común. En esta última central se establece un camino, también por conmutación de circuito, hacia un módulo de enlaces digitales submultiplexados que, además de la submultiplexación, proporciona acceso a la red de datos síncrona a través de un enlace de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  con señalización por canal común.

- Acceso a un nodo de conmutación de paquetes (Fig. 10), desde terminales arrítmicos y de paquetes. En la central ITT 1240-RDSI local se establecen conexiones semipermanentes y por conmutación de circuito para los respectivos accesos de terminales de paquetes y de terminales arrítmicos; en la central ITT 1240-RDSI de tránsito sólo se establecen conexiones semipermanentes, proporcionándose así una unión semipermanente desde la función de empaquetado/desempaquetado hasta el nodo de conmutación de paquetes de datos, sobre un portador de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  asignado a tal fin. Las características principales de esta aplicación son el no necesitar sincronización de red de paquetes y la reducción del número de caminos de transmisión, como resultado de las funciones de multiplexación/concentración incorporadas en las centrales ITT 1240-RDSI del área local.

### Integración total

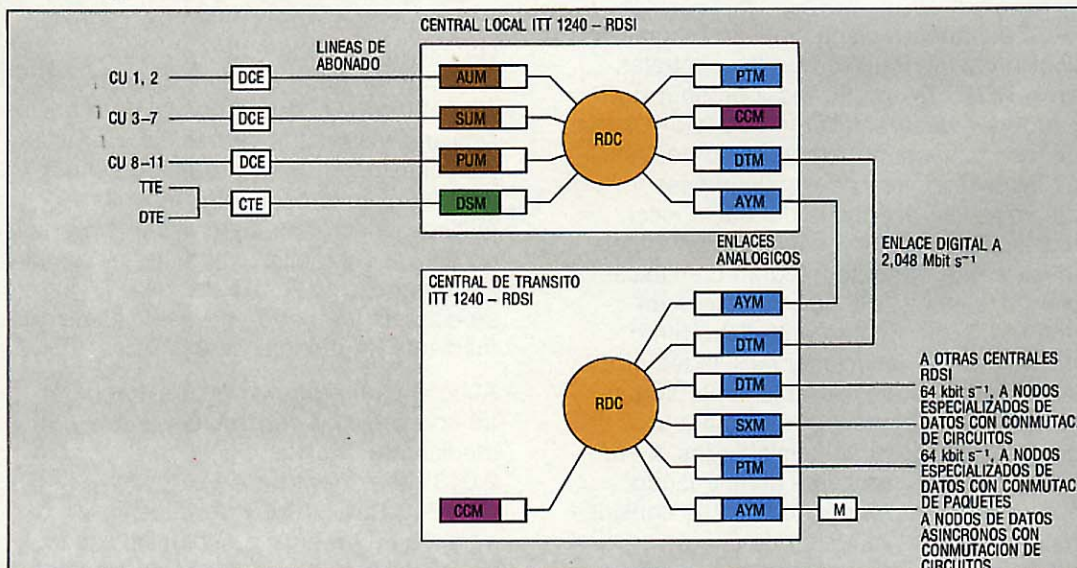
Puede conseguirse una transición gradual desde una red digital integrada para telefonía hasta una red RDSI con completa integración de servicios, mediante la adición progresiva de nuevos módulos no telefónicos a la central digital básica para voz, ITT 1240-RDSI. La figura 11 muestra una red típica consistente en una central local y una central de tránsito, ambas ITT 1240-RDSI con capacidad de integración total; se supone señalización CCITT nº 7 por canal común o X.75 en el enlace digital entre una y otra central. Obviamente, en el caso de un país en que no existan previamente redes especializadas de datos, se puede planificar la integración total desde el comienzo de la introducción de centrales digitales.

### Realizaciones iniciales de módulos RDSI

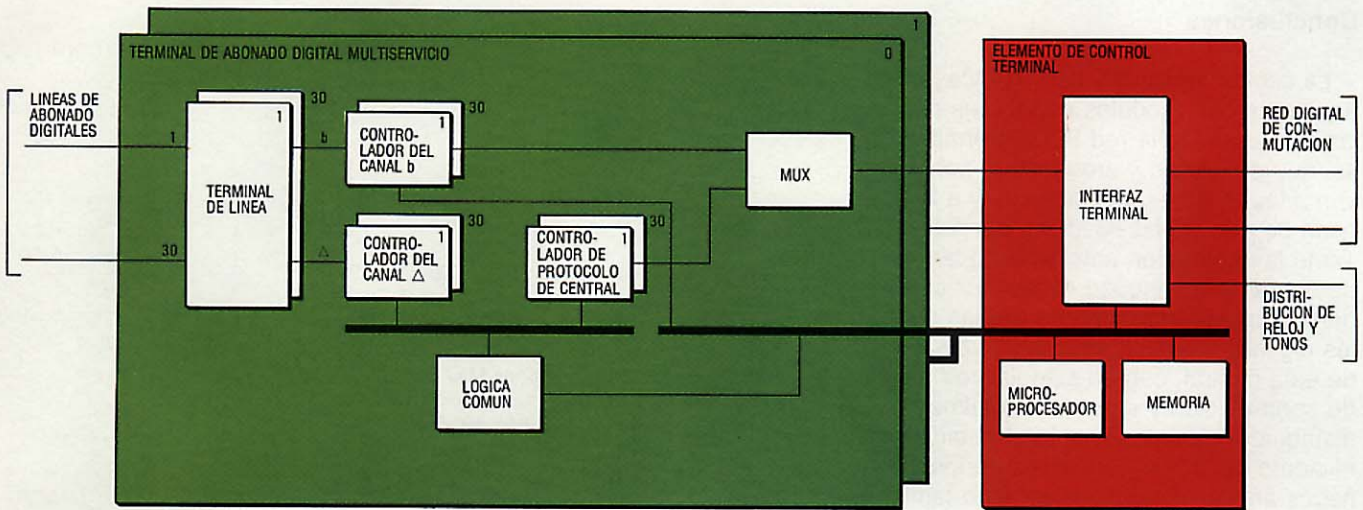
Como respuesta a los requisitos iniciales de la RDSI sobre el acceso a redes de datos con conmutación de paquetes y a la demostración de las posibilidades de los abonados multiservicio, se han definido tres módulos terminales ITT 1240-RDSI: el módulo de abonados digitales multiservicio, el módulo de líneas de datos y el módulo de enlaces de paquetes. La instalación de estos módulos en una central digital ITT 1240 le conferirá la capacidad de tratamiento de datos que aquí se describe.

Igual que los módulos telefónicos normales, todos los módulos ITT 1240-RDSI contendrán dos partes: el terminal y el elemento de control terminal. Cada terminal estará equipado con los circuitos de interfaz de línea/enlace apropiados, mientras que el elemento de control terminal

**Figura 11**  
Centrales digitales ITT 1240-RDSI con integración completa de servicios.







**Figura 12**  
Módulo de abonados digitales multiservicio en la central ITT 1240.

utilizará los componentes estándar, consistentes en un microprocesador con su memoria asociada y un interfaz terminal que da acceso a la red digital de conmutación. La programación del elemento de control terminal, evidentemente, será específica para cada módulo.

El módulo de abonados digitales multiservicio conectará 60 líneas de abonados digitales a la red digital de conmutación ITT 1240. Inicialmente se proveerá el acceso de los canales  $b$  y  $\Delta$ . Cuando se introduzcan, este módulo será capaz de tratar dos llamadas simultáneas que se originen o terminen en cada terminal de abonado. En él se definen las siguientes unidades:

- Terminal de línea, que sustenta las funciones de la línea de abonado digital, incluyendo la sincronización y la conversión 2/4 hilos.
- Controlador del canal  $b$ , para atender al camino dúplex de voz o datos, a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , entre una central digital ITT 1240 y el terminal de abonado.
- Controlador del canal  $\Delta$ , para el tratamiento del protocolo HDLC (high level data link control) sobre el camino dúplex de datos a  $16 \text{ kbit s}^{-1}$  de la línea de abonado digital.
- Controlador del protocolo de la central, para el tratamiento del HDLC interno a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  que permitirá el intercambio de mensajes entre un módulo de líneas de datos y un módulo de enlaces de paquetes.
- Lógica común, que terminará el bus de control de alta velocidad procedente del elemento de control terminal y controlará las funciones del circuito de línea de abonado digital localizadas en los

terminales de línea y en los controladores del canal  $\Delta$ . Bajo el control del microprocesador, realizará también la asignación de los canales  $b$  y  $\Delta$  dentro de las uniones de 32 canales que transportan información desde los terminales de abonado multiservicio al interfaz terminal.

El módulo de líneas de datos servirá para conectar 30 terminales de datos existentes que operen en los modos arrítmico, síncrono y de paquetes, a la red digital de conmutación ITT 1240; de esta forma incorporará las funciones de los módulos asíncrono, síncrono y de paquetes descritos previamente en la estructura funcional de la central ITT 1240-RDSI. La conversión de protocolo del modo de carácter al de trama (necesaria para las clases de usuario 1 a 7) tendrá lugar en la zona del abonado, en el equipo de terminación de circuito. El terminal de abonado de datos usado en este módulo, según la definición actual, incluye terminales de línea, controladores de la línea de datos para el tratamiento del protocolo HDLC, controladores del protocolo de la central y una lógica común. Las funciones de estos bloques serán similares a las del módulo de abonados digitales multiservicio mostrado en la figura 12. Debido a su modularidad, el terminal de abonado de datos solamente accederá a un puerto del interfaz terminal.

Finalmente, el módulo de enlaces de paquetes facilitará el acceso a redes especializadas de conmutación de paquetes. El terminal de este módulo incluirá los controladores del protocolo de enlaces de paquetes según el protocolo X.75, los controladores del protocolo interno y una lógica común. Aquí también, las funciones realizadas por estos bloques probablemente serán similares a las del módulo de abonados digitales multiservicio.



## Conclusiones

La central digital ITT 1240 básica puede equiparse con módulos especiales para las funciones de la red RDSI, permitiendo así que su diseño y arquitectura sobrevivan a los avances tecnológicos y a la llegada de nuevas facilidades y servicios. Tanto la integración parcial como la total, de una amplia variedad de servicios, pueden realizarse enteramente por las centrales digitales ITT 1240-RDSI. La versatilidad de esta central, con su singular red digital de conmutación y su control totalmente distribuido, permite no sólo el tratamiento eficiente del tráfico telefónico de los abonados analógicos y digitales, sino también el de una gama completa de servicios no telefónicos, que podrán añadirse de forma fácil y económica en cuanto hayan aparecido.

## Referencias

- 1 ITT 1240 Digital Exchange: *Supplement to Electrical Communication* 1980, volumen 55, nº 2.
- 2 R. Chea y S. Das: Circuit Terminations and Terminal Control: *International Conference on Communications*, Seattle, 8-12 junio 1980, parte III, 46.3/1-7.
- 3 Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT): Especificación del sistema de señalización CCITT nº 7, Com. XI, 1980, Ginebra.
- 4 S. R. Treves: Maintenance Strategies for PCM Circuit Switching: *Institute of Electrical and Electronics Engineers Proceedings*, septiembre 1977, volumen 65, nº 9, págs. 1363-1374.

- 5 G. Robin y S. R. Treves: Pragmatic Introduction of Digital Switching and Transmission in Existing Networks: *Institute of Electrical and Electronics*, julio 1979, volumen COM-27, nº 7, págs. 1071-1078.

**Giorgio Toluoso** nació en Milán, Italia, en 1937. En 1960, tras completar sus estudios en la Escuela Técnica de Milán, ingresó en la división de Transmisión de FACE-Standard, donde fue asignado al desarrollo de múltiplex primarios MIC. En 1967 se trasladó a la división de conmutación MIC de LCT, donde trabajó en el diseño del sistema de conmutación mini-MIC, y más tarde en el desarrollo del sistema B. En 1977, el Sr. Toluoso fue nombrado responsable de los desarrollos de conmutación MIC en el Laboratorio Central de FACE en Pomezia. Desde 1979 es director técnico adjunto del grupo FACE.

**Sergio R. Treves** nació en Turín, Italia, en 1936 y se graduó en el Politécnico de Turín en 1960. En este mismo año comenzó a trabajar en los ITT Federal Laboratories en Nutley, USA, en un proyecto de conmutación militar. Desde 1962 a 1963 trabajó en CGCT, París, en tarificación y registro de llamadas, y posteriormente en FACE-Standard, Milán, en transmisión MIC, conmutación electrónica y en el sistema CCITT nº 6. Fue jefe de proyecto para un sistema ITT MIC-CTI (conmutación y transmisión integradas) para redes locales, desde 1969 a 1971. Al año siguiente fue nombrado director científico de electrónica en FACE-Standard, y en 1977 llegó a ser director técnico del grupo FACE. Desde 1968 el Sr. Treves es profesor de comunicaciones eléctricas y enseña conmutación y tráfico telefónico en el Politécnico de Turín a partir de 1969.



# Métodos de transporte para redes digitales de servicios integrados

Una red futura RDSI requerirá un método normalizado de transporte para llevar la información de señalización y de usuario a través de la red. Una de las soluciones más prometedoras es una estructura de trama como la del procedimiento de control de enlaces de datos de alto nivel, que se utiliza en redes de conmutación de paquetes públicas y privadas.

**C. R. Carter**

**M. J. Collard**

**M. J. Hillyard**

**W. A. G. Walsh**

Standard Telecommunication Laboratories,  
Harlow, Inglaterra

**J. Serrano Hernández**

Centro de Investigación ITT de Standard  
Eléctrica, S.A., Madrid, España

## Introducción

La demanda de facilidades de comunicación más sofisticadas está llevando al concepto de red de telecomunicación capaz de manejar una variedad de servicios de usuarios. En interés de la economía y estandarización, los servicios de voz y datos serán cursados por los mismos conmutadores y medios de transmisión. El medio preferido para interconectar usuarios de datos es una red digital y, en vista del aumento de penetración de la transmisión y conmutación digitales en la red telefónica, se espera que la evolución hacia la red digital de servicios integrados (RDSI) tome como base la red telefónica digital integrada (RDI).

En las redes existentes, servicios como la telefonía, la conmutación de datos por circuitos o por paquetes, y el télex, tienen sus propias características, protocolos de comunicación y protocolos de señalización, definidos por recomendaciones del CCITT y de otros organismos.

Para crear el entorno de RDSI es, por tanto, necesario definir modos de operación compatibles con terminales y redes digitales existentes, pero que no dificulten la evolución hacia nuevas facilidades y servicios de usuario.

Un trabajo reciente, realizado por Standard Telecommunication Laboratories, ha seguido los métodos posibles de evolución hacia la RDSI, concentrándose en una serie de aspectos esenciales de la red. Uno de estos aspectos, de importancia capital, es el modo de conducir la in-

formación de señalización y de usuario a través de la red, denominado método de transporte.

Un método de transporte debe:

- ser flexible con respecto a las necesidades de velocidad de información del usuario
- ser capaz de cumplir los requisitos de transporte de diferentes servicios
- proveer la señalización requerida para funciones de control de llamada y facilidades de usuario opcionales
- acomodarse fácilmente a la planta de transmisión y conmutación existente
- permitir la introducción fácil en la red de nuevas tecnologías y conceptos de conmutación.

Un método que cumple estos requisitos es el protocolo de formatos de trama HDLC (control de enlaces de datos de alto nivel) definido en la Recomendación X.25 del CCITT, que se está utilizando en redes de conmutación de paquetes públicas y privadas. Este artículo examina su aplicación en el amplio marco de la RDSI.

## Transporte

El término transporte se emplea para describir el método, en sentido funcional, de llevar información en una red de telecomunicaciones. Cualquier usuario (telefónico o no) tiene necesidad de enviar la



información generada por él a otros usuarios; este transporte hasta el destino apropiado implica el envío a la red de ciertas informaciones, al menos con dos propósitos diferentes.

El mecanismo de transporte debe poder llevar un juego adecuado de órdenes a la red y respuestas de la misma, para establecer y reponer llamadas, pedir y cancelar facilidades, etc. Debe también proporcionar a los usuarios un camino transparente de interconexión adecuado al servicio específico.

Si se va a usar un portador (por ejemplo, enlace de transmisión) para transmitir información de más de un usuario, debe mantenerse la relación del usuario con la información transportada.

La función básica del mecanismo de transporte es permitir que tal información sea conducida a través de la red manteniendo su significado; esto supone la existencia de un medio de transmisión y se relaciona con el formato de la información transportada. El mecanismo debe ser capaz de admitir conversiones de velocidad o multiplexaciones, con el fin de hacer frente a situaciones en que el ancho de banda disponible para transmisión no se acomode a la velocidad de información.

Dos tipos básicos de sistemas de transporte son aplicables a la transferencia de información digital: los denominados síncronos por división en el tiempo, y los etiquetados por división en el tiempo (entramados). Ejemplos de ambos se encuentran en las redes de datos actuales.

Las Recomendaciones del CCITT X.21, X.71, X.50, X.51 y X.61 para datos públicos conmutados por circuitos suponen la implementación de una red síncrona, multiplexada por división en el tiempo, usando envoltentes 8 + 2 ó 6 + 2 (8 ó 6 bits de datos más 2 para control/sincronización).

Las Recomendaciones del CCITT X.25, X.75 y otras, más el protocolo HDLC de ISO para datos conmutados por paquetes, se basan en el uso de división en el tiempo etiquetada (por tramas).

Pueden combinarse ambos métodos en una estructura particular: por ejemplo, un canal síncrono TDM se puede utilizar para llevar información de dos significados diferentes (ej., datos de usuario y señalización), estando éstos definidos por la posición de las tramas dentro del canal.

Seguidamente se exponen, a un nivel general, las particularidades de los dos sistemas.

**División síncrona en el tiempo**

Sobre el portador, el tiempo está dividido en períodos que se repiten regularmente y, en el caso de multiplexación,

se subdividen en intervalos; la información de un determinado significado se transporta siempre en el mismo intervalo de cada período. La significación de la información se define por el momento en que ocurre. Las características de esta división temporal síncrona son las siguientes:

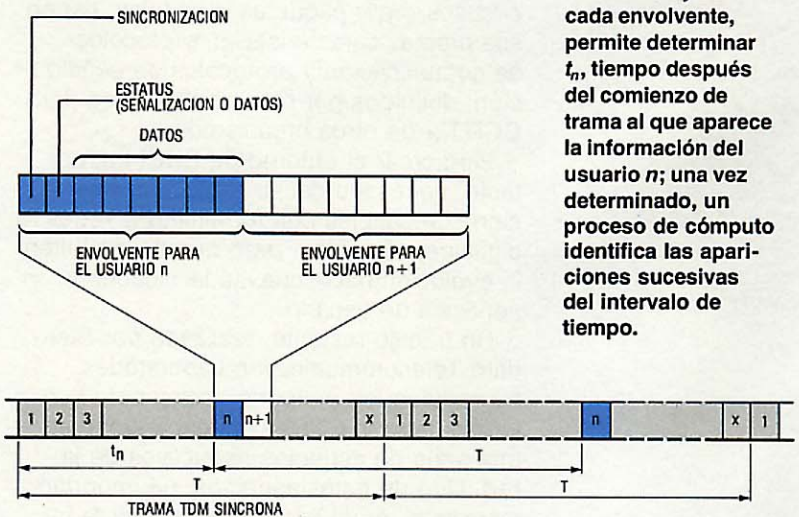
- se utiliza parte de la capacidad del portador para transmitir un patrón de sincronismo que permita identificar los intervalos en el extremo receptor
- cada canal se dedica a información de un significado específico; cuando no haya información de tal significado, el canal no se empleará, mas no estará disponible para otros fines
- la flexibilidad es relativamente escasa, ya que la capacidad de los canales individuales es fija; se necesita una estructura de multiplexación algo complicada para admitir una gama de capacidades
- el retardo de tránsito es constante
- el ancho de banda resultante de las entradas potenciales de información más el patrón de sincronismo no debe sobrepasar la capacidad del portador (es decir, no hay concentración inherente en el método de multiplexación).

La figura 1 muestra un ejemplo de estructura síncrona por división en el tiempo.

**División en el tiempo etiquetada (entramado)**

La asignación del tiempo del portador a la información de un significado particular se realiza sobre una base estadística, y el significado de esta información va definido por una etiqueta que la acompaña. Se denomina aquí "entramado" este sistema y sus características son las siguientes:

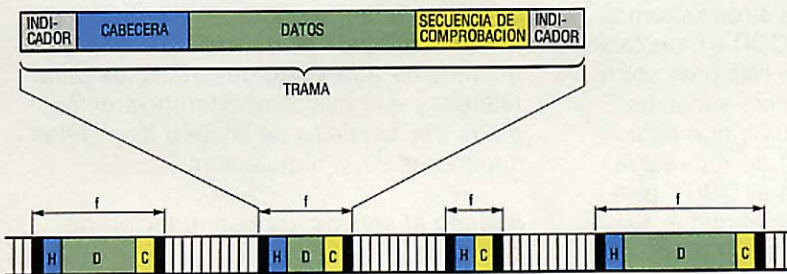
- Se utiliza alguna capacidad del portador para transportar la información de etiquetado.



**Figura 1**  
Ejemplo de una estructura síncrona por división en el tiempo. La información del usuario *n* aparece a intervalos de *T* segundos. Un patrón inserto en el tren de bits, en el bitio *Sy* de cada envoltente, permite determinar *t<sub>n</sub>*, tiempo después del comienzo de trama al que aparece la información del usuario *n*; una vez determinado, un proceso de cómputo identifica las apariciones sucesivas del intervalo de tiempo.



- Es posible la concentración; dado que no se dedica tiempo del portador a entradas que están ociosas, el ancho de banda global de las entradas potenciales de información puede exceder del ancho de la banda del portador. El dimensionado se hace en base al tráfico, siendo el criterio el tiempo de espera permitido.
- No se requiere mecanismo especial para admitir entradas con diferentes requisitos de velocidad.
- El mismo mecanismo se aplica a portadores de diferentes capacidades.
- Para una entrada particular, el retardo de tránsito depende del tráfico ofrecido al portador, del tipo de protocolo usado y de la prioridad asignada a la entrada.
- Se requiere almacenamiento de tramas anterior a la transmisión, como método



**Figura 2**  
Ejemplo de una estructura etiquetada por división en el tiempo (por tramas). Esta estructura permite campos de datos de longitud variable; los intervalos entre tramas se llenan con caracteres indicadores extra. El rellenado con bits de la trama de datos evita la emulación del carácter indicador de 8 bits. Un indicador seguido por ocho bits que no lo sean significa el comienzo de una trama, cuyo formato es conocido; a partir de ahí el contenido de la trama se puede identificar por un proceso de cómputo.

de controlar el envío desde las fuentes de información y así evitar congestión (control de flujo).

La figura 2 muestra un ejemplo de estructura por división en el tiempo etiquetada (en tramas).

### Métodos de transporte en el contexto de la RDSI

La red digital de servicios integrados, definida por el CCITT, generalmente se entiende como una red de telecomunicaciones en la cual los diferentes servicios son tratados por los mismos conmutadores y medios de transmisión. Pueden darse diferentes tipos y niveles de integración. Primero, el punto en el cual los diferentes servicios acceden a la red integrada puede ser, bien por bucles separados de acceso a la central local, o bien por un portador compartido (bucle local digital de servicios integrados). Segundo, puede haber cierto nivel de integración entre los propios servicios, implicando la necesidad de potentes medios de señalización y control.

Hay unos cuantos escenarios posibles de evolución y el mecanismo de transporte escogido debe ser insensible al orden

de introducción de las características de la RDSI. Desde luego, debe facilitar una estrategia flexible con vistas al tratamiento de todos los tipos de interfaz de abonado, incluyendo el bucle digital local de servicios integrados y los interfaces con las redes de datos especializadas existentes.

La elección de un mecanismo de transporte adecuado para la RDSI está ligada tanto a las características de los servicios que han de prestarse como al método por el cual estos servicios acceden a la red de conmutación.

Los siguientes rasgos de la RDSI serán objeto de análisis detallado:

- Nuevos servicios con protocolos específicos usuario-usuario; se están definiendo servicios como el teletex, con protocolos usuario-usuario basados en técnica de tramas (protocolos HDLC).
- Acceso a las redes de conmutación de paquetes; los procedimientos y protocolos para estas redes han sido definidos por el CCITT y otros organismos, y se basan en técnicas de entramado (HDLC).
- Tratamiento de datos por conmutación de circuitos; las recomendaciones del CCITT a este respecto no definen un mecanismo de transporte particular, pero claramente presuponen que el transporte utiliza formato de envolventes (multiplexación temporal síncrona). Sin embargo, se pueden obtener ventajas significativas si se emplea un transporte por tramas.
- Area local digital-bucle multiservicio; no está aún totalmente definido el canal  $\Delta$  que se dedica a la señalización para telefonía y demás usos en el bucle de abonado multiservicio, pero el transporte por tramas goza de amplia aceptación.
- Perspectivas de la RDSI a más largo alcance; mirando hacia un futuro más distante, cuando se puedan introducir los servicios de banda ancha y los métodos alternativos de conmutación ofrezcan un mejor rendimiento económico para todos los servicios, incluso la telefonía (ejemplo: redes en anillo, conmutadores de paquetes, etc.), la implantación de estas peculiares facilidades de la RDSI se beneficiará considerablemente de la existencia del transporte por tramas.

### Transporte de usuario a usuario

El desarrollo de las redes de datos ha crecido desde las redes experimentales iniciales a las actuales redes públicas, en servicio o en vías de introducción, y a las diversas redes privadas desarrolladas por fabricantes de equipos de comunica-



APLICACION
PRESENTACION
SESION
TRANSPORT
RED
ENLACE
FISICO

**Figura 3**  
Arquitectura de siete niveles para interconexión de sistemas abiertos.

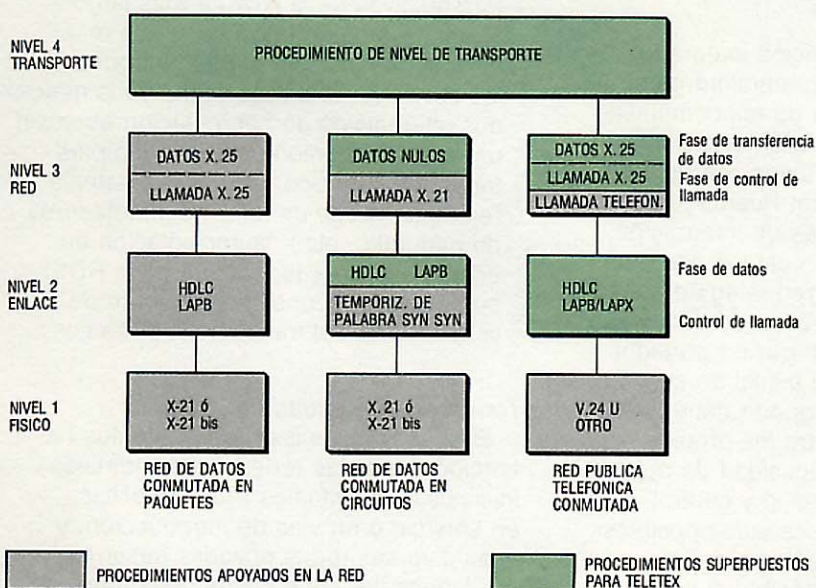
ciones de datos o de ordenadores, denominadas "arquitecturas de red". Se ha reconocido al fin que, para promover la interconexión de equipos de datos a través de las redes, se requiere estandarizar los protocolos usuario-usuario y la interconexión de redes. La International Standardization Organization (ISO), consciente de tal necesidad, ha creado un comité para "interconexión de sistemas abiertos" (OSI).

Como base para el desarrollo de protocolos, se ha definido previamente un modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos<sup>1</sup>, estructurándolo en niveles. El objetivo fue estandarizar las reglas de interacción entre sistemas interconectados. Así, sólo el comportamiento externo de los sistemas abiertos debe adecuarse a la arquitectura OSI; la organización interna y el funcionamiento de cada sistema individual están fuera del objetivo de los estándar OSI, ya que no son visibles desde los otros sistemas a los que se conecta. El CCITT ha establecido también un grupo de relatores sobre "modelos estructurados para servicios de redes públicas de datos", que está analizando el modelo OSI de referencia.

El teletex, sobre el cual el CCITT prepara recomendaciones, es el primer servicio que se define con esta estructura en niveles y que, por tanto, se puede clasificar como independiente de la red. La mayoría de las Administraciones proyectan introducir el teletex, pero se reconoce que lo harán sobre diferentes redes telefónicas o de datos, conmutadas en circuitos o en paquetes. Para simplificar y promover la conexión entre terminales teletex de distintas redes, se está desarrollando un servicio de transporte independiente de la red, que cubre los cuatro primeros nive-

les del modelo de arquitectura ya citado, a saber: el físico, el de enlace, el de red y el de transporte, como se muestra en la figura 3. Debe notarse que el procedimiento del nivel de transporte es común a todas las redes; cualquier diferencia en el interfaz con las distintas redes se confina a los niveles inferiores. En todos los casos la información usuario-usuario será transportada a través de las redes en tramas HDLC, usando los procedimientos HDLC LAPB (procedimiento de acceso al enlace equilibrado) como se define en las Recomendaciones X.25 y X.75 del CCITT. Para redes de datos con conmutación por paquetes y telefónicas, el nivel de red seguirá para todo los procedimientos X.25 de control de llamada y de transferencia de datos, excepto para el establecimiento inicial del enlace telefónico (Fig. 4). También se reconoce que más adelante habrá que interconectar los servicios teletex, videotex y facsimil. Así, pues, se espera que, en el futuro, el videotex y el facsimil se fundamenten sobre procedimientos de transporte desarrollados para teletex, y que cualquier diferencia entre estos tres servicios se limite a los niveles superiores de la arquitectura.

**Figura 4**  
Método de transporte para el teletex.



**Acceso al servicio de conmutación de paquetes**

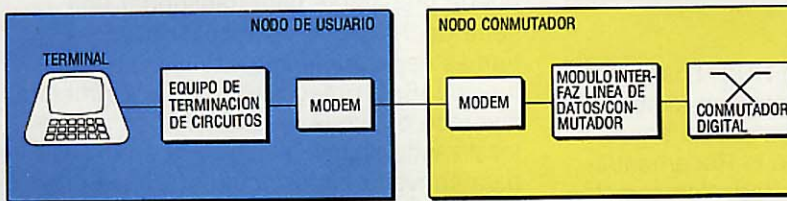
En las fases iniciales de la introducción del servicio de datos en una RDI, el servicio de conmutación de paquetes será prestado por unas pocas centrales especializadas o por centrales RDSI que dispongan de esas facilidades. Habrá pues, necesidad de dar a los usuarios acceso al servicio de paquetes por medio de la RDI, tanto en el caso de terminales de datos en modo paquete como en el de los existentes en modo carácter. Estos últimos requieren una función de empaquetado y desempaquetado.

Para el acceso a través de la RDSI se destinan caminos a 64 kbit s<sup>-1</sup>. Estos caminos pueden dedicarse a terminales simples en modo paquete o compartirse por varios terminales mediante multiplexación de tramas. Los terminales transfieren información en tramas HDLC y esa estructura permite una adaptación óptima de la velocidad de datos del usuario a los caminos de transporte a 64 kbit s<sup>-1</sup>. Las tramas están delimitadas por octetos indicadores (banderas) y los intervalos entre tramas se rellenan con tales octetos. Las tramas se pueden recibir a cualquier velocidad de usuario, almacenarse, y retransmitirse a la velocidad de la red, relleno con indicadores los tiempos entre tramas.

En el modo de acceso por camino compartido, se multiplexan los datos de un cierto número de canales de usuario en



un canal único de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  a través de la RDSI. Las tramas procedentes de los canales de usuario se almacenan también antes de retransmitirlas a la velocidad de red, pero en este caso se hace un intercalado de las tramas de los canales de usuario sobre el canal de red. Las tramas se etiquetan con un campo numérico de canal, identificando así el canal de usuario al cual están asociadas. Como el ancho de banda se otorga dinámicamente, se produce un múltiplex asíncrono por división en el tiempo; los canales multiplexados se llaman circuitos virtuales. Debido a este otorgamiento dinámico del ancho de banda, la multiplexación y concentración, funciones distintas en un en-



**Figura 5**  
Manejo de servicios de datos, síncronos y arrítmicos, en conmutación de circuitos.

torno síncrono por división temporal, son funcionalmente idénticas y así el módulo de multiplexación de tramas de datos puede proporcionar multiplexación (ejemplo, 6 enlaces de  $9,6 \text{ kbit s}^{-1}$  sobre un canal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ ) o concentración/multiplexación combinadas (ejemplo, 12 canales de  $9,6 \text{ kbit s}^{-1}$ , siendo determinado el grado de concentración por las características de tráfico).

Ya están en uso muchos terminales de datos en modo carácter y se toman medidas para que puedan comunicarse por redes de paquetes que dispongan de la función de empaquetado/desempaquetado. La mayoría de estos terminales operan con caracteres arrítmicos del IA5 (Alfabeto Internacional nº 5) a velocidades desde  $50 \text{ bit s}^{-1}$  hasta  $19,2 \text{ kbit s}^{-1}$ . La función de empaquetado/desempaquetado traduce en ambos sentidos las secuencias de caracteres IA5 y las de paquetes de señalización X.25 (permitiendo, pues, la selección de llamadas desde un terminal de teclado) y atiende también a la presentación y el control del terminal; durante la fase de datos de una llamada ensambla en paquetes de datos los caracteres que proceden de un terminal en modo carácter, para retransmitirlos a un terminal de paquetes.

Se puede lograr un mejor acceso de los terminales en modo carácter a las redes conmutadas en paquetes llevando a cabo el empaquetado/desempaquetado en un módulo especial de la central RDSI; este módulo utiliza un camino especialmente reservado a través de la red RDSI

hasta la red de datos conmutados por paquetes, para transferir la señalización y datos de usuario que han sido ensamblados en un formato de paquetes X.25. Las funciones del módulo de empaquetado/desempaquetado pueden también ampliarse para admitir otras clases de terminales en modo carácter; las dos clases que tienen mayor interés para los abonados y Administraciones son los terminales télex y los equipos terminales de datos (DTE) que usan protocolos síncronos binarios, incluyendo muchos DTE de IBM o compatibles con IBM.

#### *Tratamiento de datos conmutados por circuitos (Figura 5)*

Los servicios conmutados de datos síncronos y arrítmicos se definen por el CCITT en la serie X de recomendaciones (X.20 para los datos arrítmicos y X.21 para los síncronos). Hay cinco clases de usuarios de datos síncronos, correspondientes a las velocidades de  $600 \text{ bit s}^{-1}$ ,  $2,4 \text{ kbit s}^{-1}$ ,  $4,8 \text{ kbit s}^{-1}$ ,  $9,6 \text{ kbit s}^{-1}$  y  $48 \text{ kbit s}^{-1}$ . Los usuarios arrítmicos transmiten a diversas velocidades de datos, usando varios alfabetos, y pueden operar a diferentes velocidades durante la fase de señalización.

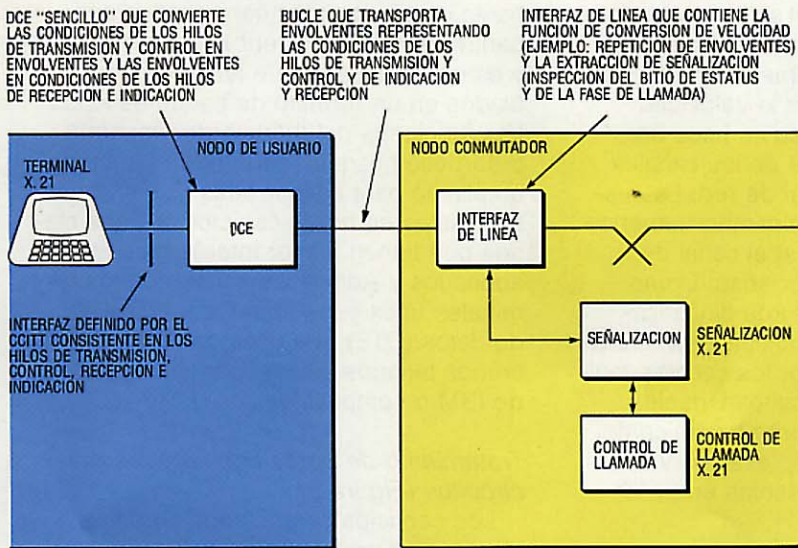
Al incorporar la conmutación de datos por circuitos en un entorno RDSI se supone que tanto los caminos conmutados a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  como los circuitos de enlace usados en telefonía, se utilizarán también para datos. Los terminales, al menos inicialmente, accederán a los conmutadores por líneas especializadas, con módems a las velocidades de usuario apropiadas. La interconexión con las actuales redes de datos especializadas de conmutación de circuitos se efectuará según las Recomendaciones del CCITT X.70, X.71 ó X.61.

#### *Mecanismos de transporte síncronos por división en el tiempo*

Aunque el CCITT defina la operación en términos de señales intercambiadas a través del interfaz entre el DTE y el DCE (equipo de terminación del circuito de datos), está claro que se ha supuesto para los datos síncronos un mecanismo de transporte síncrono por "envolventes". La envoltura consiste en una palabra de datos de longitud fija (6 ó 8 bits), con un bitio de estado y otro de señalización añadidos.

Con datos en modo arrítmico, entraba en juego dentro de la red la operación arrítmica normal (caso sencillo de trama). Para alcanzar la solución común requerida por la RDSI, se puede utilizar la estructura de envolventes síncrona 6 + 2 (compatible con la estructura de octetos de la transmi-





**Figura 6**  
Bucle con estructura por envolturas DCE - equipo terminal de circuito de datos.

sión y conmutación en la RDI). Los datos de terminales arrítmicos pueden también acomodarse en una estructura de envoltura como la definida en la Recomendación X.52 del CCITT: es decir, los caracteres se insertan en los primeros bits disponibles de la palabra envoltura de datos y el elemento de parada se repite en bits posteriores hasta que esté dispuesto otro carácter. Los caracteres de señalización reciben un tratamiento similar y se modulan en bloque las transiciones de estado de la línea. La formación de envolturas de este tipo presenta los siguientes atributos (Fig. 6):

- Implica diferentes métodos de asignar caracteres a envolturas, según los datos sean síncronos o arrítmicos.
- Se requiere conversión de velocidad a la entrada del conmutador para acoplar la velocidad de la línea terminal con la del conmutador ( $64 \text{ kbit s}^{-1}$ ). Para esta conversión puede utilizarse el relleno de lugares vacíos, la repetición de bits o de envolturas.
- Pueden necesitarse envolturas de control en el caso de datos arrítmicos para activar el cambio de velocidad y de modo del DCE entre las fases de señalización y datos.
- El método de extraer la información de señalización en el conmutador será diferente para datos síncronos y arrítmicos, debido al diferente uso de la estructura de envolturas.
- El mismo canal sirve para señalización y datos de usuario, con un mecanismo de conmutación que otorga el canal a uno u otro en el momento apropiado. En la Recomendación X.21, la liberación es la única condición de señalización que puede tratarse en la fase de datos,

y la estructura de envolturas no permite añadir facilidades más avanzadas (ejemplos: rellamada, transferencia).

- Se requieren interfaces y procedimientos especiales para interconexión entre diferentes formatos de división en el tiempo ( $6 + 2$  y  $8 + 2$ , por ejemplo).

**Mecanismos de transporte por tramas**

Para datos síncronos, los bits de datos pueden ensamblarse en bloques, añadiéndoles una cabecera y una secuencia de comprobación de trama, y la trama resultante se delimita con indicadores. En el caso de datos arrítmicos, los bloques de caracteres se pueden ensamblar en tramas.

Debido a su flexibilidad, esta estructura puede prepararse para transportar una serie de "eventos" de señalización en tramas especialmente destinadas a esa función. Esta potencialidad de la estructura favorece el que la señalización se realice localizando alguna inteligencia en el DCE para convertir los caracteres/niveles procedentes de los terminales en eventos de señalización. Si estos eventos se escogen de un conjunto estándar adecuado, se puede conseguir que el tratamiento de diferentes tipos de usuario sea común en una elevada proporción.

Este modo de utilización de las tramas tiene las siguientes características (Fig. 7):

- El método de asignar datos a las tramas es similar para los datos síncronos y los arrítmicos.
- La conversión de velocidad a la entrada del conmutador implica almacenamiento de la trama, empezando la retransmisión a la velocidad de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  cuando se haya recibido la trama entera (la trama se divide en octetos para su paso a través de la RDI). El tiempo entre tramas se rellena con caracteres indicadores. Se requiere el almacenamiento de tramas para ambas conversiones de velocidad (aumento o reducción); para minimizar el coste de almacenamiento y el retardo, se restringen las tramas de datos en longitud, aunque no tanto que el añadido (cabecera, secuencia de comprobación, etc.) llegue a ser inaceptablemente largo comparado con el campo de datos.
- Los cambios de velocidad y modo del DCE para usuarios arrítmicos se pueden activar localmente. La extracción de señalización en el conmutador se hace igual para usuarios síncronos que para los arrítmicos.
- Los eventos de señalización y los datos se transportan en el mismo formato b́sico.



- El hecho de emplear diferentes tipos de trama para datos y señalización implica que se usan canales diferentes para uno y otro caso. Esto permite mantener una completa transparencia de los datos, sin perjuicio de enviar diversas condiciones de señalización durante la fase de datos, si así fuera requerido.

**Comparación**

Aunque el método de tramas requiera mayores memorias de almacenamiento, cuando se combina con inteligencia distribuida en la red puede tratar tanto los datos síncronos como los arrítmicos con los mismos módulos básicos y procedimientos; sólo el preproceso de señalización difiere sensiblemente en los dos casos. Además, las tramas ofrecen la posibilidad de extender la capacidad de señalización a la fase de conversación, si así lo exigiera la evolución del servicio de datos por conmutación de circuitos.

**Area local digital - bucle multiservicio**

Con el desarrollo de la tecnología VLSI (integración a muy gran escala) se han conseguido circuitos de línea más baratos y aparatos de abonado digitales asequibles, y hay expectativas reales de un bucle local, económicamente viable, que curse tráfico telefónico y de datos. El bucle local digital es objeto de amplias discusiones en la actualidad, pero aún no se ha llegado a definir normas sobre su formato. La mayoría de las soluciones consideradas implican una estructura básica TDM, separando el ancho de banda necesario para conversación del requerido para señalización y datos. Parece aceptarse generalmente que se utilizará un formato de tramas para transportar la información dentro del canal  $\Delta$  de señalización/datos.

Los posibles usuarios del canal (canales) de señalización y datos son los siguientes:

- Señalización de un aparato telefónico o PABX (centralita automática privada).

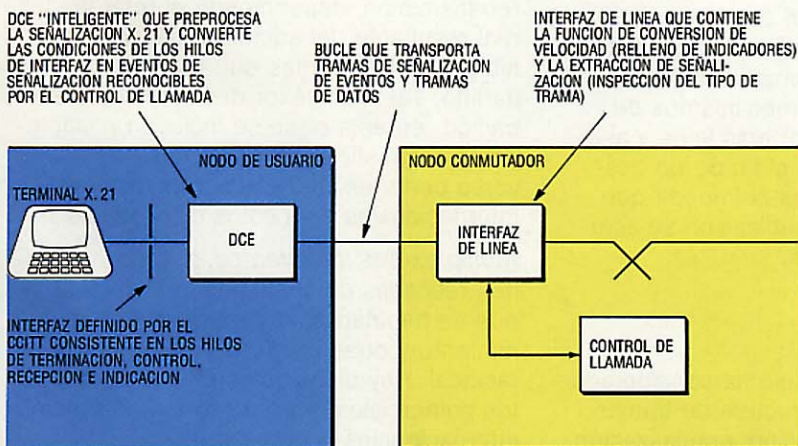
- Terminales de paquetes X.25, que acceden a la central de conmutación de paquetes a través de un concentrador.
- Terminales de paquetes X.25, con acceso a la PSE (central de conmutación de paquetes) por una línea alquilada.
- Terminales en modo carácter, que acceden a la función de empaquetado/desempaquetado en la PSE por un canal en conmutación de circuitos.
- Terminales modo carácter, con acceso a la función de empaquetado/desempaquetado en la PSE a través de un multiplexor estadístico en la central RDI y de un camino semipermanente a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ .
- Terminales modo carácter con función de empaquetado/desempaquetado sobre canal simple asociado, cuyo interfaz es por consiguiente en modo paquetes.
- Terminales de datos síncronos conmutados por circuitos.
- Terminales arrítmicos, que acceden a un servicio de datos por circuitos conmutados.
- Terminales de datos en modo de tramas (probablemente en modo de canal único X.25).

De todos los anteriores, los segundos, terceros, sextos y últimos comunican en modo trama y requieren un canal así formatado en el bucle local. Otros (los de lugar cuarto, quinto, séptimo y octavo) pueden utilizar canales síncronos por división en el tiempo o formatados en tramas. Sin embargo, la solución normal, con flexibilidad para añadir terminales de diferentes tipos y velocidades, exige adoptar canales con formato de tramas.

Al usar inteligencia distribuida de modo que el preproceso de señalización se lleve a cabo en el nodo terminal, y adoptando un conjunto estándar de señales para los eventos de control de llamada, basado en la señalización X.25, es posible estandarizar en un alto grado la función interfaz en el conmutador, tanto en lo que se refiere a extracción y manejo de señalización como en lo relativo al interfaz entre el enlace y el camino conmutado y a las funciones de conversión de velocidad; excepto la primera, todas las aplicaciones de la lista anterior pueden ser tratadas por un subconjunto del mismo juego de funciones.

Vale la pena investigar la viabilidad de tratar también la señalización del aparato de abonado telefónico como subconjunto de la X.25 o como conjunto superior que incluya a la misma. Será preciso que la señalización del bucle local digital y el

**Figura 7**  
**Bucle con estructura por tramas.**





canal de datos admitan dos o quizá más conexiones concurrentes (circuitos virtuales sobre canales lógicos separados). Se requiere algún método para determinar la prioridad de los usuarios del canal y aplicar esta prioridad a la información ofrecida a los canales. Este aspecto es tema de estudios posteriores.

#### *Posibilidades de la RDSI a más largo plazo*

Esta sección contempla una situación futura, más lejana, en la cual un solo nodo será capaz de conmutar toda la gama de servicios, desde la telefonía, pasando por datos conmutados en circuitos o paquetes, hasta servicios de banda ancha.

El método de alcanzar la capacidad de conmutar tal grupo de servicios es actualmente objeto de conjeturas, aunque el interés presente por las estructuras de anillo y técnicas de paquetes puede ser indicativo. Quizá se diseñen específicamente bloques de conmutación separados que cumplan los requisitos de determinados servicios; alternativamente puede prepararse una estructura única de conmutación, basada en una tecnología y unos mecanismos de conmutación suficientemente flexibles para soportar un grupo de servicios, e incluso su totalidad. Aquí, la capacidad y el aprovechamiento económico de la tecnología disponible serán los principales factores determinantes. La posibilidad de compartir estructuras de conmutación entre servicios constituye un argumento que obliga a adoptar un formato común para el tratamiento de la información sobre enlaces, bucles locales y dentro de la central, independientemente del tipo de usuario y la velocidad.

Si se emplea un mecanismo de transporte por tramas, será posible una realización común de la central y su equipo de entrada; las principales variantes que se habrán de admitir a la entrada serán las longitudes de trama (diferentes tamaños de memoria de almacenamiento) y velocidades (relojes distintos).

La factibilidad y relevancia de tal solución para la conmutación del futuro es objeto de posterior estudio. Sin embargo, las decisiones que se tomen en los próximos tiempos sobre los mecanismos de transporte deberían mirar más lejos y asegurar la flexibilidad, con el fin de no descartar opciones atractivas ni impedir que la futura red de telecomunicación se acerque a la solución óptima.

### **Multiplexación**

Hasta ahora este artículo ha considerado la aplicación de una estructura de tramas para transportar información y señalización

dentro de una red. Es necesario considerar también cualquier aspecto de la red que pueda beneficiarse del concepto básico de trama, como sucede con la multiplexación/concentración dentro de las áreas locales y en la red interurbana. Existen diversos enfoques de la multiplexación; su papel esencial será mejorar el rendimiento económico del medio de transmisión disponible.

#### *Tipos de multiplexores digitales*

Los multiplexores se pueden realizar de varias maneras:

*Estructura múltiple fija*, en la cual en ancho de banda disponible se asigna previamente de una forma fija. Un ejemplo (Recomendación G.732 del CCITT) es el multiplexor MIC a  $2048 \text{ kbit s}^{-1}$ , con 32 intervalos de tiempo. Dentro de la red interurbana estas estructuras se pueden agrupar según el tráfico (es decir, el número de canales requerido), añadiendo los canales en bloques de 30 (por sistemas múltiple). Este tipo de multiplexor no hace concentración y su uso en el área de abonado, particularmente en la zona residencial, no es económico, ya que el tráfico generado no justifica tener asignado un canal. Puede pensarse en multiplexores más pequeños, por ejemplo de ocho canales, pero tampoco así se mejora la eficiencia del canal.

*Estructura semiflexible*, en la que el ancho de banda disponible se pre-asigna de un modo semipermanente, que puede cambiarse por control manual. No existe concentración. Ejemplos son los multiplexores de bits según R.101 y R.111 del CCITT, utilizados en las áreas de abonados y enlaces para télex y datos arrítmicos, y los multiplexores de envolventes según X.50/X.51 del CCITT, empleados en redes de datos (6 + 2) y (8 + 2), respectivamente.

*Estructura flexible*, en la cual el ancho de banda disponible se otorga bajo demanda, en modo de almacenamiento y retransmisión, dependiendo el retardo real resultante del ancho de banda disponible y de las fuentes que esperan compartirlo. Tal multiplexor desarrolla concentración; en esta clase se incluyen multiplexores estadísticos y de paquetes de diversa pertenencia. No hay regulaciones internacionales para estos dispositivos.

*Multiplexores inteligentes*, que son versiones refinadas del multiplexor flexible, al que se ha añadido la capacidad de mantenimiento y otras funciones de control operacional. Hay disponibles muchos productos comerciales, pero no existen normas internacionales aceptadas.



**Multiplexores de tramas**

Los multiplexores de trama pueden ser de estructura flexible o del tipo inteligente, ya que admiten una mezcla de velocidades de transmisión. La información de abonado se estructura en tramas de una manera prescrita, siendo el dispositivo capaz de ordenar en cola dichas tramas y de transmitir la información en bloques discretos o paquetes. En la dirección contraria, el multiplexor debe reconocer el destino por la cabecera de la trama y dirigir el mensaje a la salida apropiada.

Los criterios de dimensionado son el tráfico generado por cada entrada y su relación con la velocidad binaria total. Ninguna entrada simple puede tener una velocidad superior a la velocidad binaria total, pero si el sistema permite "espera" se podrá aumentar el número de entradas.

**Aplicación de la multiplexación de tramas al acceso de abonados**

En el supuesto de que la filosofía de enviar información en tramas se aplique al entorno de la RDSI, es necesario considerar las posibilidades de la multiplexación de tramas en el área local, con vistas a mejorar el rendimiento económico de la transmisión.

El acceso de abonados digitales sobre una línea a 2 hilos en dúplex total se examina en otro artículo de este número<sup>2</sup>. La multiplexación de tramas puede reducir la longitud de los segmentos de línea de abonado a 2 hilos – un gran factor limitador – multiplexando grupos de tales segmentos de línea en los puntos de distribución local, con lo cual se ofrece la calidad propia de la transmisión a 4 hilos al flujo de bits resultante. El multiplexor será ajustado específicamente a las capacidades de tráfico y de transmisión de la vía. La figura 8 muestra una posible configuración de área local.

Se están analizando estudios económicos para tales propuestas.

**Control operacional**

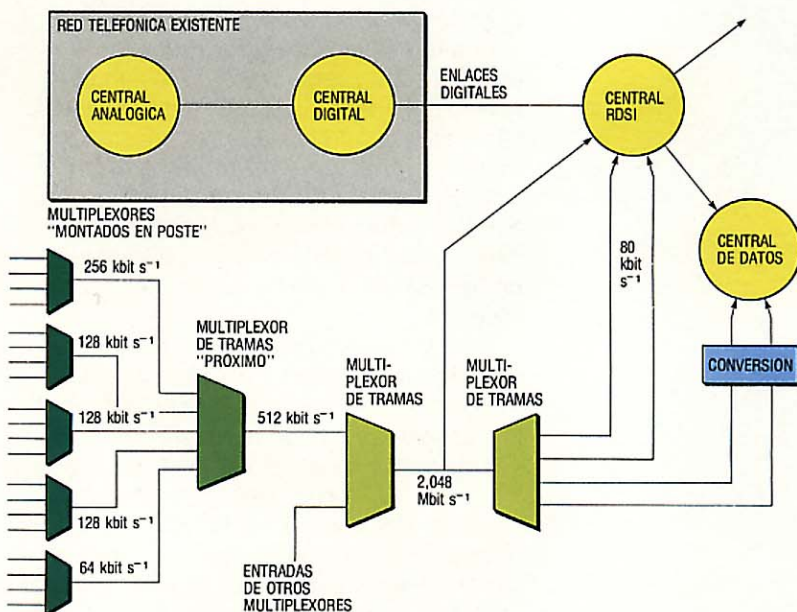
Los multiplexores, bien sean usados en las áreas de abonado o de enlaces, deben estar sujetos a funciones de control operacional, incluyendo supervisión, prueba y posiblemente reconfiguración. Este control se puede aplicar desde una central principal o desde un nodo centralizado de operación y mantenimiento.

Las rutas de enlaces que llevan canales multiplexados, en caso de avería, serán reencaminadas para mantener el servicio. Los grupos multiplexados en el área local no tienen esta posibilidad, a pesar de que también puedan ocurrir averías. Sin embargo, si el tráfico no telefónico ha de tratarse junto con el tráfico ordinario, po-

dría necesitarse algo más que la observación pasiva del acceso multiplexado: concretamente, conmutar a un segundo camino en el caso de un fallo. Tales mecanismos son costosos y el coste de su introducción debe ser repartido entre tantas fuentes como sea posible. El multiplexor de tramas es el que con mayores probabilidades asegura que se utiliza eficazmente el ancho de banda total, mejorando el rendimiento económico de las facilidades de control.

El añadir abonados puede ser un problema en multiplexores fijos como los del tipo X.50/X.51, que trabajan con una cierta gama de velocidades, ya que aun-

**Figura 8**  
Ejemplo de una estructura múltiplex por tramas, la cual maximiza la eficiencia de transmisión.



que haya canales de reserva disponibles en el multiplexor pueden no ser de la velocidad requerida. Recomponer la asignación de velocidades de canales en tal multiplexor tiene un impacto considerable en el control operacional; en el multiplexor de tramas se puede atender a los abonados sin gran recomposición, siempre que haya suficiente ancho de banda.

**Señalización en la RDSI: un tratamiento común**

**Requisitos funcionales de la red de conmutación**

Una red de conmutación RDSI puede considerarse como una serie de nodos conectados entre sí, cada uno de los cuales tiene capacidad de interconectar cierto número de circuitos. Parte de esos circuitos enlazan con abonados, y parte con otro u otros nodos de la red.

El nodo contiguo a un abonado que llama debe aceptar la información de se-



lección, analizarla, y prolongar la llamada al próximo nodo por la ruta deseada. En el caso de abonados de datos, la información de selección consta de la dirección de destino más la petición de facilidades especiales.

La información anterior debe sufrir un análisis de aceptabilidad para determinar que están autorizadas la conexión y facilidades requeridas, y un análisis de la dirección de destino, a partir del cual el nodo pueda establecer la llamada hacia el nodo de destino, a través de nodos intermedios si fuera necesario. La función básica de los nodos intermedios es desarrollar un análisis del encaminamiento basado en la dirección recibida, y establecer en consecuencia las conexiones apropiadas hacia el nodo de destino.

El nodo adyacente a un abonado de destino debe aceptar la información de selección, analizarla y prolongar la llamada hacia el abonado llamado. La información de selección incluye típicamente la dirección de destino, la identidad del abonado que llama con su clase de usuario y grupo cerrado de usuario, más las peticiones de facilidades especiales como el cobro revertido.

Cuando se ha comprobado la información de señalización y no se han encontrado errores, el nodo puede prolongar la llamada al abonado de destino. Una vez que éste ha aceptado la llamada, todos los nodos de la red deben, por mutuo acuerdo, dar conexión a la ruta. Típicamente la acción final del proceso de conexión la realiza el nodo contiguo al abonado llamante.

#### *Realización estructurada de los requisitos de red*

La mayor parte de los análisis asociados con el establecimiento de una llamada se desarrollan en los nodos contiguos a los abonados llamante y llamado. La estandarización de estas funciones en un entorno multiservicio aportará significativas ventajas.

En el pasado, los sistemas de control de llamada estaban gravados por la exigencia de comunicar directamente con el abonado mediante un protocolo de comunicación reservado exclusivamente al mismo. Antes de poder conseguir un verdadero análisis de control de llamada, había que resolver varios problemas de señalización, como los siguientes:

- ¿Cuántos impulsos se han recibido?
- ¿Qué longitud tiene el impulso de señalización?
- ¿Cuál es el significado correcto de un tono de  $n$  kHz?

Ello ha dado origen a sistemas de control de llamada preparados para utilizarse con protocolos de comunicación individuales. Sin embargo, una vez resueltos los problemas del protocolo de señalización básico, es probable que el análisis de la información subsiguiente sea muy similar. Por esta razón, se ha propuesto que una sola máquina genérica de control de llamada atienda a todos los abonados de datos por conmutación de circuitos, siempre que las partes relativas al protocolo se traten con prioridad al análisis de la llamada.

Las funciones dependientes del protocolo de usuario se pueden definir en una máquina separada, que se comuniquen con la de control de llamada por medio de un protocolo generalizado. Así, para cualquier servicio, la máquina de control de llamada sólo ha de analizar una parte de un conjunto bien definido de eventos e información.

Si este interfaz funcional se traduce a términos físicos, incorporando las funciones dependientes del protocolo de usuario en un traductor inteligente de señalización adyacente al terminal de abonado, y haciendo residir en la central las funciones de control de llamada, se obtiene un protocolo generalizado para señalización en el bucle local. Este protocolo se define como un juego de eventos de señalización significativos, junto con una secuencia autorizada para el intercambio de tales eventos entre la máquina de control de llamada en la central y el traductor de señalización.

La señalización en el bucle es estándar para todos los servicios, permitiendo cambiar rápidamente los servicios de abonado sin ningún impacto en la planta de líneas. Similarmente, cuando se cambia un servicio sólo se producirá un efecto mínimo en el equipo de conmutación. Tal cambio afectará principalmente al equipo terminal de circuito de datos (DCE), que podrá verse obligado a hacer una nueva traducción del protocolo de señalización. Puede ser también necesario cambiar ciertos parámetros de la base de datos relativos al abonado, que utiliza el tratamiento de llamadas durante el establecimiento de éstas.

El protocolo de señalización escogido para el bucle local debe ser capaz de transmitir eventos significativos entre el DCE y el equipo de central. Para un servicio de datos por conmutación de circuitos, se han identificado siete tipos de mensaje:

- Mensaje de llamada, conteniendo toda la información sobre dirección del terminal llamante y petición de facilidades.
- Mensaje de conexión de llamada, para



informar al abonado llamante de que la llamada puede proseguir.

- Mensaje de notificación de llamada, incluyendo parámetros de red, el cual permite al DCE receptor informar al abonado de que otro abonado desea comunicar con él.
- Mensaje de aceptación de llamada, para informar a la red de la aceptación por parte del abonado llamado.
- Mensaje de información de la red, que contiene parámetros de red tales como señales de progreso de llamada o identidades de abonado.
- Mensaje de liberación de llamada, desde la red al abonado o viceversa.
- Mensaje de confirmación de liberación, desde el abonado a la red o viceversa.

Naturalmente no tiene importancia el formato del contenido de estos mensajes; el único requisito es que los campos de mensaje utilizados sean coherentes en

representativa de acceso de abonado. Los terminales de abonado son de las clases de usuario (CU) 3 a 6, con transmisión síncrona e interfaz según la Recomendación X.21 del CCITT.

### Configuración

Se considera una conexión de datos del tipo mostrado en la figura 9. El terminal de abonado (DTE) y el equipo de terminación de red (DCE) están ubicados en los locales del abonado, distantes de la central y conectados a ésta por el bucle local. (Como alternativa, el canal de datos puede ser extraído de una facilidad multiservicio usando el equipo terminal de abonado y el equipo de terminación de circuito).

La información de señalización y los datos de abonado se transmiten por el bucle local mediante el procedimiento HDLC, cuyo protocolo se basa en el nivel 2, LAPB, del X.25.

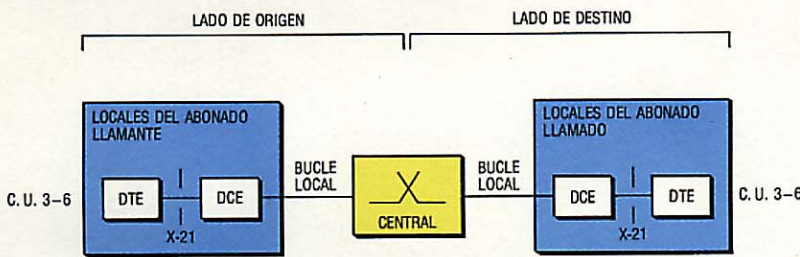
Las funciones de señalización se realizan en el DCE, el cual genera/trata las condiciones del interfaz X.21 y los mensajes de eventos, según se requiera. Estos mensajes son empaquetados en tramas para su transporte por el bucle local hasta la central, donde se recuperan. Los mensajes de retorno del control de llamada circulan de una forma similar, en la dirección opuesta.

Las funciones se subdividen en máquinas de estados. La máquina de estados de señalización de usuario (USSM) convierte el juego de estados encontrados en el interfaz DTE/DCE (definido en la Recomendación X.21) en transacciones requeridas para el control de llamada, en ambas direcciones.

Similares máquinas de estados de señalización de bucle (LSSM) se sitúan en ambos extremos del bucle local, tanto en el DCE como en la central, desarrollando cada una funciones recíprocas. En el DCE los mensajes de señalización (o datos) recibidos desde la USSM se empaquetan en tramas para su transmisión hacia la central, donde se desempaquetan y recuperan. En la fase de señalización, las funciones de control de línea permanecen en la LSSM de la central, liberando por tanto al control de llamada de tratar con las funciones de selección del llamante. Las LSSM también realizan los procedimientos HDLC para las etapas de establecimiento y desconexión de la vía (LAPB) e información; asimismo establecen la condición de conexión (es decir, la fase de transparencia) para usuarios de datos, controlan esta fase y detectan la condición de liberación.

El tratamiento de llamadas entrantes y salientes lo proporciona la CCSM (máquina de estados de control de llamada).

**Figura 9**  
**Configuración para el acceso de un abonado local a la central.**

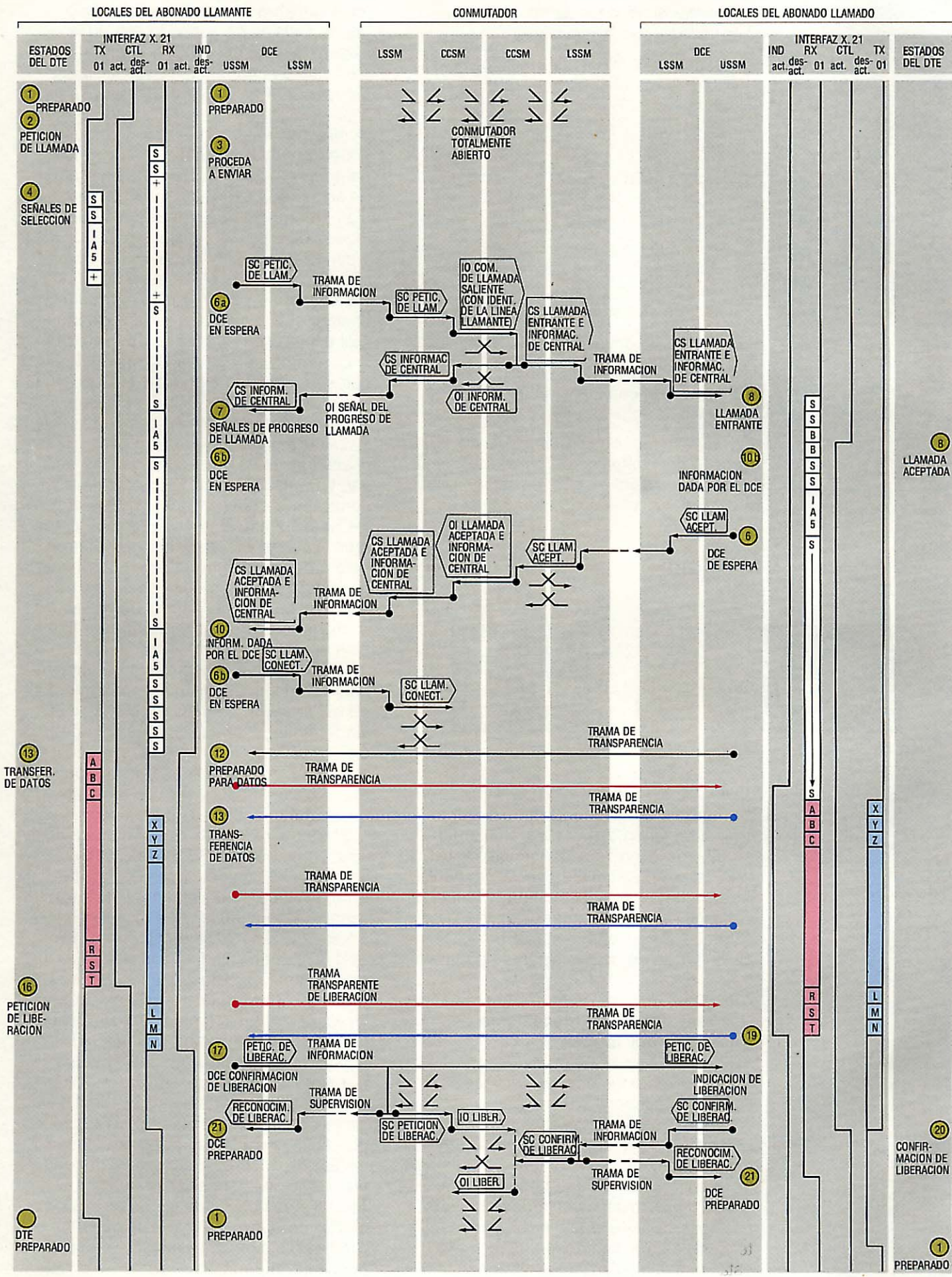


todos los sistemas de señalización de datos. De la consideración de estos tipos de mensaje se desprende que pueden adoptarse formatos basados en los del sistema de señalización X.25 del CCITT, los cuales presentarían apreciables ventajas, ya que el protocolo está bien definido y establecido y deja abierto el camino para que el concepto llegue a abarcar los servicios de conmutación de paquetes.

### Una realización del mecanismo de transporte por tramas

Para obtener experiencia y evaluar los conceptos expuestos en este artículo, el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, en Madrid, ha construido un modelo compuesto de un equipo terminal de circuito de datos que traduce protocolos de usuario, un sistema de transporte por tramas para el bucle local, y un subsistema de central con control de llamada estandarizado y capacidad de conmutación local. En la siguiente descripción se detalla el proceso de una llamada basado en el análisis funcional de una configuración







Esta incluye la resolución de colisiones de llamada y de liberación, el análisis de señales de selección, el tratamiento de facilidades de abonado, la toma de recursos, la confirmación de conexión y los procedimientos de liberación. También genera la información requerida para establecer el camino de conmutación.

#### Proceso de la llamada

En la fase de establecimiento de una llamada (Fig. 10), la USSM dirige todos los procedimientos de señalización asociados con recoger la información de selección. Seguidamente envía un mensaje de *petición de llamada* a la CCSM llamante por medio de las LSSM.

La CCSM llamante envía un mensaje de *comienzo de llamada saliente* a la CCSM llamada, la cual puede responder con la información de llamada en progreso. Si así lo hace, la CCSM llamante envía dicha información a la USSM llamante, quien a su vez la transmite al DTE en la forma prescrita en X.21.

Entre tanto la CCSM llamada envía a la USSM llamada un mensaje de *llamada entrante*, conteniendo la identidad de la línea de terminal llamante. Dicha USSM envía las condiciones de llamada según X.21 al DTE llamado, el cual responde con *llamada aceptada*; a partir de ahí la USSM envía la identidad del DTE llamante al DTE llamado. La USSM envía después al DTE la condición de DCE en espera y un mensaje de *llamada aceptada* hacia la CCSM llamada.

La CCSM llamada envía la identidad del terminal llamado a la CCSM llamante, la cual genera un mensaje de *información de central* hacia la USSM llamante, y está a su vez retransmite la información al DTE llamante. La USSM responde entonces con un mensaje de *llamada conectada*, que obliga a la CCSM llamante a establecer el camino transparente a través de la central. Simultáneamente la LSSM adyacente a la CCSM llamante responde con una *trama S de reconocimiento*.

Las tramas transparentes pasan en ambas direcciones y llevan a los DCE llamante y llamado a transmitir la condición *preparado para datos* hacia sus DTE. Después cada DCE transfiere los datos, empaquetándolos en tramas transparentes. En estas tramas, y en la central, se hace caso omiso de la secuencia de verificación de trama, ya que los usuarios son responsables de la integridad de la transmisión.

Uno u otro DTE puede iniciar la liberación, que pasa a través de la red como *trama de liberación transparente* (Fig. 10). El DCE devuelve *confirmación de liberación* al DTE y envía un mensaje de *petición de liberación* a la CCSM. La LSSM

adyacente a la CCSM que libera devuelve una trama S hacia el DCE de ese lado, el cual señala *preparado* al DTE; el DTE entonces señala también *preparado*.

El mensaje de *petición de liberación* desde el DCE que libera pasa a través de la central al DCE liberado, el cual envía una *indicación de liberación* hacia su DTE. Este último responde con *confirmación de liberación*, que ocasiona el envío por el DCE del correspondiente mensaje hacia la central. La LSSM de la central recupera el mensaje, lo envía hacia la CCSM liberada y devuelve una *trama S de reconocimiento*. El DCE liberado señala *preparado* a su DTE, que responde con *preparado*.

#### Conclusiones

Al considerar el progreso hacia la RDSI ha surgido una preferencia clara por un transporte en tramas, incluyendo la propuesta de un tipo de señalización por eventos. La combinación de las dos técnicas da la posibilidad de un método estándar de operación sobre las vías de unión, junto con cierta normalización en el control de llamada.

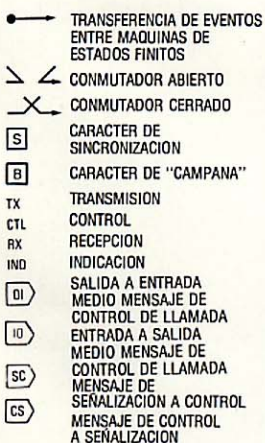
El mecanismo de transporte preferido es el modo de trama basado en la Recomendación X.25 del CCITT, y los protocolos HDLC con señalización por eventos sobre la vía; los eventos se deducen de un juego estándar para todos los servicios, definido para el interfaz entre el control de llamada y la función de señalización. Actualmente la Recomendación X.25 constituye una base útil para la compilación de tal lista de eventos.

Esta solución ofrece una serie de ventajas. Sobre todas ellas, la compatibilidad, ya que buen número de sistemas y servicios existentes y en desarrollo emplean procedimientos X.25/HDLC, y la flexibilidad necesaria para acomodar un conjunto de servicios con diferentes velocidades, métodos de señalización, facilidades, etc. Además el método es independiente de la velocidad binaria y de la estructura de datos, de modo que puede tratar nuevos servicios a diferentes velocidades y ello le hace "seguro ante el futuro".

La solución recomendada incorpora una plena capacidad de señalización, con alta probabilidad de poder atender requisitos de señalización nuevos, en apoyo de facilidades y servicios actualmente indefinidos.

Finalmente, esta técnica ofrece un buen grado de estandarización, incluyendo un formato de vía estándar y la comonalidad entre las funciones de control de llamada para diferentes servicios. La mayoría de

**Figura 10**  
Procesos de una llamada en las fases de establecimiento, transparencia y liberación.





las funciones no estándar (es decir, dependientes del servicio) están restringidas al equipo terminal de circuito, el cual podría ser últimamente absorbido por el terminal, ofreciendo así un interfaz normalizado del usuario con la red.

#### Referencias

- 1 ISO/DP Data Processing – Open System Interconnection – Basic Reference Model, DP 7498.
- 2 R. C. Slatter, W. A. G. Walsh, F. Kaderali, P. Schmidt: Acceso del usuario a una red digital de servicios integrados; Comunicaciones Eléctricas, 1981, volumen 56, nº 1, 31–43 (en este número).

**Clive Carter** nació en 1945 en Bristol, Inglaterra. Se graduó en la Universidad de Bath en 1967, en ingeniería eléctrica. Trabajó para la Compañía Plessey, desarrollando programación para sistemas de control remoto y sistemas telefónicos. En 1973 entró en STL, e inicialmente trabajó colaborando con BTM en la programación para proceso de llamadas de grandes centrales locales del METACONTA\* 10C. En 1976 volvió a STL, en donde se ha dedicado a sistemas de conmutación de datos y estudios sobre mejoras de los sistemas de conmutación MIC, añadiéndoles la capacidad de conmutación de datos para ofrecer servicios integrados.

**M. J. Collard** nació en Taunton, Inglaterra, en 1946. Se graduó en 1968 en el Colegio Hatfield de Tecnología Avanzada, con un grado BSc en ingeniería eléctrica. Antes de ingresar en STL, en 1975, tenía varios años de experiencia en el diseño de sistemas de comunicación digitales, desde los terminales de datos, pasando por un sistema militar de conmutación de mensajes, hasta el diseño de sistemas telefónicos digitales de comunicación por

satélite. En STL ha estado implicado en el diseño de redes de conmutación digital. Actualmente está coordinando un grupo de STL que prepara las especificaciones funcionales básicas para redes de comunicaciones digitales del futuro. Es ingeniero titulado y miembro del Instituto de Ingenieros Eléctricos.

**Michael J. Hillyard** nació en Londres en 1943. Se educó en la Haberdashers' Aske's Hampstead School y estudió ingeniería en un curso de graduación organizado por STC New Southgate, obteniendo un grado BSc (Ing.) externo de la Universidad de Londres en 1966. Entre 1966 y 1975 trabajó en STC en proyectos de conmutación digital, incluyendo las pruebas de campo de la central tándem MIC en Moorgate, y en 1975 entró en STL como parte del proyecto Metaconta Data System. Actualmente dirige un departamento que trabaja en comunicaciones integradas.

**W. A. G. Walsh** nació en Londres, Inglaterra, en 1923 y entró en STC en 1939. Ha trabajado en el desarrollo de sistemas de conmutación electrónica durante su evolución desde el MAI hasta el MIC. En años recientes ha sido director de ingeniería de sistemas para datos conmutados por circuitos y ahora está en la división de Planificación de Sistemas de STL, con responsabilidades en RDSI. Es el coordinador técnico de datos de ITT para el CCITT.

**José Serrano Hernández** nació en Madrid, España, en 1948. Se graduó en la escuela técnica del ICAI en 1968, en ingeniería industrial. Trabajó para la Cía. Telefónica Nacional de España en aplicaciones de tiempo real para servicios de abonados, antes de entrar en Standard Eléctrica como ingeniero de diseño. Actualmente es responsable técnico de actividades RDSI en el Centro de Investigación de Standard Eléctrica.

\* Marca registrada del sistema ITT



# Bucles de abonado digital

Una de las partes de la red telefónica que va a ser antes afectada por la introducción de la tecnología digital será el área local. Incluso sin la integración de la red de servicios, la digitalización del área local mejorará de forma considerable el acceso de los usuarios a la amplia gama de servicios y facilidades que muy pronto estarán disponibles.

## F. Kaderali

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal Alemana

## J. D. Weston

Standard Telecommunication Laboratories  
Limited, Harlow, Inglaterra

## Introducción

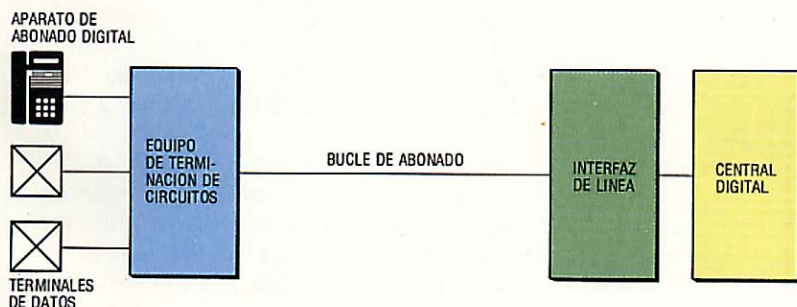
En una red digital de servicios integrados (RDSI) la conexión entre el usuario y la central local será digital. Esto permitirá ofrecer al abonado una amplia variedad de facilidades y servicios. También es cierto que, aun sin la integración de servicios, la mera introducción de la tecnología digital en el área local mejorará de forma notable el acceso de los usuarios a la extensa gama de facilidades y servicios basados en técnicas digitales que se espera comercializar en la próxima década.

En las redes analógicas actuales el abonado está unido a su central local mediante un par de hilos equilibrados, diseñados para transportar las frecuencias de voz. La inversión media en la planta exterior de cables de las instalaciones existentes, representa aproximadamente el 40% del coste total de la red. Esta enorme inversión nos indica que, durante un período bastante largo, los únicos servicios digitales que se ofrecerán a la mayoría de los usuarios, serán aquellos que puedan suministrarse utilizando los pares existentes para transportar señales digitales<sup>1</sup>. A largo plazo, no cabe duda de que se utilizarán ampliamente las fibras ópticas en el área local para mejorar la capacidad digital; pero también es probable que se introduzcan las fibras ópticas a corto plazo, en el caso de circunstancias excepcional-

mente difíciles o para disponer de servicios de banda ancha<sup>2</sup>.

El acceso de los abonados digitales a la red RDSI (figura 1) debe darse mediante canales en una única línea que cubrirá los servicios de voz, datos, teletexto, señalización y sincronización; todos estos tipos de información son procesados y reunidos en el equipo de terminación de circuito (CTE). La limitación de que la velocidad binaria total sea lo más baja posible para aplicaciones en los bucles existentes, está llevando a normalizar internacionalmente una estructura de señal con una velocidad preferida de  $80 \text{ kbit s}^{-1}$  a corto plazo y un objetivo de  $144 \text{ kbit s}^{-1}$  más lejano<sup>3</sup>. La normalización actual en conmutación y transmisión fuerza a retener los  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para el canal de voz, aunque a largo plazo y para la red totalmente digital esto puede cambiar, especialmente en los bucles de abonado. Se espera también una tendencia al aumento en los requisitos de capacidad para datos. Por todo ello, se necesitará cierta flexibilidad en la estructura de señal, en la utilización de los canales y en el diseño de los circuitos.

Figura 1  
Acceso de un abonado digital a una central digital.



## Configuraciones

Antes de que se alcance una penetración importante de la RDSI, se propondrán una serie de soluciones transitorias que, si se realizan dentro del marco que establecen los organismos CEPT y CCITT, prepararán el camino de la futura red digital integrada<sup>4</sup>. Los servicios y las facilidades se mejorarán gradualmente. Por otra parte, debido a las distintas estructuras de red y a los diferentes requisitos de los servicios de abonado, se darán ciertas variantes nacionales.



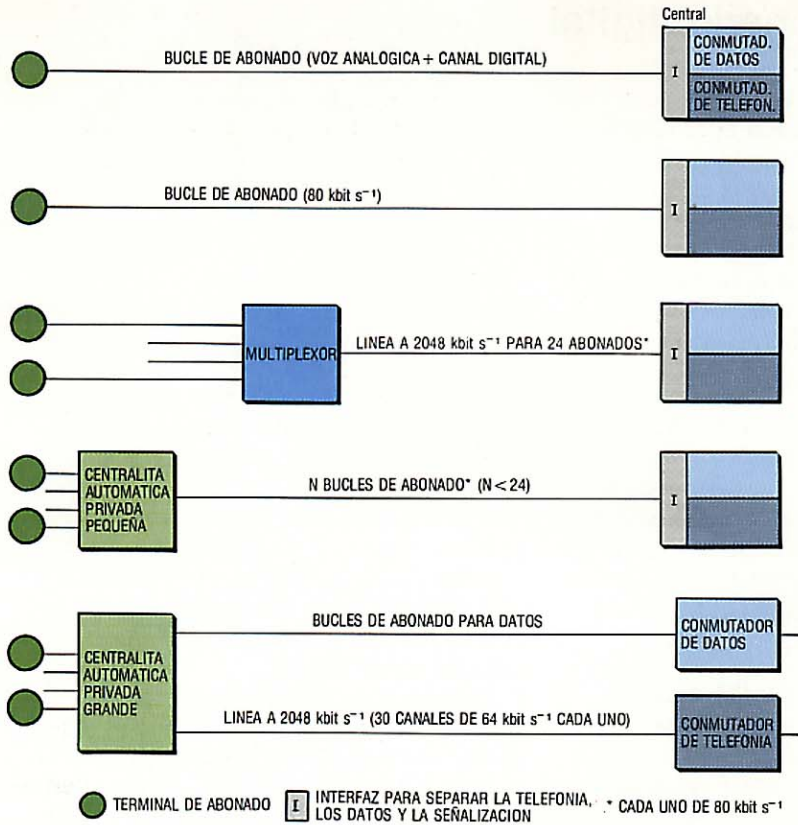
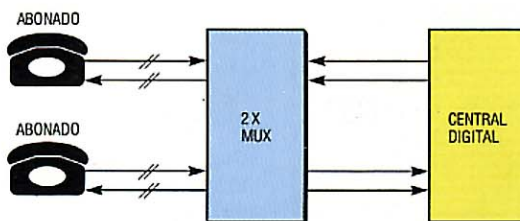


Figura 2 Una gama de configuraciones posibles para el área de abonado.

La figura 2 muestra algunas configuraciones de la indicada evolución. Comenzando a partir de la red analógica actual, se podrá acomodar un canal digital en la parte del espectro por encima de la banda de voz. Las velocidades binarias de 8, 16, 80, ó posiblemente 64 kbit s<sup>-1</sup>, son las más adecuadas para la evolución hacia la RDSI. La adición de un canal de 80 kbit s<sup>-1</sup> daría lugar a un sistema 1 + 1, que podría utilizarse inicialmente para ofrecer un teléfono extra con capacidad de datos y con posibilidad de acceder a través de enlaces digitales a un área remota de la RDSI; los canales podrán asignarse a dos abonados independientes, o bien a un mismo abonado para darle un segundo teléfono. Algunas señales como las de los impulsos de tarificación, que se transmiten por encima de la banda vocal en las redes analógicas, impondrán ciertas restricciones en la disponibilidad del espectro. Este problema, así como los del diseño de los filtros que se requieren en la solución indicada, se evita si el sistema de 80 kbit s<sup>-1</sup> simplemente

Figura 3 Cuatro hilos compartidos por dos abonados mediante el uso de un multiplexor doble.



reemplaza al sistema analógico; sin embargo, en este último caso el suministro de un segundo teléfono precisaría de una nueva línea o de mayor velocidad de transmisión, que implicaría una disminución en el alcance.

Los estudios realizados han demostrado que el uso general de multiplexores remotos, incluso si se optimizan entre 5 y 30 canales, no es económico para la mayoría de las aplicaciones, si se compara con la conexión única de 80 kbit s<sup>-1</sup>. En el resultado anterior está implícito el que los multiplexores estarían situados en la planta exterior, lo que supone un coste importante de acondicionamiento. Sin embargo, en aplicaciones concretas en que los multiplexores se pudieran ubicar en edificios existentes, por ejemplo en una casa de pisos, la comparación económica podría resultarles favorable. Aparte de los factores económicos, existirán casos, sobre todo en las primeras fases de la digitalización, en que tales multiplexores serán una buena solución para extender el servicio a grupos de abonados más allá del límite alcanzable por un par de hilos. Una unión a 4 hilos con repetidores o un enlace de fibra óptica aumentarán la distancia máxima admitida entre el multiplexor y la central.

La manera más sencilla de multiplexación sería proporcionar un camino transparente a cada canal de 80 kbit s<sup>-1</sup>. Una alternativa, favorecida por algunas Administraciones, consiste en reestructurar la señal de la misma forma que se haría en el interfaz de la central y usar señalización por canal común. La elección dependerá obviamente de la economía total, de la fase de integración de la red y de los procedimientos operativos. Sin embargo, la solución más simple, la de transparencia, es preferible desde el punto de vista de fiabilidad, consumo de energía y eficiencia de transmisión. Una línea normal de 2 Mbit s<sup>-1</sup> podría dar servicio a 24 abonados en régimen de transparencia, utilizando la capacidad extra para las funciones de estructuración general y supervisión del mantenimiento; lo anterior resulta más conveniente que la restricción a tan sólo 15 abonados en el caso de que se separen el canal de voz y el de datos, añadiendo dígitos redundantes al último para conseguir el formato de 64 kbit s<sup>-1</sup>.

Los concentradores remotos y las centralitas automáticas (PABX) grandes, pueden conectarse de varias maneras a la central mediante líneas de 2 Mbit s<sup>-1</sup>. Todas las configuraciones mostradas en la figura 2 pueden interconectarse con una red de datos existente o con una red RDSI, dependiendo de las técnicas de interfaz y de conmutación de la central.



En todas ellas hay una necesidad común: transmitir simultáneamente en los dos sentidos a  $80 \text{ kbit s}^{-1}$ , sobre un solo par de hilos.

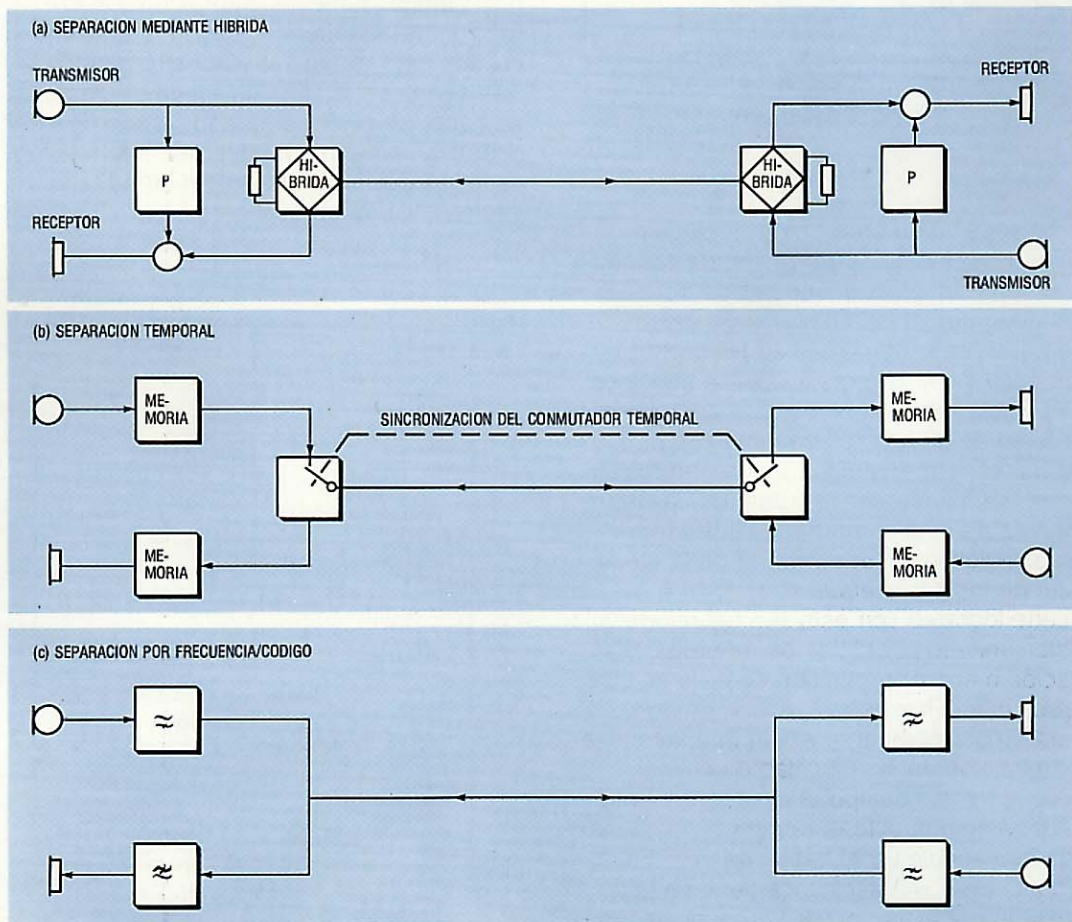
**Alternativas de realización**

**Conversión 2/4 hilos**

La multiplexación espacial, usando una conexión directa a 4 hilos, es fácil de realizar. La técnica de 4 hilos ofrece el máximo alcance y es atractiva como medio de explorar las reacciones de los usuarios y de evaluar el impacto de las dificultades de transmisión en un entorno operacional, contando con la disponibilidad de cuatro hilos por abonado<sup>5</sup>. Una alternativa a la multiplexación espacial consiste en compartir los cuatro hilos entre dos abonados, usando para ello un multiplexor doble como el mostrado en la figura 3. Un par de hilos lleva las señales multiplexadas de la dirección de recepción y el otro par lleva las señales multiplexadas de la dirección de transmisión.

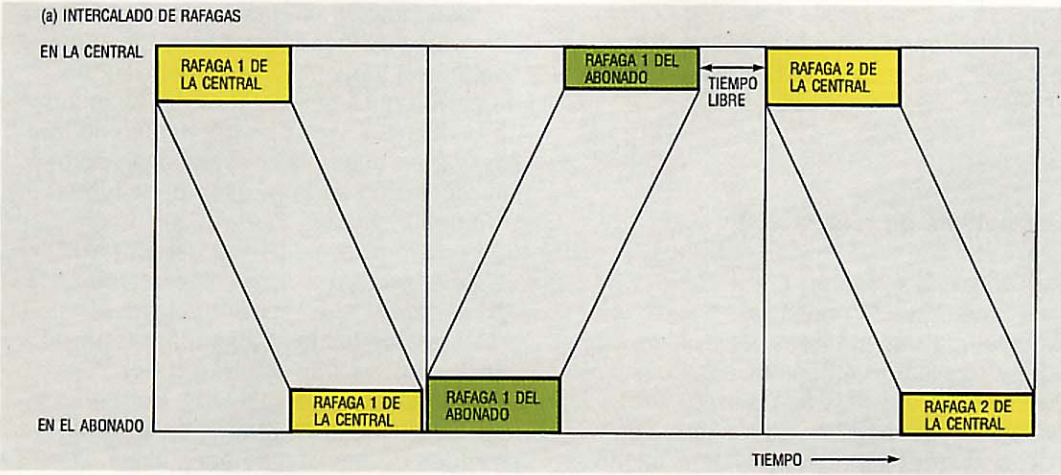
La amplia variedad de conceptos descritos en la literatura sobre la conversión de 2 a 4 hilos pueden clasificarse de forma general en tres categorías, según indica la figura 4. Cada categoría incluye muchas variantes posibles.

La separación mediante híbrida es la única técnica teóricamente capaz de conseguir una transmisión bidireccional en un par de hilos sin incrementar el ancho de banda. Se hace uso del mismo principio que en telefonía convencional, pero sin restricción en la pérdida de la híbrida. Un puente simple, con un equilibrado de compromiso, se puede utilizar para conectar una línea corta, típicamente de un kilómetro. Al existir diferencias considerables en los bucles de abonado<sup>1</sup>, no puede conseguirse un valor de compromiso generalmente aplicable; por ello son más atractivos los métodos consistentes en redes de equilibrado adaptables, con los que se logra normalmente un alcance de dos a tres kilómetros, cuando no existen múltiples u otras discontinuidades. Las desadaptaciones más difíciles de eliminación son, sin embargo, las debidas a las reflexiones, y por ello la técnica más eficaz será la utilización de híbridas compensadas o supresores de eco. Este tipo de soluciones abre un amplio campo al ingenio del diseñador y, aunque los circuitos son complejos, el coste y consumo finales se logran mantener dentro de límites económicos al usar circuitos LSI (de integración en gran escala) especiales, por ejemplo, en el diseño de filtros transversales adaptables y de equalizadores de decisión por realimentación.

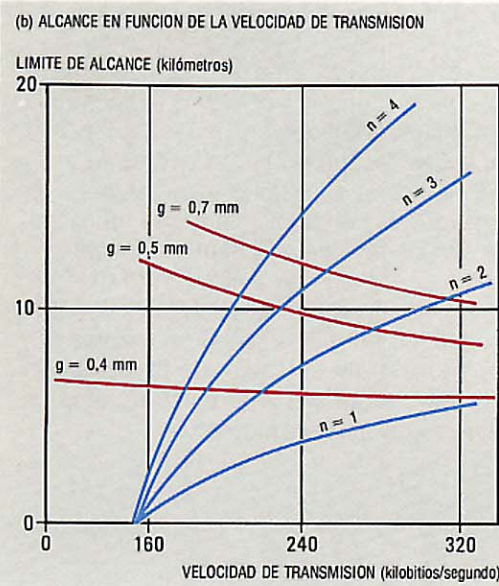


**Figura 4**  
**Esquemas de tres métodos de transmisión por 2 hilos:**  
 (a) separación mediante híbrida  
 (b) separación en el tiempo  
 (c) separación por frecuencias/códigos  
 P - proceso para compensación de eco, etc.





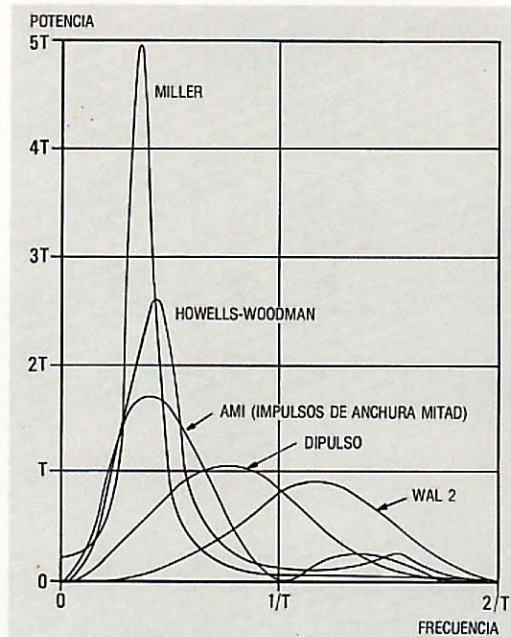
**Figura 5**  
Método de transmisión por separación en el tiempo:  
(a) intercalado de ráfagas  
(b) límite del alcance en función de la velocidad de transmisión.



para los calibres mayores, o por la atenuación para los calibres más pequeños (ver figura 5b). El aumento de  $n$  a 2 produce una mejora significativa, sin embargo mayores aumentos resultan menos beneficiosos. Un compromiso razonable resulta ser el valor de  $n = 2$  y una velocidad de unos  $250 \text{ kbit s}^{-1}$ .

Mediante modulación se puede conseguir la separación de frecuencias. Es posible, sin embargo, elegir códigos, como el AMI (señal bipolar) y el WAL2 (función 2 de Walsh) cuyas distribuciones espectrales se solapan muy poco, según muestra la figura 6. Se pueden utilizar estos códigos simultáneamente, uno para cada dirección de transmisión, usando filtros adecuados para eliminar el espectro residual de energía en la zona solapada. Al hacerlo, se habrá de cuidar el que los filtros no destruyan ningún contenido de información esencial, por ejemplo, empeorando la interferencia entre símbolos.

La separación en el tiempo, también llamada técnica *ping-pong*, puede conceptualmente emplear el intercalado de bits, aunque intercalando bloques de dígitos se consigue un diseño más tolerante a los ecos y a la dispersión de los impulsos. Las palabras de 10 bits, que componen la señal de  $80 \text{ kbit s}^{-1}$ , se toman de  $n$  en  $n$  para formar ráfagas que se intercalan como se muestra en la figura 5a. La elección de  $n$  es un compromiso entre requisitos conflictivos. Dependiendo de la elección de los parámetros, el alcance que puede lograrse con esta técnica puede estar limitado por el tiempo de propagación o por la atenuación de la línea, que crece con la frecuencia. Al aumentar  $n$ , para un alcance dado, existe una favorable disminución en la velocidad de la línea, pero al mismo tiempo el almacenamiento intermedio aumenta el retraso de las señales, indeseable en el tráfico de voz. En el caso de  $n = 1$  el alcance tiende a estar limitado por el tiempo de propagación



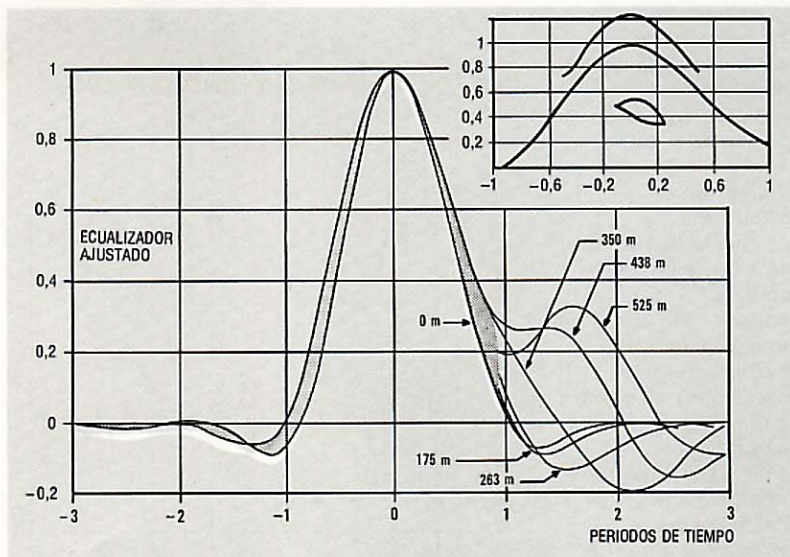
**Figura 6**  
Distribución espectral de potencia de cinco códigos posibles para datos aleatorios.



Tanto la técnica de realización, como la elección de código y el cable concreto utilizado juegan un papel importante en el resultado que puede obtenerse. Por ello es difícil hacer una comparación realista entre las distintas técnicas sin tener una especificación detallada de lo que se está comparando. En la tabla 1 se presenta una comparación generalizada.

**Códigos de línea**

El código de línea elegido es un factor clave que influye en el resultado de las distintas técnicas de conversión de 2 a 4 hilos. La figura 6 muestra los espectros de potencia de algunos de los códigos que se utilizan en esta aplicación. Las características principales exigibles a cualquier código son: realización económica, transparencia al tráfico, adecuada temporización de símbolo o palabra, facilidad de detección de errores, contenido mínimo de altas frecuencias, y preferiblemente contenido nulo de corriente continua. Un atributo, especialmente importante en el área local, es la inmunidad a la distorsión de señales causada por la variabilidad



del medio, y a la distorsión de los impulsos debida a discontinuidades. Por ejemplo, la distorsión de un impulso con espectro 100% en coseno causada por un múltiple, se muestra en la figura 7 después de la ecualización; dicha figura ilustra la importancia del problema.

**Figura 7**  
Impulso ecualizado indicando los efectos de los múltiplos. En el detalle se muestra la apertura de ojo en el peor caso, cuando la longitud del múltiple iguala un periodo de tiempo (350 m).

**Tabla 1 - Comparación de los métodos de transmisión de 2 hilos y 4 hilos**

Característica	Múltiplex en el espacio		Separación híbrida			Separación en el tiempo	Separación de frecuencias
	4 hilos	MUX doble	Híbrida fija	Auto-equilibrado	Compensación de eco		
Velocidad binaria (kbit s <sup>-1</sup> )	80	160	80	80	80	unos 250	80
Centro de la densidad del espectro (kHz)	30	60	30	30	30	90	30 94
Atenuación para un hilo de calibre 0,4 mm (dB km <sup>-1</sup> )	7,1	8,3	7,1	7,1	7,1	9,0	7,1 9,0
Limitado por - Diafonía de extremo cercano - Reflexiones hacia atrás (Se supone que no hay múltiplos excepto en <sup>+</sup> ) - Interferencia	* ● *	** ● **	* * *	* * *	* ● <sup>+</sup> *	Sólo si hay mezcla de transmisión ● **	Sólo si hay mezcla de transmisión ● *
Máxima distancia limitada por	NEXT e inter-ferencia	NEXT e inter-ferencia	Atenuación Trans (~ 20 dB)   Híbrida (~ 35 dB)		NEXT e inter-ferencia	FEXT e inter-ferencia	Inter-ferencia
Problemas de mantenimiento	*	**	●	●	●	●	●
** Limitación importante		* Alguna limitación		● No hay limitación			

NEXT - diafonía de extremo cercano  
FEXT - diafonía de extremo lejano



**Figura 8**  
**Comparación de la sensibilidad a la diafonía de extremo cercano para cuatro códigos de línea, a una velocidad de información de 80 kbit s<sup>-1</sup>. Las curvas corresponden a un cable de cobre de 0,5 mm transportando una secuencia aleatoria de bits, con una tasa de error en bits de 10<sup>-1</sup>; diafonía de extremo cercano 4,5 dB por octava, con distribución gaussiana en el punto de decisión; espectro en coseno potenciado a la velocidad de transmisión; no se incluye margen.**



**Notas**

1. **Dipulso:**  
 Velocidad de transmisión, 160 kHz; su comportamiento podría mejorarse limitando la banda a menos de 160 kHz y/o usando detección sincrona.
2. **Miller:**  
 Velocidad de transmisión, 160 kHz; el comportamiento podría mejorarse limitando la banda a menos de 160 kHz.
3. **Bipolar (AMI):**  
 Velocidad de transmisión, 80 kHz.
4. **Binario no redundante:**  
 Velocidad de transmisión, 80 kHz; no se usa comúnmente debido a dificultades de realización.

En relación con la inmunidad a la distorsión, el uso de códigos de dos niveles (binarios) asegura que la apertura del diagrama de ojos sea máxima en relación con el nivel de pico de la señal. Por lo que respecta a la propia distorsión, para que ésta sea lo menor posible se elegirán códigos cuyo espectro esté confinado a aquellas bandas de frecuencia en que los problemas de transmisión sean mínimos; en particular, se habrán de evitar las frecuencias bajas debido a la variabilidad de la transmisión, algunos tipos de ruido impulsivo y las posibles interferencias con la telefonía convencional.

En algunos casos, un código de tres niveles puede ofrecer ciertas ventajas. Un ejemplo de este tipo de códigos es el AMI, también llamado bipolar, que se está utilizando en el sistema de 4 hilos para la prueba de campo digital de Jutlandia<sup>5</sup>. Las sensibilidades a la diafonía de extremo cercano de algunos de los códigos presentados en la figura 6, se comparan en la figura 8, donde se puede ver el comportamiento de cada código en relación con el límite impuesto en la planificación telefónica. Muchos de los códigos son conocidos bajo distintos nombres.

A veces es posible modificar ligeramente el algoritmo de un código para lograr con ello un efecto concreto deseado; por ejemplo, el código Miller que se utilizó originalmente en el registro magnético, ha sido modificado por Howells y Woodman en los Standard Telecommunication Laboratories (STL) para eliminar la componente continua<sup>6</sup>. Este código modificado se usó en el primer sistema de separación temporal que se construyó en STL hace

varios años, y en la actualidad se utiliza en el modelo de separación temporal de SEL (Standard Elektrik Lorenz).

El código dipulso, también conocido como código WAL1, tiene un excelente contenido de temporización y puede decodificarse con mucha exactitud, incluso en el caso en que la ecualización sólo consiga una pobre adaptación de la línea. El código WAL2 logra una buena apertura en el diagrama de ojos, incluso con mayores pérdidas de línea sin ecualizar que el código dipulso. En algunas aplicaciones la mayor anchura espectral de este código puede ser desfavorable, pero tal característica puede convertirse en ventajosa con el método de separación código/frecuencia.

**Alimentación**

Un requisito implícito de las Administraciones telefónicas es que el servicio normal telefónico (*plain old telephone service* = POTS) no dependa de fuentes de alimentación locales. Por tanto, en el diseño de sistemas digitales se debe mantener la alimentación centralizada para dicho servicio; las facilidades y servicios auxiliares que puedan precisar una potencia considerable, serán alimentadas localmente. El diseñador tendrá por tanto que asegurar que las partes esenciales para el servicio POTS, incluyendo codec y filtros, conversión de 2/4 hilos, reloj, sincronismo, señalización, formatación, corriente de llamada durante periodos cortos y posiblemente el visualizador, operen de forma satisfactoria dentro de las limitaciones propias de la alimentación.

La técnica más atractiva de alimentación de línea en la era digital se basa en una fuente de corriente constante de 30 a 40 mA, con control electrónico de voltaje, lo que minimiza el consumo innecesario de energía en las líneas cortas. Esto equivaldría a una alimentación directa desde la batería de la central sobre un bucle de 1000 ohmios, suministrando unos 230 mW al aparato de abonado. El aparato digital de SEK (Standard Elektrik Kirk) actualmente requiere 850 mW para las funciones de alimentación de línea; las estimaciones basadas en los trabajos de SEL sugieren que, con un diseño cuidadoso, se podría reducir a la mitad dicha cifra en un futuro cercano y en los diseños de la próxima generación, utilizando la tecnología más avanzada, se podrán lograr los 230 mW requeridos.

Con objeto de no malgastar la energía de la batería central, el equipo de abonado funciona en modo de bajo consumo mientras no está operativo. Se necesita, pues, circuitería adecuada de bajo consumo en ambos extremos del bucle de abonado



digital para reconocer la toma de una línea y así *alertar* al equipo. Para asegurar que dicho procedimiento es independiente de la realización del bucle de abonado, la alerta deberá lograrse mediante detección del flujo de bitios en lugar de basarse en la corriente continua del bucle.

### **Sincronización**

El reloj de la unidad de abonado será esclavo del reloj de la central. En la sincronización inicial se distinguen tres pasos; la sincronización rápida de bitios seguida de la sincronización de trama completan el ciclo de entrada en operación del aparato de abonado; posteriormente el proceso de sincronización se completa con el alineamiento de trama de la señal recibida en la central. El tiempo de inicialización del reloj de la unidad de abonado estará determinado por el tiempo de enganche de su circuito de enclavamiento de fase; se podría conseguir un tiempo de  $420 \mu\text{s}$ . El método de sincronización de trama que se usa en los sistemas digitales actuales podría igualmente utilizarse en los sistemas de abonado; una palabra fija distribuida a través de una trama definida se identifica de acuerdo con una estrategia predeterminada. Si se utilizan  $2 \text{ kbit s}^{-1}$  de los  $80 \text{ kbit s}^{-1}$ , para insertar una palabra de 8 bitios distribuida uniformemente en los 320 bitios de una trama (de 32 palabras), se consigue una relación longitud de trama/longitud de palabra de sincronización casi óptima, obteniéndose además un tiempo medio teórico de sincronización de trama de 9 ms, que es suficientemente rápido.

Se ha propuesto técnicas alternativas de sincronización de trama, utilizando en ellas el canal de señalización. Su dificultad consiste en que el proceso de búsqueda no puede llevarse a cabo rápidamente antes de lograr la sincronización. Podría usarse como una comprobación en fase de sincronismo, pero entonces ya no es prácticamente necesario.

### **Señalización**

Un sistema de señalización de abonado deberá presentar como características claves las siguientes: señalar eventos en lugar de estados, ser independiente del medio de transmisión y ser suficientemente flexible para una posible expansión a largo plazo<sup>3</sup>.

La mayoría de las señales del servicio telefónico se transmitirán fuera de banda en un canal reservado a la señalización. Una excepción a lo anterior son los tonos audibles: éstos se transmitirán por el canal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  codificados en digital y serán decodificados en el aparato de abonado. La señal de llamada, debido a la potencia

necesaria para su amplificación, se generará en el propio aparato de abonado y se activará mediante instrucciones enviadas desde la central. Para los servicios adicionales, el reparto de señales dentro y fuera de banda dependerá bastante de la etapa en que se encuentre la integración de servicios en la red.

### **Modularidad**

La adopción de un diseño de equipo modular simplifica la adición en el futuro de nuevos servicios y la adaptación del sistema a situaciones particulares. Un ejemplo de lo anterior lo constituye el equipo de transmisión de 2/4 hilos, ya que para bucles cortos una simple híbrida con un equilibrado de compromiso será normalmente satisfactoria. La figura 9 muestra configuraciones modulares para cada extremo de la línea.

En la red pública las distancias varían desde unas pocas decenas de metros dentro de la central hasta más de diez kilómetros. La distribución de distancias es asimétrica y en las áreas urbanas tiende a mostrar un pico alrededor de los dos o tres kilómetros. Aunque una solución modular permitiría en cada caso elegir una realización adecuada a la distancia, las Administraciones generalmente prefieren un producto único. Otro factor que ha de considerarse al mezclar sistemas en el mismo cable es el efecto de la interferencia mutua, que aún no ha sido estudiado en profundidad.

La estrategia modular será, por tanto, muy útil para adaptar equipos básicamente iguales a diferentes aplicaciones. Sin embargo, es menos atractiva si se trata de cumplir con requisitos detallados, como las modalidades de transmisión en una región particular.

### **Factores que afectan a la introducción**

La introducción de los bucles de abonado digital dependerá no sólo de la viabilidad técnica sino también del coste. En la comparación entre las técnicas analógicas y digitales se habrá de considerar el aparato de abonado, el equipo de terminación (CTE), el circuito de línea de la central y, por exhaustividad, la central misma. Los elementos de mayor coste en un aparato de abonado analógico electrónico son el generador de tonos, el micrófono y el receptor. En un aparato de abonado digital estos elementos no son más baratos, pero su coste relativo resulta menor debido a la introducción de otros circuitos más costosos, como son el codec, el conversor 2/4 hilos, el generador de tonos que reemplaza al timbre, y los



circuitos que recomponen la señal digital. El circuito de línea de la central puede resultar a un coste inferior al de su equivalente analógico, principalmente debido a las simplificaciones en la corriente de llamada, tarificación y señalización, así como por no necesitar ya regulación automática de línea (compensación de pérdidas). Si la central es digital, el traslado del codec al aparato de abonado modifica aún más el reparto de costes.

El resultado neto es un aumento en el coste del aparato de abonado y una reducción en el coste del circuito de línea, que finalmente determinan un pequeño aumento en el coste total. Frente al mayor coste se puede resaltar el aumento en la capacidad de tráfico, dado que varios servicios se ofrecen simultáneamente. La operación digital ofrece un mejor acceso de señalización, que en definitiva dará lugar a una reducción en el coste. Es difícil valorar las facilidades, servicios y capacidad de tratamiento de tráfico que pueden conseguirse adicionalmente con el nuevo entorno; la técnica digital parece presentar un coste mayor en cuanto al servicio POTS (telefonía pura), pero considerando el total de servicios parece bastante evidente que llegará a resultar económica.

Las implicaciones de introducir aparatos o bucles de abonado digitales son de largo alcance. Evidentemente interviene un tipo diferente de transmisión y se necesitan otros circuitos de interfaz. El aparato de abonado digital, o quizás el CTE, estará gobernado por programa, ya que debe comunicarse con el control de la central, a través del canal de señalización, para activar muchas de sus funciones y para facilitar el acceso del abonado a algunas de sus posibilidades operacionales. Por tanto, el control de la central debe tener unos programas complementarios, que

jugarán su correspondiente papel en la operación.

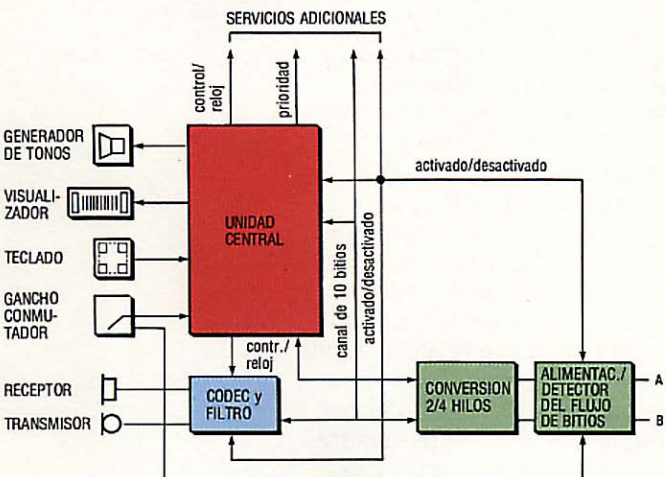
Durante la fase de introducción, las centrales digitales serán instaladas en un entorno de abonados analógicos; es probable también que, inicialmente, no se ofrezca el acceso de abonados digitales. Al irse conectando posteriormente estos últimos, la central tendrá que trabajar con ambos tipos de abonados, a través de los adecuados interfaces, durante muchos años.

Existe un aspecto operacional importante de los teléfonos digitales que aún no ha sido resuelto. Mientras que, dentro de ciertos límites, es posible conectar varios aparatos de abonado analógicos en paralelo, no parece existir un método simple de hacer lo mismo con aparatos digitales. Ello ha conducido a la idea de colocar el codec en el CTE, con acceso analógico para la voz en el lado del abonado, al mismo tiempo que se extiende la capacidad de señalización digital hasta el aparato de abonado.

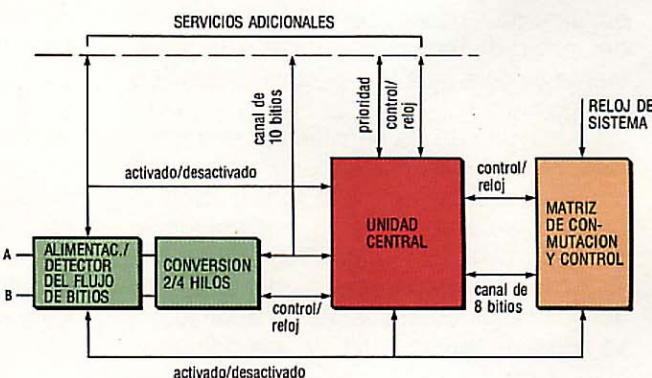
### El futuro

En la próxima década habrá muchos cambios en la red de telecomunicación, a medida que ésta se va adaptando para atender la creciente demanda de tratamiento de tráfico digital. El área local será la que experimentará mayores cambios en tal proceso. En ITT, las compañías SEK y SEL ya disponen de la primera generación de aparatos de abonado digital, actualmente en pruebas de campo. Mientras tanto STL ha emprendido estudios más amplios, utilizando un banco de pruebas diseñado especialmente, con el fin de formular conceptos para los aparatos de abonado de la segunda generación. En STL y SEL progresa satisfactoriamente

(a) EXTREMO DEL ABONADO



(b) EXTREMO DE LA CENTRAL



**Figura 9**  
Modularidad del equipo de abonado digital  
(a) extremo del abonado  
(b) extremo de la central.



la investigación fundamental sobre técnicas de transmisión, basándose en análisis, simulación y evaluación de modelos de laboratorio. Cada centro cubre aspectos distintos de las técnicas de transmisión potencialmente más útiles, teniendo lugar un continuo intercambio de ideas. Estas actividades, con el apoyo del análisis de cables de abonado realizado en STL, están sentando una base firme para el desarrollo de los productos. Dicha base se consolida aún más mediante la evaluación de las pruebas de campo de los sistemas<sup>5</sup>.

A pesar del progreso conseguido, sería aún prematuro definir en detalle cómo serán las soluciones en el área local de abonados digitales. En la CEPT y el CCITT se avanza hacia un acuerdo sobre el formato y el protocolo de señalización a utilizar, así como sobre la especificación de los interfaces; ello constituirá una sólida base para edificar todo el resto. Esta estructura, por otra parte, deberá ser suficientemente flexible para permitir la integración posterior de los servicios de banda ancha, sin mayores dificultades. La normalización puede ser una desventaja en aquellas áreas en que la realización prescrita esté restringida por las posibilidades técnicas actuales; por ejemplo, los medios de transmisión deberían dejarse abiertos a la introducción de tecnologías y técnicas de diseño más avanzadas y a la gradual implantación de los servicios de banda ancha sobre fibras ópticas.

Concluyendo, existe una amplia gama de tareas operacionales y de planificación, que han de emprenderse conjuntamente por las Administraciones y la industria para establecer la estructura de la red local y las estrategias de introducción. Cuando se hayan determinado ambas, la industria tendrá que desarrollar aquellos productos que satisfagan los requisitos de la Administración. Todos los aspectos técnicos relevantes están en estudio y se ha propuesto un cierto número de soluciones posibles. Tras nuevas evaluaciones teóricas y prácticas, comenzará el diseño de los productos, utilizando para ello la tecnología apropiada.

### Reconocimiento

Los autores desean agradecer a sus colegas de los equipos de diseño de SEL

y STL el haberles proporcionado la información incluida en este artículo, y en particular a R. J. Catchpole por las útiles discusiones mantenidas.

### Referencias

- 1 R. F. Rous y J. D. Weston: Evaluación de las características de los cables de abonado: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 80–86 (en este número).
- 2 H. Ohnsorge, J. Dupieux, P. E. Radley y C. Kao: Aplicación de la tecnología óptica a las redes de banda ancha: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 4 (será publicado).
- 3 R. C. Slatter, W. A. G. Walsh, F. Kaderali y P. Schmidt: Acceso del usuario a una red digital de servicios integrados: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 31–43 (en este número).
- 4 G. Robin y S. R. Treves: Introducción a las redes digitales de servicios integrados: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 4–16 (en este número).
- 5 J. M. Murray y F. Kaderali: Pruebas de campo en el área local digital: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 87–96 (en este número).
- 6 Patente británica nº 1577688.

**Firoz Kaderali** nació en Dar es Salaam, Tanzania, en 1942. Desde 1963 a 1969 estudió ingeniería eléctrica teórica en Darmstadt, Alemania, consiguiendo el grado de Dipl. Ing. y más tarde el de Doctor Ingeniero. Entre 1972 y 1977 fue lector en la Universidad, dedicándose a la enseñanza y a la investigación en teoría de redes, teoría de sistemas y señales, conmutación y transmisión digital y teoría de grafos. El doctor Kaderali se unió en 1977 al centro de investigación de SEL, donde fue responsable de las actividades de planificación de sistemas y pruebas de campo relacionadas con redes locales digitales y redes digitales de servicios integrados. Recientemente ha pasado a T&N, en Frankfurt.

**John D. Weston** se graduó como estudiante externo en la Universidad de Londres en 1958. Comenzó a trabajar en STL en 1952, dedicándose inicialmente a la evaluación de componentes para aplicaciones de alta frecuencia. Después de varios años dedicados a desarrollos en televisión digital, su interés se extendió a las áreas de conversión analógico/digital. Pasando a la dirección de investigación, sus actividades abarcaron multiplexores, concentradores y sistemas de línea con pares equilibrados, pares coaxiales o fibras ópticas, incluyendo algunos aspectos de la transmisión analógica de banda ancha. Sus funciones actuales son las de planificación del programa general de los sistemas de transmisión digital y dirección de los programas de desarrollos en el área local digital.



# Evaluación de las características de los cables de abonado

Los cables de abonado hoy existentes se instalaron, en su mayor parte hace muchos años, para operar con centrales y aparatos de abonado analógicos. Por ello la situación de la planta exterior de abonado dista mucho de ser la ideal para los nuevos sistemas digitales que se están planificando. Se ha diseñado un potente equipo de pruebas con el que se pretende

evaluar por completo el comportamiento de una gran variedad de tipos de cable, consiguiéndose con ello recoger los datos necesarios para el desarrollo de los equipos de transmisión digital que han de operar de forma satisfactoria, aun con las limitaciones que presentan los cables instalados.

**R. F. Rous**

**J. D. Weston**

Standard Telecommunication Laboratories Limited, Harlow, Inglaterra

## Introducción

La rapidez del desarrollo y el crecimiento de las redes digitales de servicios integrados dependerá en gran manera del método que se use para conectar los terminales individuales de abonado a la central local. La utilización de los cables de abonado actuales se enfrenta con la desventaja básica de que la atenuación es bastante más alta a la velocidad de  $80 \text{ kbit s}^{-1}$  que parece imponerse, que en la banda de frecuencias de voz para la que inicialmente se instalaron los cables; los problemas serán aún mayores a la velocidad de  $144 \text{ kbit s}^{-1}$  que puede ser el estándar mundial a largo plazo. La planta exterior de abonado es muy poco apropiada para la transmisión digital, especialmente por haberse prestado escasa atención en la instalación al buen comportamiento en las altas frecuencias; no se previó que esto llegara a ser un requisito. Por consiguiente se presenta un importante reto técnico, no sólo en el desarrollo de un equipo de transmisión digital que ofrezca una unión bidireccional simultánea, sino también en el conocimiento de las limitaciones del medio, debidas en parte a la amplia variedad de tipos de cables y a la distinta composición de los enlaces entre abonados y centrales.

El reto podrá afrontarse gracias a la tecnología moderna y a las técnicas avanzadas de diseño, apoyadas por amplias medidas de los cables y análisis con ordenador. Ello es importante ya que, como se explica en otro lugar de este número, la recompensa es alta en cuanto a las nuevas facilidades que la técnica digital ofrecerá a los abonados.

## Evaluación de las características

### Crterios

Cuando las señales digitales se transmiten por las líneas telefónicas de abonado, se atenúan, se distorsionan y sufren las

interferencias del ruido impulsivo y la diafonía<sup>1</sup>. Al aumentar la distancia es necesario bajar el nivel umbral del receptor para captar las señales atenuadas, pero con ello aumenta la probabilidad de que se produzcan errores al cruzar dicho umbral una señal de interferencia.

La distorsión introducida por la línea (si no está ecualizada) también aumentará los errores. En este caso la distorsión toma la forma de una larga "cola" que sigue a los impulsos transmitidos, con lo que los impulsos siguientes son enmascarados parcialmente. La interferencia entre símbolos total que sigue a un bloque de impulsos puede reducir la diferencia efectiva entre los estados 0 y 1 de los impulsos recibidos posteriormente, con lo que aumenta la vulnerabilidad al ruido y la tasa de errores crece considerablemente. La zona de la señal recibida que muestra un espacio claro entre los niveles digitales se conoce como el "ojo" de la forma de onda. La figura 1 es un diagrama de ojos típico; se muestra la interferencia entre símbolos en *rojo* y la interferencia debida al ruido en *verde*.

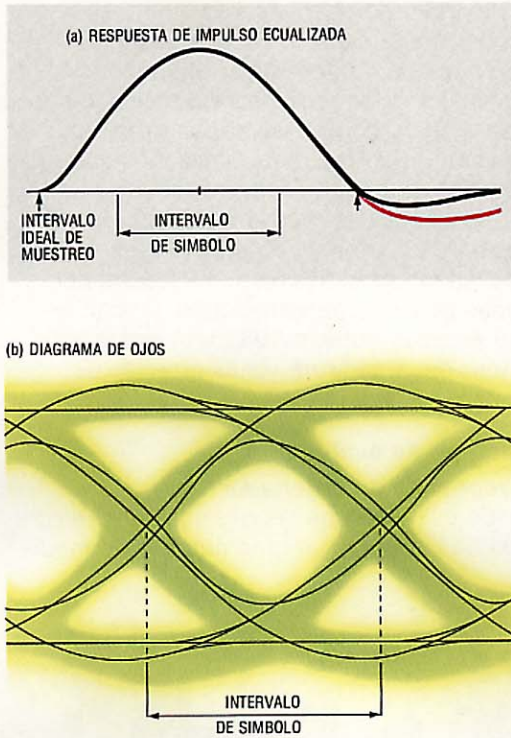
Por todo ello, el primer objetivo de cualquier evaluación será determinar la apertura de "ojo" que resulta de la distorsión causada por las características de frecuencia y fase de la línea, teniendo en cuenta cualquier modificación que pueda originar la ecualización. El segundo objetivo será definir el nivel de interferencia de ruido y diafonía, y con ello determinar la tasa de errores del sistema. Estas evaluaciones deben realizarse para varias conexiones de abonado, correspondientes a las distintas formas en que puede lograrse una conexión límite (típicamente 10 dB a 1600 Hz).

### Datos

Los datos necesarios para analizar el comportamiento de la transmisión digital son:



**Figura 1**  
Formas de onda ecualizadas (a) respuesta de impulso mostrando el efecto de caída y (b) forma de onda ecualizada compuesta (diagrama de ojos) incorporando los efectos de caída y de ruido.



- Estadísticas de las conexiones de cables de abonado, mostrando las longitudes y los tipos de cable de cada segmento que las componen.
- Constantes primarias ( $L$ ,  $C$ ,  $R$  y  $G$ ) para cada tipo de cable y para un cierto número de frecuencias de la banda que cubre la velocidad de símbolos.
- Resultados de las medidas de diafonía entre varias combinaciones de pares, efectuadas a la frecuencia central del espectro del código.
- Detalles del código de línea a utilizar (ej., binario, AMI, HDB3).
- Forma espectral de cualquier otra interferencia a considerar.
- Características de atenuación y fase de cualquier red ecualizadora.

**Análisis**

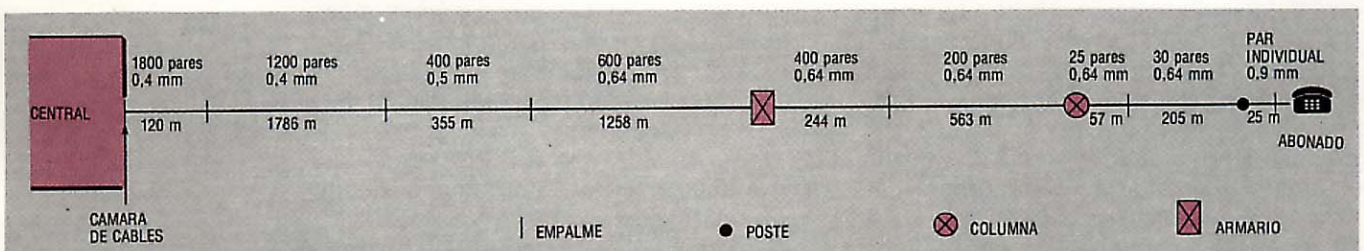
A partir de la información estadística de las conexiones de abonado, es posible calcular el comportamiento que se obtendrá en la banda de frecuencias, más ancha, necesaria en la transmisión digital<sup>2</sup>. Se utiliza un único programa de ordenador, basado en métodos matriciales, para calcu-

lar la atenuación y fase de las conexiones de abonado, compuestas por varios segmentos de cable de parámetros conocidos. La figura 2 muestra una conexión típica de abonado, basada en la información estadística suministrada por una Administración. Si se va a utilizar una red ecualizadora, es necesario tener en cuenta las características de atenuación y fase de dicha red. Obsérvese que el comportamiento global estará influido por las discontinuidades que resultan de un cambio de calibre del conductor, de la unión de cables de igual calibre pero distinta construcción en unidades o capas, y en los casos en que no se mantengan las relaciones entre pares en la caja de empalmes.

El paso siguiente consiste en examinar el efecto de la interferencia entre símbolos, utilizando el programa de ordenador POPEYE, desarrollado en STL, para dibujar el diagrama de ojos obtenido al transmitir un código de línea específico. Excepto en el caso de una perfecta ecualización, habrá una cierta disminución en la apertura del "ojo" debida a la interferencia entre símbolos y se requerirán varias pasadas de ordenador para llegar al compromiso óptimo de red ecualizadora en diversas situaciones de los cables. Una vez obtenido un tipo de "ojo" satisfactorio (en que, por ejemplo, la apertura ha disminuido en menos del 30%), se pueden investigar los errores causados por el ruido y la diafonía, valiéndose del mismo programa POPEYE (Program for OPTimization of an EYE).

Se debe definir el espectro de energía de la señal de interferencia y, en el caso de la diafonía, hay que considerar las características de la señal transmitida y el mecanismo de acoplamiento. Una estrategia adoptada en STL considera los resultados obtenidos de las medidas de diafonía de diversas combinaciones de pares en un cable de abonado. Se toman las medidas a la frecuencia central de la banda y se obtiene una distribución estadística compuesta, mediante la convolución de las distribuciones de probabilidad individuales de las diafonías entre pares que pertenezcan a diferentes familias (pares adyacentes, no adyacentes pero de la misma capa, pares de capas diferentes, etc.). La figura 3 muestra de qué manera

**Figura 2**  
Ejemplo de una línea de abonado en un caso límite; no se muestra el cableado interno de la central.





se dividen en familias las diafonías entre las distintas combinaciones de pares, incluso aunque sólo se consideren las capas. A continuación se toma un valor extremo (límite 0,1%) como nivel a la frecuencia central de la banda, y se usa el espectro de la forma de onda transmitida para definir los efectos relativos a otras frecuencias. Se supone que el mecanismo de acoplamiento de diafonía muestra una respuesta simple de 4,5 ó 6 dB por octava, según se considere diafonía de extremo cercano o de extremo lejano.

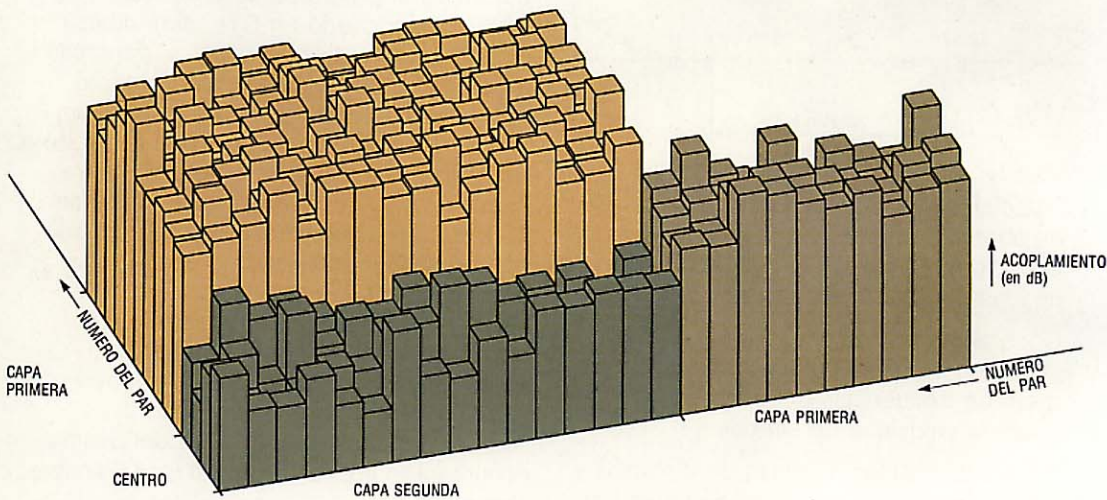
Se efectúa entonces una pasada de ordenador para calcular el margen de operación, fijando como objetivo cierta tasa de errores de bitio. Se considera como requisito típico para una conexión de abonado, una tasa de error de 1 en  $10^7$ .

El margen de operación es bueno si se considera la diafonía de extremo lejano, pero queda por investigar el efecto del ruido. La señal recibida será más vulnerable al ruido porque las separaciones por tiempo o por frecuencia implican mayores anchos de banda y mayor atenuación que las conseguidas mediante híbrida. En la actualidad se están obteniendo resultados de las medidas de ruido efectuadas por unas pocas Administraciones, y también se esperan durante 1981 resultados adicionales, a partir de varias pruebas de campo en las que ITT participa<sup>3</sup>.

### Medios de evaluación

#### Programas de ordenador

Es evidente que las evaluaciones descritas se basan en un gran número de medi-



**Figura 3**  
Acoplamiento de diafonía entre los pares de un cable de distribución del área de abonados.

### Resultados

Las investigaciones realizadas, aplicadas a longitudes límite de cables de abonado en varios países, demuestran que la transmisión digital es bastante factible, siempre que se utilice un buen ecualizador para reducir la interferencia entre símbolos o se emplee un código de línea muy tolerante. Los códigos de línea en los que los bitios individuales están equilibrados mediante el uso de dos ó más símbolos por bitio (por ej., WAL 1 ó WAL 2) son muy tolerantes a la distorsión de línea, pero algo exagerados por lo que se refiere a los requisitos de ancho de banda.

En el caso en que las dos direcciones de transmisión de una línea a 2 hilos estén separadas mediante híbrida, el margen de operación es bastante pequeño, debido a la diafonía de extremo cercano (un transmisor local fuerte interfiriendo con una señal recibida débil).

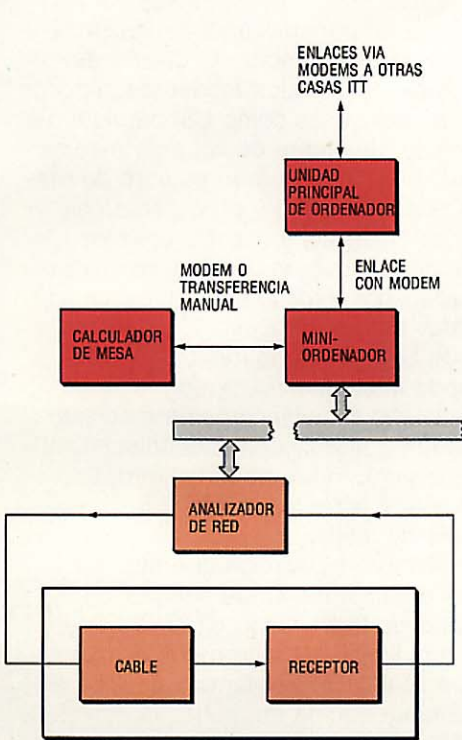
Si las dos direcciones de transmisión se separan en tiempo o en frecuencia, teóricamente no debe existir diafonía de extremo cercano; sin embargo, en la separación en frecuencia se deberán tener en cuenta las imperfecciones de los filtros.

das, cálculos y simulaciones que llevarían mucho tiempo y resultarían muy penosas sin la ayuda del ordenador. Por ello se han ido desarrollando programas para resolver cada uno de los problemas conforme se ha detectado su importancia. El reconocimiento de los problemas individuales y sus interrelaciones ha dado como fruto una estrategia bien integrada y coordinada, con el grado de flexibilidad de aplicación deseado.

Los análisis estadísticos de las características del cable y la diafonía se realizan en calculadores programables de mesa, las medidas de cables de laboratorio utilizan un miniordenador y los análisis de sistema (Popeye) y cálculos de los espectros de código se llevan a cabo en un ordenador principal. La transferencia de los datos entre todas estas máquinas se realiza, siempre que sea posible, de forma eléctrica, aunque aún hay unas pocas transferencias manuales. En la figura 4a se da un esquema de la configuración para las medidas y el análisis; es de destacar que el desarrollo de las conexiones entre ordenadores permite que pueda accederse a los programas de un ordena-



(c) EQUIPO COMUN



(a) EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DEL CABLE

(b) EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA

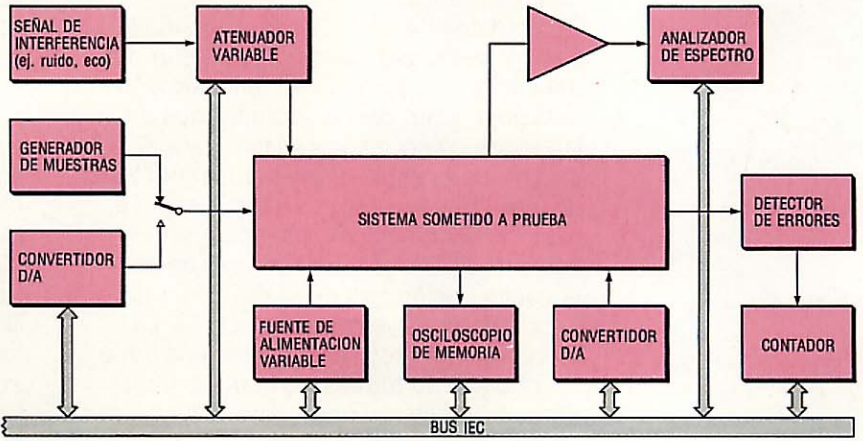


Figura 4  
Esquema de bloques del equipo de evaluación para (a) el cable (b) sistema y (c) equipo común usado para controlar y analizar las medidas.  
D/A - digital/analógico  
IEC - International Electrotechnical Commission

dor desde varias compañías de ITT localizadas en distintos lugares, facilitándose de esta forma un planteamiento de análisis común.

El programa POPEYE juega un importante papel en el análisis del comportamiento de los cables, aunque depende en gran medida de los datos procesados por otros programas. Esta facilidad tan versátil puede también usarse para el diseño de sistemas y para el estudio de tolerancias en las características de operación. Esencialmente es un programa de análisis en banda base con una estructura funcional como la mostrada en la figura 5; el "canal" superior simula la función completa de transferencia del camino de la señal, incluyendo las características de transmisión de un cable generalizado (qui-

zás el caso peor), que se deduce por análisis estadísticos de las inspecciones y medidas anteriormente indicadas.

Se puede experimentar con distintas redes conformadoras en los extremos de emisión y recepción del sistema, teniendo en cuenta el nivel de potencia transmitido y las características de frecuencia del código. La parte inferior de la figura 5 muestra la simulación de la interferencia que pueda sufrir la señal, debido a diafonía, ruido impulsivo, o cualquier otra señal perturbadora. La diafonía se puede representar procesando ruido blanco gaussiano a través de un "canal" similar al camino de transmisión y conformándolo posteriormente para obtener el espectro de código y diafonía adecuados. El uso de otras formas de fuentes

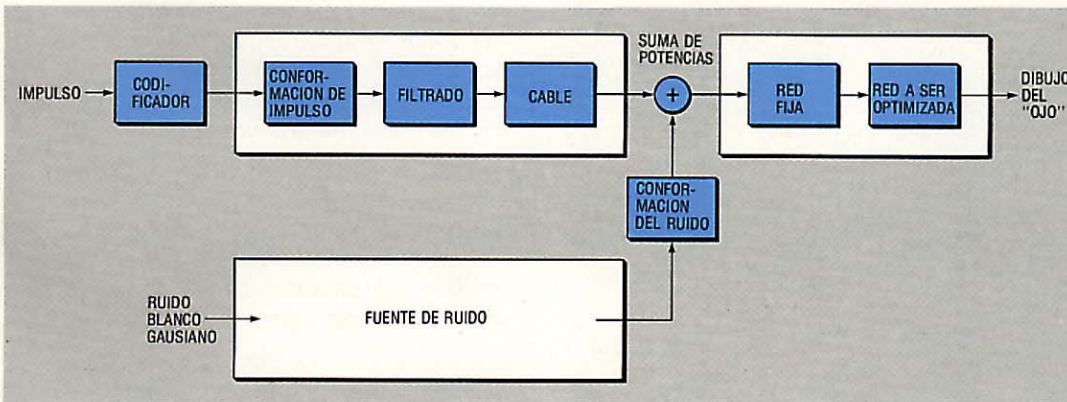


Figura 5  
Modelo del programa Popeye.



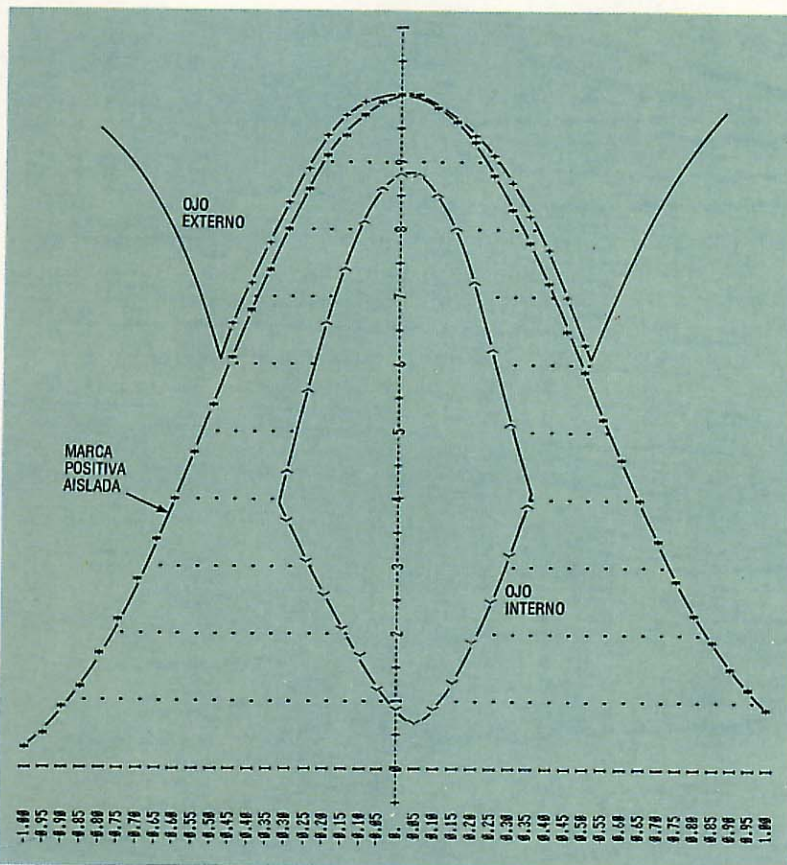
de ruido y funciones conformadoras permite modelar un gran número de fuentes de interferencia.

Los datos de entrada del programa incluyen: velocidad de los datos, definición del código y respuesta en amplitud y fase del cable, junto con las definiciones de las redes conformadoras tanto para el camino de la señal como para la fuente de interferencia; éstas pueden definirse, bien mediante la amplitud y fase en el dominio de la frecuencia, o bien dando la configuración real de la red concreta y los valores de sus componentes. La ejecución del programa implica una serie de cálculos de formas de impulsos, que después se superponen para obtener un "ojo". La salida del programa consiste en la delineación de la forma de impulso básica, junto con los límites interno y externo del "ojo". El ejemplo de la figura 6 muestra la mitad positiva de un "ojo" obtenido a partir de un código AMI degradado por interferencia entre símbolos. Un nuevo cálculo predice el comportamiento del sistema en cuanto a la relación señal-ruido, incorporando las tolerancias en los umbrales de tiempo de muestreo y amplitud.

### Instrumentación y filosofía de la medida

Se ha expuesto cómo las medidas y el análisis de los cables están estrecha-

Figura 6  
Diagrama de ojos  
utilizando código AMI.



mente relacionados. También se constata que el análisis, el diseño y las medidas de sistemas son asimismo inseparables del medio de transmisión y de las limitaciones que éste impone. El diseño de los complejos circuitos modernos, algunos de ellos realizables como LSI de diseño específico, requieren equipos de medida de gran exactitud. El gran número de medidas puede hacerse y procesarse con la mayor eficiencia y eficacia posibles, utilizando equipos de pruebas controlados por ordenador y recogiendo directamente los datos para su proceso. En el laboratorio de STL el mismo miniordenador, en modo multi-usuario, puede realizar varias tareas simultáneamente mediante el bus IEC (International Electrotechnical Commission), indicado en la figura 4 b, y la frontera entre la medida y la simulación pierde nitidez.

No siempre se aprecia que muchas etapas del tratamiento de señales en los sistemas de transmisión digital emplean procesos lineales y sufren degradaciones de tipo analógico. Por tanto, se utiliza extensamente equipo en ambos dominios, el del tiempo y el de la frecuencia, constituyendo el proceso entre uno y otro dominio un aspecto importante del análisis. Los instrumentos usados incluyen:

- Osciloscopios: son esenciales varios tipos para observar las formas de los impulsos y los "ojos" y para estudiar las relaciones temporales de formas de onda múltiples. Un osciloscopio digital con memoria representa un excelente interfaz entre las funciones de programación y de circuitos.
- Analizador lógico: se usa en aspectos puramente digitales, especialmente cuando el número de los conjuntos simultáneos de condiciones que necesitan investigarse es demasiado grande, o los cambios son demasiado complejos para verlos en un osciloscopio.
- Generador de muestras/detector de errores: se emplea para supervisar el comportamiento digital de un sistema que tenga una serie de secuencias de código fijas o secuencias pseudoaleatorias de varias longitudes. Los generadores especiales, diseñados en STL, tienen características que no son comunes en los instrumentos comerciales.
- Analizador de red: incorpora un sintetizador, un medidor de ganancia y fase y un normalizador con memoria. Se utiliza para caracterizar los componentes lineales del sistema, como son las redes conformadoras y el cable de transmisión.
- Analizadores de espectro: establecen los requisitos de comportamiento y,



en unión del equipo de impulsos, exploran las relaciones entre los comportamientos en los dominios de tiempo y frecuencia.

Una vez diseñado un equipo que cumple los requisitos del usuario y se adapta a las limitaciones que han pronosticado las medidas y análisis del medio de transmisión, es necesario comprobar su comportamiento en pruebas de campo, haciendo que el sistema funcione con cable real y en un entorno con el esperado ruido eléctrico. Ahora bien, aunque estas pruebas sean esenciales para la evaluación



**Banco de pruebas de cables en el laboratorio de transmisión de STL, mostrando algunas de las terminaciones de cable y el equipo de prueba asociado.**

global, sería excesivamente costoso realizarlas todas en el campo; por ello se requiere un equipo de pruebas realista en el laboratorio, donde además existe la ventaja de disponer de una gama completa de instrumentos de prueba.

#### **Banco de pruebas de cables**

Desde los primeros días del MIC (modulación por impulsos codificados) se hizo evidente la dificultad de diseñar un simulador de cables con componentes concentrados que representase correctamente las características de los cables instalados, en el ancho de banda requerido por la transmisión de señales digitales. Actualmente se dispone de simuladores de banda ancha de cables homogéneos bastante buenos, con la condición de que el contenido de baja frecuencia de la señal transmitida se restrinja adecuadamente. Sin embargo no es posible construir, con suficiente exactitud, simuladores que representen una mezcla de calibres como la mostrada en la figura 2, por lo cual hay que utilizar cables reales en las pruebas de sistemas en laboratorio. Lo ideal sería que el laboratorio de pruebas tuviese ac-

ceso directo a una amplia gama de tipos y longitudes de cables canalizados. En el banco de pruebas de STL hubo que aceptar algunos compromisos prácticos, por ejemplo, tener los cables de gran longitud en bobinas apropiadas; no se esperan desviaciones significativas en las características de transmisión con respecto a las que tendrían los cables canalizados, aunque el diferente comportamiento respecto a la diafonía impondrá ciertas restricciones en el uso del banco de pruebas.

La tabla 1 señala los tipos de cables, a los que después se añadirán otros, instalados en un entorno de temperatura relativamente estable. Como se muestra en la fotografía, los cables terminan en el repartidor. Todos incluyen algún tipo de pantalla para minimizar las interacciones. Por cada tipo de cable existen longitudes de 67, 133, 267, 533 y 1000 metros, permitiendo seleccionar, mediante una simple manipulación en el repartidor, una amplia variedad de longitudes, calibres y tipos de aislamiento.

El cable blindado de plomo con pares aislados por papel se utiliza realmente en enlaces entre centrales, sin embargo es suficientemente representativo para usarlo en las evaluaciones de los sistemas de abonado. Los cables de distribución se instalaron al principio de 1979, específicamente para la evaluación de sistemas de transmisión digital en el bucle de abonado. El banco de pruebas se utilizará intensamente para estos fines en los próximos años, y actualmente se le está acondicionando para servir de referencia comparativa con el comportamiento del sistema en situación real. Esto implica la medición de pérdidas, fases e impedancias en función de la frecuencia; la medición de las constantes primarias L, C, R y G; y la determinación de la variación con la temperatura de todos estos parámetros. Con objeto de acelerar el programa de medidas, se piensa en automatizar el proceso de selección de los pares, lo que sería especialmente útil para las pruebas secuenciales con una amplia gama de combinaciones de pares. La planificación de esta facilidad requiere tener medidas detalladas de los conmutadores y de los cables de interconexión para asegurar que no introducen degradaciones inaceptables. Mientras tanto, la operación manual ofrece mucha mayor selección de combinaciones, concentradas en el laboratorio, que la que sería económicamente factible realizar en situaciones reales.

#### **Conclusiones**

La transmisión digital sobre los cables de abonado es un tema complejo, y re-



Tabla 1 – Banco de pruebas de cables de abonado y de anlaces

Conductor	Aislante	Relleno	Pares	Pantalla	Cubierta	Tipo	Longitud total*
<b>Cobre</b>							
0,9 mm	PE	Aire	28	A	PE	Cuadretes en estrella, larga distancia	3.000 m
0,63 mm	Papel	Aire	100	—	Plomo	Cable americano "unit twin"	3.000 yd
0,63 mm	PE	Aire	28	A	PE	Cuadretes en estrella, larga distancia	2.000 m
0,63 mm	PE	PJ	15	A	PE	Cable de distribución	2.000 m
0,6 mm	PE	PJ	10	A	PE	Cable de distribución "Locap"	3.000 m
0,5 mm	PE	PJ	30	SW	PE	Cable de distribución	330 m
0,5 mm	PE	PJ	15	A	PE	Cable de distribución	2.000 m
0,4 mm	PE	PJ	15	A	PE	Cable de distribución	1.930 m
0,32 mm	PE	PJ	100	A	PE	Cable de distribución "unit twin"	1.000 m
<b>Aluminio</b>							
0,5 mm	PE	PJ	100	A	PE	Cable de distribución	2.000 m

A - pantalla de aluminio  
PE - polietileno

PJ - gelatina de petróleo  
SW - armadura de hilo de acero

\* longitud mínima = 67 yardas (o metros)

quiere mucha flexibilidad y versatilidad en las ayudas de ordenador y en los equipos de medida. Será necesario continuar las investigaciones al par que se consideren diferentes códigos de línea y se conozcan nuevos datos de las Administraciones. También será de especial interés ampliar el alcance de nuestras investigaciones para incluir los efectos del ruido impulsivo y de la radio interferencia cuando se empiece a disponer de resultados de las medidas de campo.

Siempre que sea posible, se deberán utilizar los instrumentos existentes para cuantificar los efectos de las técnicas digitales en el área local; a este respecto, es importante la separación que el programa Popeye permite entre los datos que se refieren a las señales interferente e interferida. También se deberán investigar los efectos de la mezcla de técnicas analógicas y digitales en un mismo cable o en cables adyacentes; con este fin pueden necesitarse algunos nuevos desarrollos en ayudas de ordenador.

Debe subrayarse que, aunque las investigaciones realizadas hasta ahora muestran que ciertas técnicas de transmisión digital pueden operar con las conexiones de abonado dentro de los límites de los planes de audio existentes, habrá de considerarse el comportamiento preciso de la conexión sobre la banda más ancha del espectro de la señal digital.

#### Referencias

- 1 R. J. Catchpole, R. F. Rous y E. S. Usher: An Analysis of Digital Transmission Constraints in the Subscribers' Cable Network: *Institution of Electrical Engineers Colloquium on Developments in the Local Area*, Londres, octubre 1979.

- 2 E. S. Usher, R. J. Catchpole y M. Beasley: Analysis of Cable Crosstalk Data for Maximising PCM System Application: *International Zurich Seminar on Digital Communications*, Zurich, 7-9 marzo 1978, Doc. C3/1-7.
- 3 J. A. Murray y F. Kaderali: Pruebas de campo en el área local digital: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 1, págs. 87-96 (en este número).

**Ronald Rous** se graduó en 1949, después de lo cual colaboró durante dos años en REME. Posteriormente ingresó en los laboratorios de investigación de GEC, trabajando en sistemas de comunicación de impulsos. Después de seis años se trasladó a Coventry, donde dedicó 12 años a las técnicas de conmutación telefónica y al teletráfico. En 1969 se unió a ITT Latino América, ocupándose de las medidas de teletráfico e ingeniería de aplicaciones del PENTACONTA\*. Tres años más tarde se trasladó a STL, donde trabajó inicialmente en centralitas automáticas controladas por procesador. Actualmente es responsable de los aspectos de planificación de sistemas del DLA y RDSI y participa en los estudios del sistema X para la British Telecom.

**John D. Weston** se graduó como estudiante externo de la Universidad de Londres en 1958. Comenzó a trabajar en STL en 1952, dedicándose inicialmente a la evaluación de componentes para aplicaciones de alta frecuencia. Después de varios años dedicados a desarrollos en televisión digital, su interés se extendió a las áreas de conversión analógico/digital. Pasando a la dirección de investigación, sus actividades abarcaron: multiplexores, concentradores y sistemas de línea con pares equilibrados, pares coaxiales o fibras ópticas, incluyendo algunos aspectos de la transmisión analógica de banda ancha. Sus funciones actuales son las de planificación del programa general de los sistemas de transmisión digital y dirección de los programas de desarrollos en el área local digital.

\* Marca registrada de ITT



# Pruebas de campo en el área local digital

En los últimos dos años ITT ha estado desarrollando equipo para dos sistemas de pruebas de campo que demuestren la factibilidad de digitalizar el área local de la red telefónica. La digitalización hará que los abonados dispongan de una gama de servicios más amplia. La experiencia con estos sistemas de prueba se utilizará como base para la construcción gradual de una red totalmente digital hasta el terminal de abonado.

## **J. Murray**

Standard Telecommunication Laboratories Limited, Harlow, Inglaterra

## **F. Kaderali**

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

## **Introducción**

Durante varios años ITT se ha dedicado asiduamente a la telefonía digital de abonados. En 1978, Standard Telecommunication Laboratories (STL) probó con éxito ante la Compañía Telefónica de Jutland (Dinamarca) un aparato digital de abonado basado en una técnica de separación a dos hilos en el tiempo. Estos aparatos fueron después conectados a una central local digital ITT 1210 en los Estados Unidos, como prueba de factibilidad. En 1978/79, Standard Elektrik Lorenz (SEL) obtuvo un contrato del Deutsche Bundespost para estudiar las posibilidades de digitalización en el área local y desarrollar los principios de un sistema para la red local digital. Por la misma época, Standard Telephone and Cables (Pty), Australia, y STL hicieron el estudio conjunto de una red de abonados digitales para Telecom Australia.

El reconocimiento de las muchas ventajas de digitalizar el bucle de abonado se extiende rápidamente por el mundo técnico. Sin embargo, la introducción a gran escala de bucles digitales sólo es posible si se cumplen dos requisitos: economía (teniendo en cuenta las nuevas facilidades previstas) y posibilidad técnica de trabajar en digital por parte de la planta local de líneas. Las Administraciones han visto la necesidad de investigar más a fondo ambos factores y muchas han planeado pruebas de campo para probar la viabilidad de la operación digital en el área local. Este artículo recoge dos de tales pruebas, una en Dinamarca y la otra en la República Federal de Alemania.

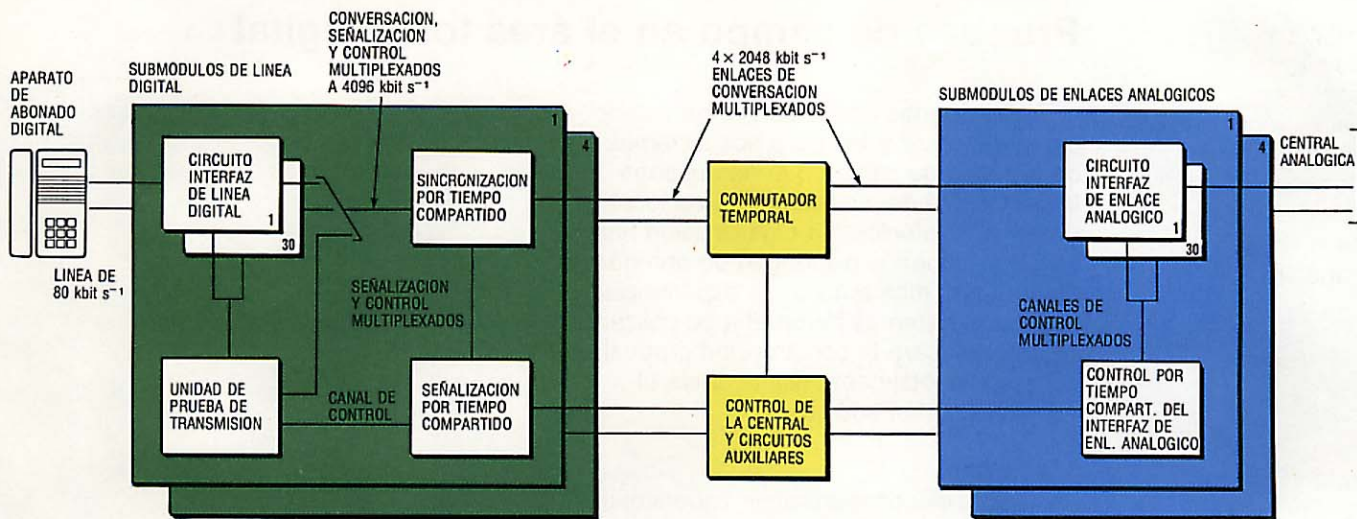
## **Prueba de campo en Jutland**

La Compañía Telefónica de Jutland va a hacer pruebas de campo de operación totalmente digital de los abonados en el área local de la red. Como se ha mencionado, ITT hizo demostración de sus aparatos a la Compañía en 1978 y estableció las bases de un acuerdo para la construcción de equipos destinados a las primeras pruebas de campo de aparatos digitales en Jutland.

Las presentes pruebas de campo tienen tres objetivos principales. Primero, demostrar la factibilidad de la operación digital de los abonados en la red de distribución del área local; segundo, suministrar un juego de facilidades de abonado adecuado a una red totalmente digital (es decir, que explote la capacidad de señalización mejorada) y evaluar las reacciones del cliente; finalmente, probar la calidad de transmisión y el diagnóstico de fallos, analizar la operación digital en el área local y terminar proponiendo recomendaciones de planificación.

STL es responsable del desarrollo de la central y equipo de interfaz, mientras que Standard Electric Kirk (SEK) de Dinamarca realiza el desarrollo del aparato de abonado. Los aparatos, circuitos de línea y equipo de central fueron entregados a la Compañía Telefónica de Jutland en noviembre de 1980, y las facilidades de acceso de abonado se añadieron en el segundo trimestre de 1981. Se han conectado ya abonados al sistema para pruebas de campo, añadiendo equipo de pruebas de transmisión para evaluar la





operación de la red, y el equipo instalado está en pleno funcionamiento.

**Descripción del sistema**

El sistema consta de cuatro unidades funcionales básicas:

- aparatos digitales
- submódulos de línea digital, los cuales conectan grupos de 30 abonados a la central digital
- conmutador temporal, control de la central y circuitos auxiliares
- submódulos de enlaces analógicos, que facilitan el acceso a la red nacional de los 30 abonados asociados en un canal.

La figura 1 muestra esta disposición e ilustra la expansión del sistema hasta 120 líneas. La transmisión entre la central y el aparato digital utiliza dos pares de hilos para la separación direccional; la velocidad binaria de 80 kbit s<sup>-1</sup>, se distribuye como sigue:

Conversación	MIC de ley A	64 kbit s <sup>-1</sup>
Señalización	1 bitio por trama	8 kbit s <sup>-1</sup>
Sincronización	1 bitio por trama	8 kbit s <sup>-1</sup>

Se crea una estructura multitrama de ocho tramas para que la información de señalización y sincronización se pueda organizar en caracteres de ocho bitios (Fig. 2). El tren de bitios se codifica usando inversión alternada de marcas (AMI) y se aleatoriza para extender el espectro transmitido.

Los aparatos están telealimentados para uso telefónico con una fuente de corriente constante de 50 mA, consumiendo muy poca corriente en el modo de reposo. Usando cable de 0,5 mm y una batería en la central de 60 V, la máxima distancia operativa básica es 4 km. Ya que la capacidad de transmisión digital excede de este alcance, se tomarán especiales medidas para evaluar la operación a distancias

más largas. El procedimiento para *alertar* al aparato está basado en condiciones de corriente continua del bucle.

**Facilidades**

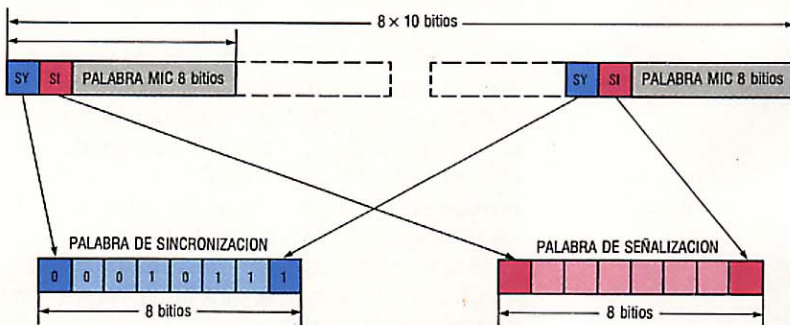
La operación digital permite poner en práctica el concepto de red digital de servicios integrados, creando canales separados sobre los que puedan proveerse nuevos servicios. Se están probando dos categorías principales en estas experiencias de campo: facilidades de abonado y facilidades de pruebas de transmisión y diagnóstico de averías.

Para las facilidades de abonado no se ha dispuesto un canal separado de datos, pero ya que el canal de señalización de 8 kbit s<sup>-1</sup> tiene una capacidad muy en exceso de la necesaria para sus fines, se pueden transmitir por ese canal datos en forma sencilla, que se presentarán en la pantalla visualizadora del aparato (ver tabla 1, nota 6). Las facilidades más importantes del nuevo aparato se resumen en la tabla 1.

La figura 1 muestra que se incluye una unidad de pruebas de transmisión, la cual tiene acceso a cada par transmisor y receptor dentro del submódulo de línea digital. Además puede fijarse sobre los trenes de bitios de envío y de recepción regenerada en cualquier canal y, con la cooperación de los medios de puesta en bucle

**Figura 1**  
Diagrama de bloques del sistema digital para pruebas de campo en Jutland, que comprende 120 líneas en la red local.

**Figura 2**  
Estructura de multitrama usada por el sistema digital para pruebas de campo en Jutland.





existentes en el aparato, medir errores de bitios y errores que aparecen en grupos. Esta unidad de prueba estará también bajo el control lógico del procesador de la central, proporcionando un juego útil de medios de prueba y supervisión para el sistema de transmisión. En la tabla 1 se resumen las facilidades de prueba de transmisión.

### Realización técnica

El equipo de central para las pruebas de campo se aloja en el edificio de una central analógica existente, en Horsens (Dinamarca). Consiste en siete cuadros de equipo, que pueden ser montados en un mismo bastidor. Cada submódulo de línea digital ocupa un cuadro, el conmutador temporal, control de central y circuitos auxiliares se alojan en otro cuadro y los submódulos de enlace analógico se equipan a dos por cuadro.

### Aparato de abonado

La figura 3 es un diagrama de bloques del aparato, que ha sido construido con componentes estándar y se aloja cómodamente en la caja compacta Kirk 76E. El elemento de control central es un microprocesador CMOS (semiconductor metal-óxido complementario) que no sólo controla el teclado y el visualizador, sino que también supervisa la sincronización, la señalización y el desaleatorizador. Aparte de las nuevas facilidades descritas en la tabla 1, se han mantenido algunas de las particularidades del aparato electrónico Kirk Digitel 2000\* y se han añadido

otras no relacionadas con la operación digital, incluyendo la selección de uno de los cuatro tonos de salida del bloque de teclas y el envío automático del número compuesto en el visualizador al recibirse el tono de marcar (véase fotografía).

### Submódulo de línea digital

La figura 1 muestra que este submódulo consta de cuatro unidades funcionales. Su función básica es interconectar un grupo de 30 abonados al conmutador digital, a efectos de conversación y señaliza-

\* Marca registrada del sistema ITT

**Aparato de abonado digital utilizado en las pruebas de campo de Jutland. Su construcción se basa en el aparato Digitel 2000 de SEK.**



**Tabla 1 - Nuevas facilidades de abonado y prueba de los aparatos telefónicos digitales**

#### Facilidades de abonado

- 1 Calidad de conversación MIC
- 2 Visualizador alfanumérico que puede presentar el juego completo de caracteres ASCII-64 (American Standard Code for Information Interchange)
- 3 Puede visualizarse el número de abonado llamante en el aparato de abonado llamado, mientras este último reciba señal de llamada, o cuando reponga su auricular después de haberse comunicado con otro abonado (ocupado)
- 4 Los números de abonado llamante a los que no se ha contestado son almacenados en el aparato llamado en una memoria con un máximo de cuatro posiciones
- 5 Los números almacenados en el aparato pueden ser rellamados o borrados
- 6 El aparato puede acceder a un banco de datos en la central a través del canal de señalización; actualmente pueden ser direccionadas 40 posiciones, las cuales pueden transmitir líneas de texto para su visualización en el aparato (por ejemplo, códigos de operación del aparato, números de emergencia y nuevos elementos)
- 7 Se puede visualizar la cuenta actualizada del contador de impulsos.

#### Facilidades de prueba de transmisión

- 1 Puede supervisarse cualquier línea seleccionada en cuanto a ruido ambiental, diafonía o nivel de señal
- 2 Pueden observarse los errores con o sin inserción de varios tipos de interferencia, en cualquier línea seleccionada
- 3 Las tasas de errores pueden ser analizadas por el control de la central, y se pueden identificar y poner fuera de servicio las líneas defectuosas.



ción para control. Además aporta las facilidades de pruebas de transmisión ya descritas. Los principales objetivos de la filosofía de diseño fueron minimizar la circuitería y mantener los circuitos de línea lo más sencillos y modulares posible. Teniendo estos objetivos presentes, se adoptó la técnica de tiempo compartido para sincronización y señalización.

Los circuitos interfaz de línea digital proporcionan conexión directa con la línea y realizan las siguientes funciones:

- transmisión AMI a  $80 \text{ kbit s}^{-1}$
- ecualización y pre-ecualización automáticas de las señales transmitida y recibida
- retemporización de los trenes de bitios y multiplexación
- telealimentación
- acceso a pruebas de transmisión.

La unidad de sincronización por tiempo compartido sirve de interfaz con los circuitos de línea a través de una estructura múltiplex de 32 canales, a  $4096 \text{ kbit s}^{-1}$ . Esto le permite dedicar  $80 \text{ kbit s}^{-1}$  a cada conexión de abonado (es decir, 10 bitios por trama), y  $48 \text{ kbit s}^{-1}$  (6 bitios por trama) a funciones de control entre la central y cada circuito de línea. Los trenes individuales de bitios se sincronizan y remultiplexan para conversación, señalización y control.

Los bitios de señalización y control llegan a la unidad de señalización de tiempo

compartido en forma multiplexada; allí se demultiplexan, verifican y ensamblan en un formato que proporciona la identidad del mensaje y del canal antes de su paso al control de la central.

Mediante la programación la unidad de pruebas de transmisión puede supervisar e insertar señales en cualquier línea seleccionada. Puede también observar los flujos de bitios transmitidos y recibidos, a  $80 \text{ kbit s}^{-1}$ , por cualquier canal del múltiplex de  $4096 \text{ kbit s}^{-1}$ . Cuando el canal está puesto en bucle, se correlacionan los trenes de bitios en ambas direcciones y se cuentan errores.

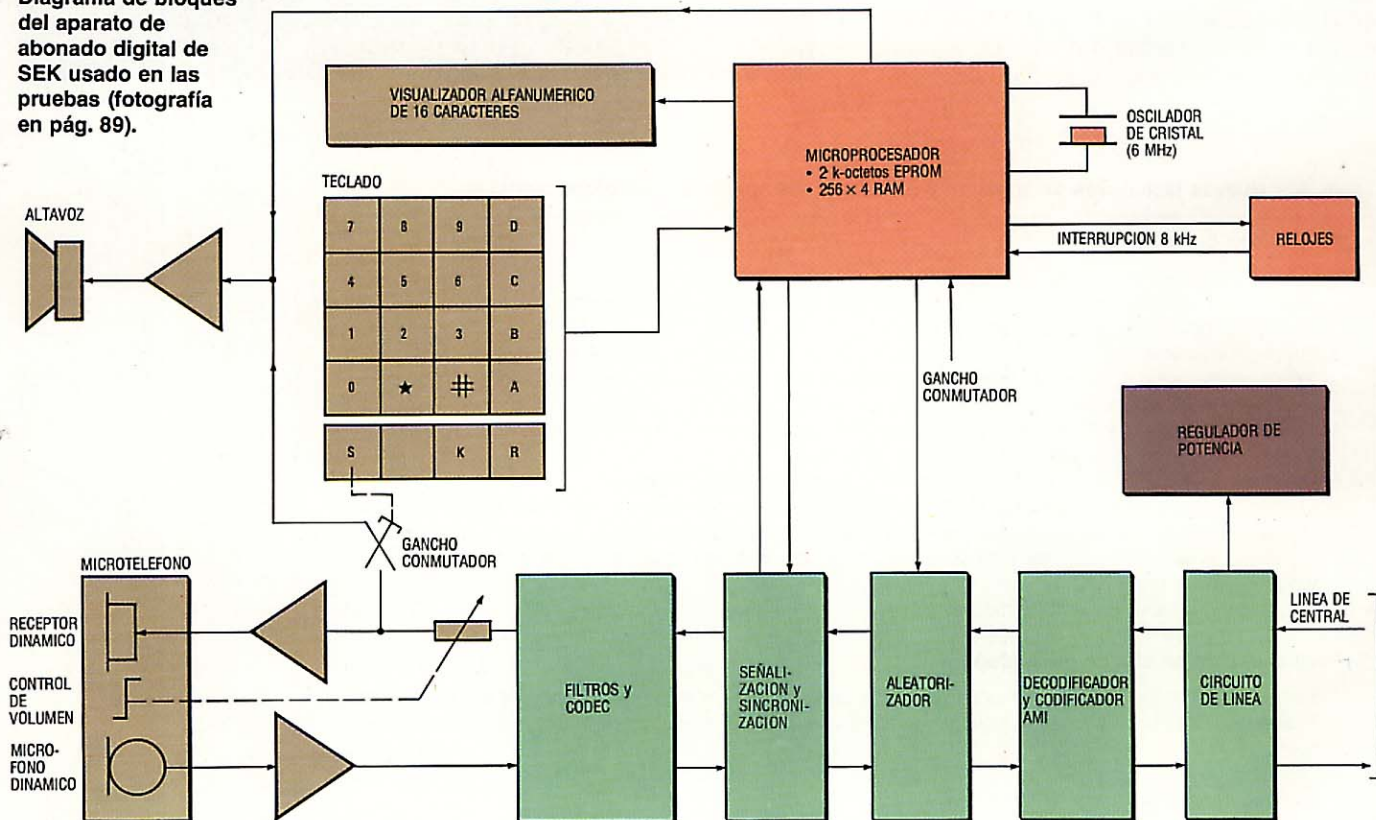
**Circuitos auxiliares, de control y de conmutación temporal**

Básicamente estos circuitos desempeñan las funciones de un sistema de conmutación digital, que además supervisa los circuitos de prueba de transmisión y procesa el banco de datos. Un ordenador de tarjeta única (Intel SBC 86/12) controla el sistema.

**Submódulo de enlace analógico**

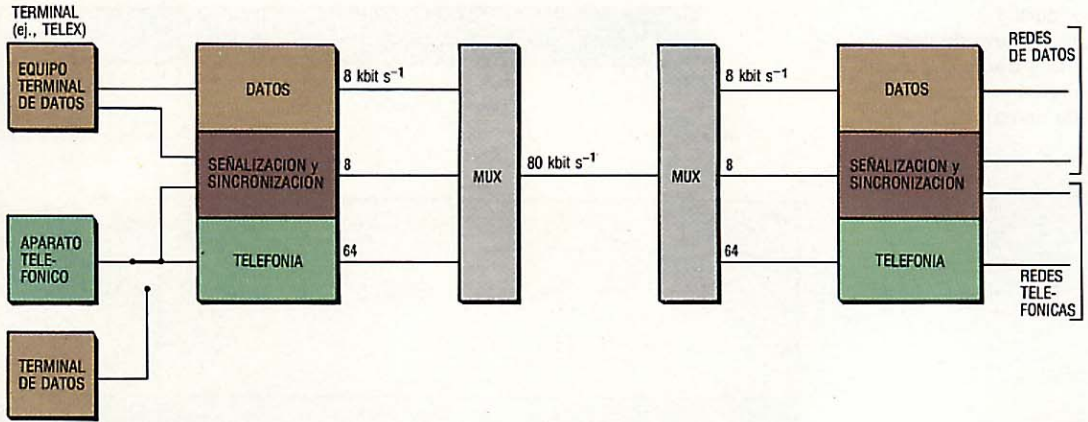
Teniendo en cuenta la naturaleza experimental de las pruebas de campo y los tiempos implicados, se ha decidido utilizar una solución simple para el acceso de la red a la comunidad en pruebas de campo. Por este motivo, los circuitos de interfaz de enlace analógico se equipan a razón de uno por cada interfaz de línea digital. La señalización con la central ana-

**Figura 3**  
Diagrama de bloques del aparato de abonado digital de SEK usado en las pruebas (fotografía en pág. 89).





**Figura 4**  
Bucle de abonado digital a utilizar en las pruebas de campo de SEL en Berlín.



lógica se hará a través del conmutador temporal, usando señales multifrecuencia de dos tonos. El control de los interfaces de enlace analógico será similar al de los interfaces de línea digital. Existirá algún grado de flexibilidad al asociar ambos tipos de interfaz, ya que se conectarán por medio del conmutador temporal.

## Medidas

### Preparación

Al preparar las pruebas de campo se han considerado los tres aspectos siguientes:

- facilidades de abonado
- pruebas de transmisión
- sistema de señalización.

En cuanto al primero de estos aspectos, la preparación implica escoger un grupo representativo de abonados y un juego de facilidades de realización cómoda, que sean apropiadas para la operación digital con el abonado. Estas facilidades se detallaron en la tabla 1.

La preparación de las pruebas de transmisión estuvo sujeta a las siguientes limitaciones de red:

- dos pares de hilos para cada abonado
- la elección de pares desde la central al primer nodo tenía que ser adecuada para medidas controladas de diafonía
- desde el primer nodo, cada vía de unión había de contener una mezcla típica de cables, diámetros y longitudes, con algunos casi en los límites de planificación y otros encaminados a través de ambientes ruidosos.

La preparación con respecto a la señalización está eficazmente incorporada en el diseño; no hay protección en el canal de señalización. El objetivo es evaluar la validez de tal diseño, no tanto por el cómputo de los errores de bits como

por el recuento de los errores funcionales que aquéllos puedan causar.

### Datos y evaluaciones

Después de un período razonable de uso, los abonados que participan en las pruebas de campo recibirán un cuestionario relativo a la frecuencia de uso y grado de interés de los servicios utilizados, teniendo entonces la oportunidad de hacer sugerencias.

Fundamentalmente, la unidad de pruebas de transmisión es capaz de observar los errores de bits, los agrupados y los de sincronización, en presencia de interferencias definidas sobre cualquier canal seleccionado dentro del submódulo de línea digital. Además, facilita acceso directo a cualquier línea para introducir interferencia o para fines de observación. En este último caso se usan equipos de prueba normales, mientras que el acopio y proceso de la información de errores los controla el procesador de la central.

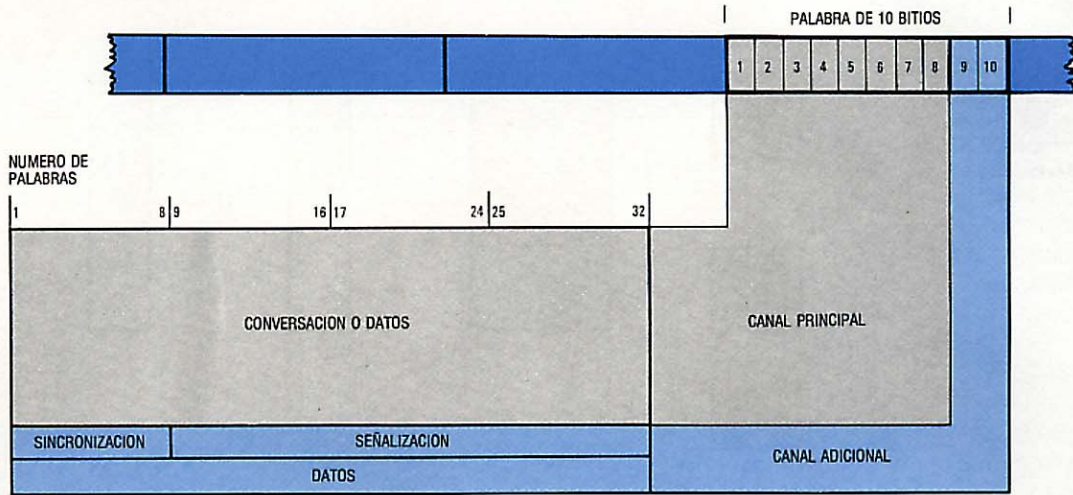
El programa principal para acopio y evaluación de los datos obtenidos en las pruebas de Jutland comenzó a realizarse a mediados de 1981. Durante ese período habrá una estrecha colaboración entre la Compañía Telefónica de Jutland, SEK y STL. El trabajo se dividirá en una serie de fases que abarquen todos los aspectos necesarios sobre características de transmisión.

### Pruebas de campo en Berlín

Como se ha mencionado en la introducción, el Deutsche Bundespost encargó a SEL, en 1978/1979, un estudio sobre viabilidad de la operación digital en el área local de la red telefónica. Como los resultados del estudio fueron muy prometedores, se propuso a SEL que participara en unas pruebas de campo con los objetivos de confirmar dicha viabilidad y los principios del sistema desarrollado por SEL. En el estudio se plantearon dos



**Figura 5**  
Estructura de palabra y trama del bucle digital en las pruebas de campo de Berlín.



cuestiones técnicas que podían ser críticas para el futuro desarrollo, teniendo en cuenta las limitaciones económicas: ¿sería suficientemente buena para transmisión digital la calidad de la planta de cables existente? y, ¿cumplirían los requisitos de dicha planta las longitudes de bucle conseguidas por los métodos de conversión 2/4 hilos? Para probar todos los aspectos de la operación digital en el área local, el Bundespost ha planeado una serie de pruebas de campo paralelas, basadas en varios conceptos. Desde mediados de 1979, SEL ha estado desarrollando el equipo para tal prueba de campo, que comenzó durante el primer trimestre de 1981 en Berlín.

La figura 4 muestra la disposición básica del bucle digital de abonado que se ha utilizado. Tiene una velocidad binaria nominal de  $80 \text{ kbit s}^{-1}$  y comprende tres canales múltiplex por división en el tiempo: un canal principal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , un canal de datos auxiliar de  $8 \text{ kbit s}^{-1}$  y un canal suplementario para señalización ( $6 \text{ kbit s}^{-1}$ ) y sincronización ( $2 \text{ kbit s}^{-1}$ ). El canal principal, empleado primariamente para señales digitales de conversación (MIC) según la Recomendación G.711 del CCITT, se puede utilizar para la transmisión alternada de datos extremo a extremo. El canal de datos auxiliar se puede usar para transmisión de datos hasta de  $8 \text{ kbit s}^{-1}$  (ejemplos:  $2,4$  ó  $4,8 \text{ kbit s}^{-1}$ ) de modo independiente y simultáneo con el canal principal. La figura 5 ilustra la estructura de palabra y de trama del flujo de bitios en el bucle digital.

**Realización técnica**

La figura 6 expone el equipo básico del bucle de abonado para las pruebas de campo en Berlín. Consta de aparato de abonado, equipo de abonado, circuito de línea, adaptador de central analógica y equipo para servicio de datos.

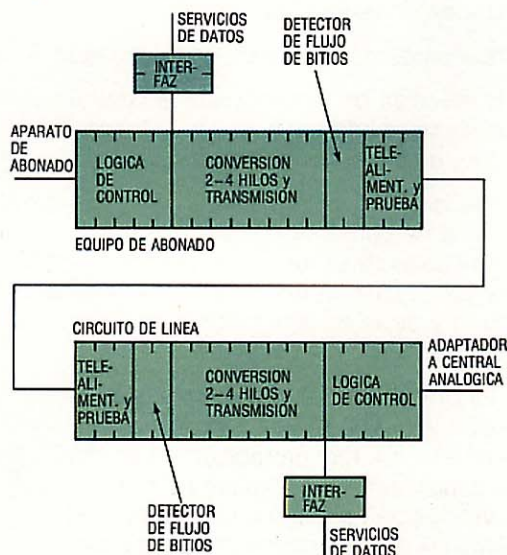
**Aparato de abonado digital**

El aparato digital INTERMAT\* (véase pág. 94) está alimentado remotamente desde la central e incorpora un generador de tonos de llamada y un visualizador de cristal líquido de 16 cifras. El número marcado, la tasación o la hora local, se pueden visualizar a voluntad.

**Equipo de abonado**

El equipo de abonado comprende una unidad lógica central, un convertidor de 2 a 4 hilos con su equipo de transmisión, un detector de flujo de bitios, un equipo de prueba y telealimentación y un equipo protector de sobretensiones. La unidad lógica central (Fig. 7) se encarga de la sincronización de palabra y trama, de la señalización y del control. La sincronización se basa en el principio maestro-esclavo (central-abonado). El carácter SYN del Alfabeto Internacional nº 5 del CCITT se envía en cada trama, a intervalos de 4 ms, para la sincronización de palabra y trama. Se da una alarma si se reciben

\* Marca registrada del sistema ITT



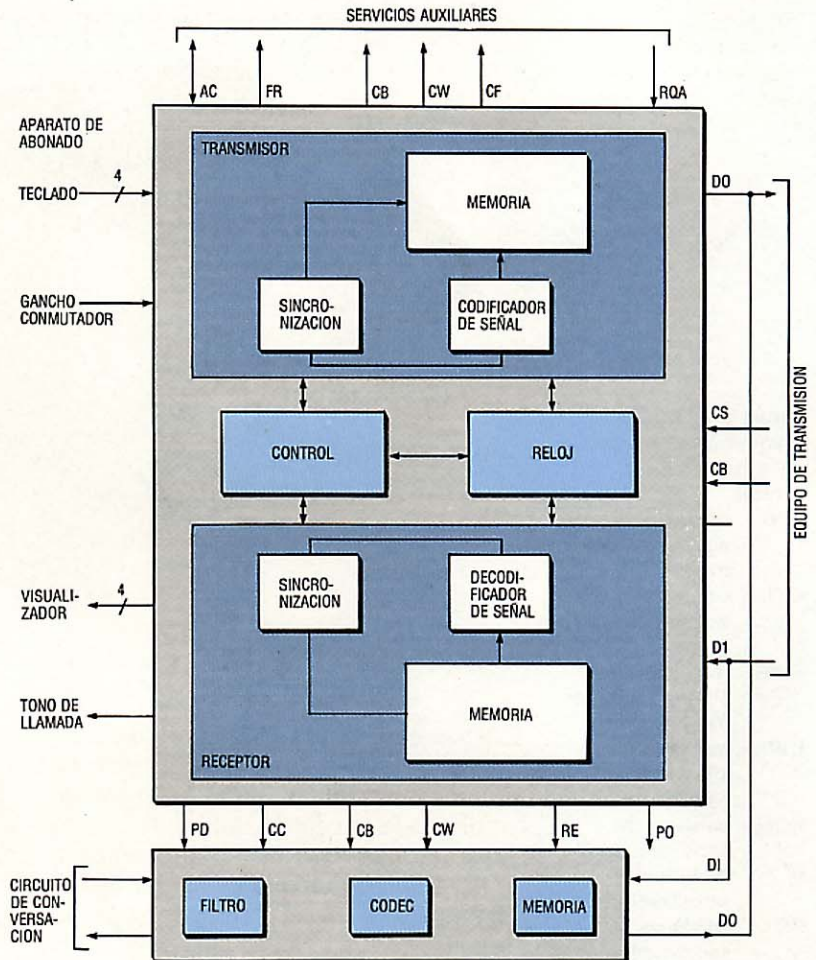
**Figura 6**  
Equipo básico del bucle de abonado.



incorrectamente tres palabras de sincronización consecutivas. La señalización se realiza en base a los eventos y a su confirmación, usando un formato fijo de tres octetos, consistentes en cabecera, campo de información y campo de verificación para comprobaciones cíclicas de redundancia. Un formato de señalización se transmite normalmente en 4 ms ó, en el caso de error, en 12 ms.

Las funciones esenciales de control de la unidad lógica central son: coordinación de la señalización en los canales principal y auxiliar, y control del codec y modo de operación. La señalización de telefonía tiene prioridad sobre la señalización de otros servicios.

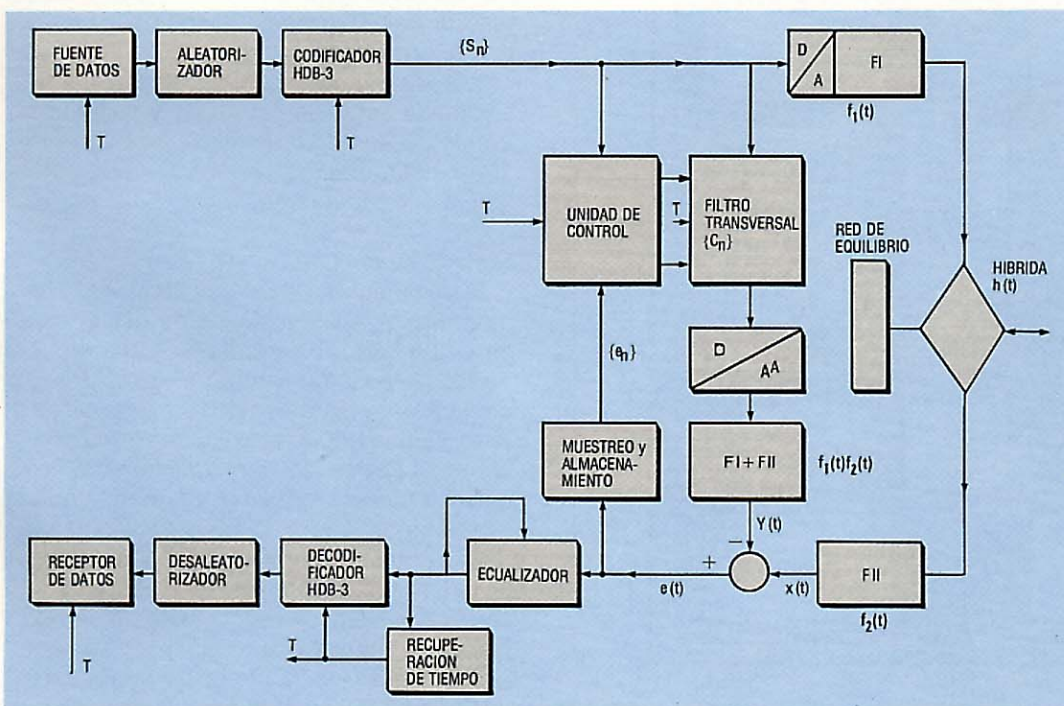
La transmisión a 2 hilos se basa en separación híbrida con compensación digital; para líneas largas, puede conmutarse a operación en 4 hilos. En la figura 8 se expone un diagrama de bloques del circuito. Los datos binarios (a  $80 \text{ kbit s}^{-1}$ ) son aleatorizados, codificados (HDB3) y alimentados a una híbrida de equilibrio fijo a través de un convertidor digital/análogo y un filtro. El eco se reconstruye por un filtro transversal adaptador (16 células, con coeficientes de 12 bits) usando un algoritmo simple cuyo criterio de error es el signo<sup>1</sup>, después de lo cual se resta continuamente de la señal recibida. Un ecualizador de Bode simple (autocontrolado para asegurar un nivel de salida constante) elimina la distorsión lineal del cable. La recuperación del reloj se basa en un bucle enclavado en fase con un oscilador de cuarzo controlado en voltaje. El circuito de transmisión a 2 hilos, que es modular,



está diseñado para hacer medidas comparativas en unas pruebas ampliadas que usan un método de separación en el tiempo desarrollado por SEL (técnica del ping-pong). El detector de flujo de bits

**Figura 7**  
Esquema de bloques de la unidad lógica central del equipo de abonado.

- AC - activo (señalización)
- CB - sincronismo de bito
- CC - sincronismo del convertidor
- CF - sincronismo de trama
- CS - sincronismo de sistema
- CW - sincronismo de palabra
- DI - entrada de datos
- DO - salida de datos
- FR - libre (señalización)
- PO - desconexión de alimentación
- PD - fallo de alimentación
- RE - lectura
- RQA - petición de canal auxiliar



**Figura 8**  
Circuito de transmisión con compensación digital para conversión de 2 a 4 hilos.





Aparato de abonado digital para las pruebas de campo de Berlín. Este aparato pertenece a la gama Intermat de SEL.

Figura 9 Diagrama de bloques de la unidad lógica central.

- CFR - recepción de sincronismo de trama
- CFT - transmisión de sincronismo de trama
- CWR - recepción de sincronismo de palabra
- CWT - transmisión de sincronismo de palabra
- RQM - petición del canal principal
- SI - entrada de señalización
- SO - salida de señalización
- VI - entrada de voz (MIC)
- VO - salida de voz (MIC)

activa el equipo (función *alertar*) desde el estado de reposo, cuando se recibe un tren de bits a  $80 \text{ kbit s}^{-1}$  ( $50 \text{ mV}$  mínimo) desde la central, indicando una llamada entrante. El consumo de potencia en el estado de reposo es menor de  $0,5 \text{ mA}$  a  $10 \text{ V}$  (usando componentes discretos).

**Circuito de línea**

El circuito de línea es básicamente similar al equipo de abonado. La unidad lógica

central (Fig. 9) difiere de la del abonado en que la central actúa como maestro en lo concerniente a señalización. También en que no hay conversión analógico/digital de las señales de conversación. El equipo de transmisión y el detector de flujo de bits (circuito alertador) son idénticos a los del abonado.

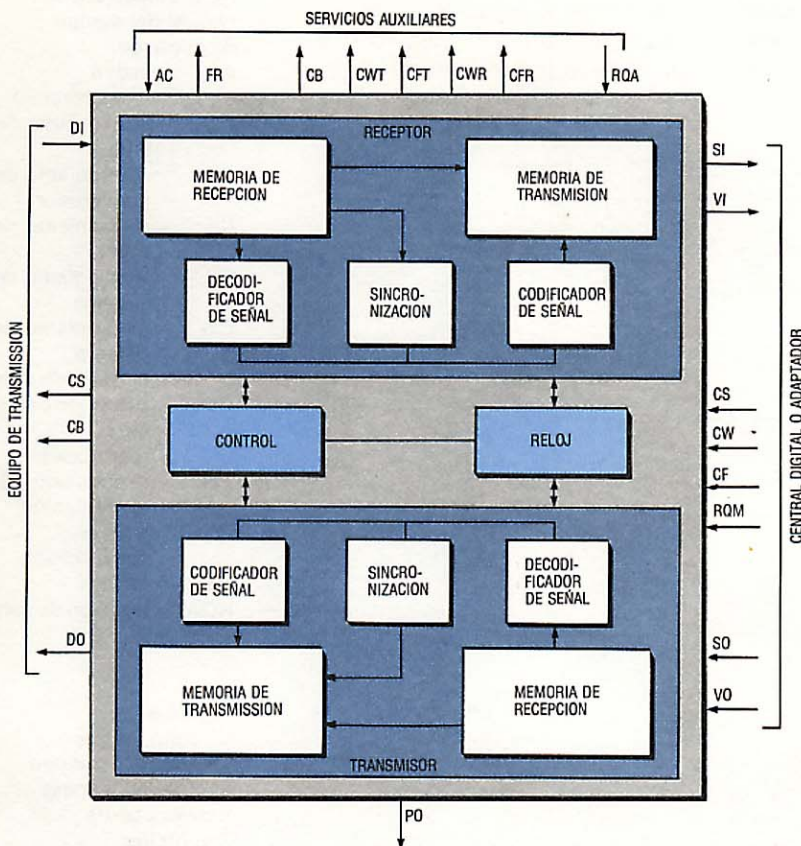
**Adaptador de central analógica**

El bucle digital de abonado está previsto últimamente para el uso con una central digital. Sin embargo, para las pruebas de campo estará conectado a una central analógica convencional, requiriéndose un adaptador. Las funciones principales de este adaptador son: conversión analógico/digital y digital/analógico de las señales de conversación, conversión de señalización de eventos a estados, conversión analógica de 2 hilos a 4 hilos y adaptación de los niveles de transmisión. La figura 10 muestra un diagrama de bloques del adaptador con sus funciones.

**Servicios adicionales**

El canal auxiliar de datos se puede usar para uno o varios servicios de datos, bien para uno cada vez o simultáneamente. En las pruebas de campo, el canal de datos auxiliar se utilizará para el servicio Bildschirmtex (videotex), permitiendo la demostración del uso simultáneo e independiente de los servicios de telefonía y videotex.

Los equipos videotex de abonado consisten en un aparato de televisión y un codificador/decodificador; también se necesita un interfaz con el bucle digital. Aquí, los  $1,2 \text{ kbit s}^{-1}$  en la dirección de recepción y los  $75 \text{ bit s}^{-1}$  en la dirección de transmi-



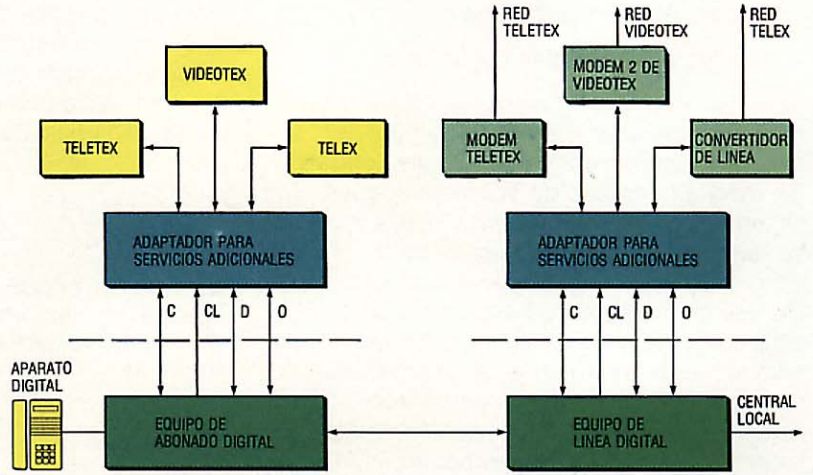


sión se adaptan al canal de 8 kbit s<sup>-1</sup>. En la central, el canal de videotex se extrae del bucle digital y se conecta por un módem sobre una línea telefónica a un centro videotex. Se pretende ampliar las pruebas de campo para probar simultáneamente los servicios de teletex, videotex y télex sobre el canal de datos auxiliar (Fig. 11).

**Medidas**

Las medidas para las pruebas de campo se llevarán a cabo sobre cables instalados en la planta local de Berlín. El equipo de bucle básico descrito anteriormente se suplementará con simuladores para 32 bucles de abonado más, permitiendo por tanto alcanzar fácilmente diferentes utilidades de cable (número de pares en uso). La amplitud y la fase son ajustables para cada flujo simulado de bitios. Las medidas se clasifican básicamente de acuerdo con los siguientes objetivos principales:

- Calidad del sistema digital. Típicamente está caracterizada por: número de errores de bitio; pérdida de sincronismo de bitio, palabra y trama; errores de señalización; interrupciones del sistema; tiempo requerido para sincronización, señalización y varios protocolos típicos.
- Efectos de interferencia de los sistemas analógicos vecinos, generalmente cau-



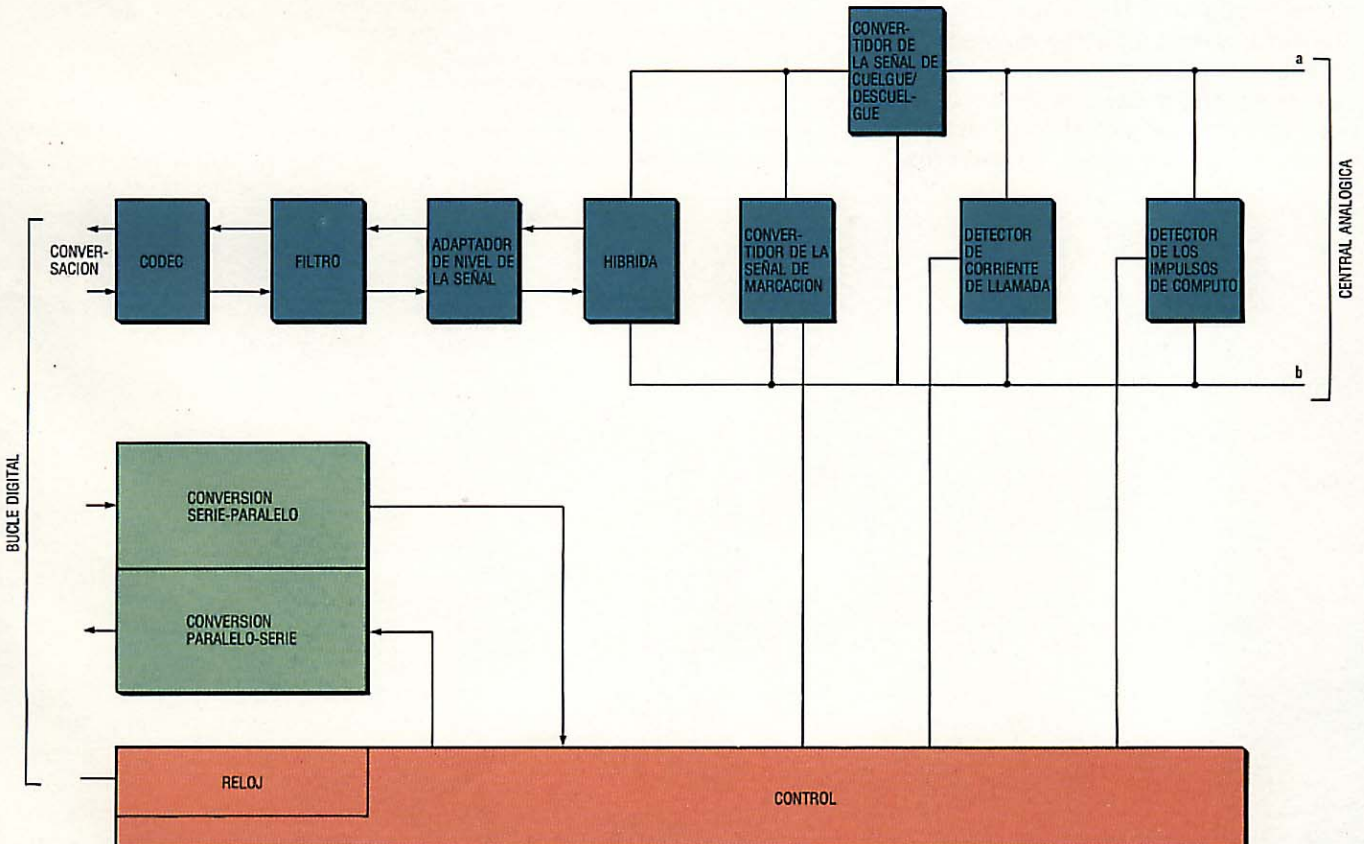
sados por impulsos de disco, impulsos de tarificación y corriente de llamada.

- Interferencia por diafonía sobre los pares de hilo de cobre adyacentes; se mide ésta por el nivel de ruido ponderado.
- Medidas de control consistentes en impedancia, atenuación, diafonía en extremo próximo y lejano, y medidas de nivel de ruido; estas medidas caracterizan a los cables usados en las pruebas de campo.

Las anteriores medidas se pueden dividir en dos categorías básicas, según los ambientes en los cuales se realizan:

**Figura 11**  
Ampliación de las pruebas de campo para probar servicios adicionales.  
C - control  
CL - sincronismo  
D - datos  
O - alimentación conectada

**Figura 10**  
Adaptador para central analógica usado en las pruebas de campo de Berlín.





- medidas en ambientes aleatorios
- medidas en ambientes controlados.

Se han escogido unas doscientas líneas diferentes de abonado en la red pública para las medidas en ambientes aleatorios. Se medirá la calidad de operación de los sistemas digitales sobre estas líneas y se registrarán los datos relevantes de los cables usados. Las medidas en ambientes controlados se harán sobre 10 a 50 pares de hilos de cobre tendidos a través de la red, bien en el mismo cable o en la misma capa; estos pares deben estar aislados de interferencias externas. La principal dificultad es, evidentemente, la disponibilidad de tales grupos de cables vacantes dentro de la planta en servicio. Sin embargo, el Deutsche Bundespost ha logrado disponer de tales grupos para hacer medidas en cinco centrales diferentes en Berlín. Los cuatro tipos de medidas descritos anteriormente se realizarán sobre estos cables en ambientes controlados.

### Conclusiones

La digitalización del bucle de abonado es un factor clave en la evolución de la futura red digital de servicios integrados. Se necesitan pruebas de campo para experimentar la operación digital en el área local y practicar en las diversas técnicas. Las compañías de ITT están participando en dos de estas pruebas: una en Dinamarca, y otra en la República Federal de Alemania, ambas en curso de ejecución. En este artículo se han descrito los objetivos, programas y equipos de dichas pruebas. ITT se ha comprometido a desarrollar el principio de integración de servicios

dentro de las redes digitales. Los resultados de éstas pruebas de campo ayudarán, sin duda, a probar la viabilidad técnica y económica de una red enteramente digital, extendida hasta el terminal de abonado.

### Referencia

- 1 B. Aschrafi, G. Bostelmann y K. Széchényi: Results of Experiments with a Digital Hybrid in Two Wire Digital Subscriber Loop; ISSLS Munich, septiembre 1980.

**James A. Murray** nació en la India en 1942. Después de dejar la escuela en Inglaterra se alistó en las Fuerzas Aéreas (RAF) por algún tiempo, alcanzando experiencia en comunicaciones aéreas y ayudas electrónicas a la navegación. En 1968 dejó la RAF para estudiar en la Universidad de Essex, donde se graduó en ingeniería de telecomunicaciones; más tarde obtuvo el grado MSc en diseño de sistemas de telecomunicaciones. Antes de entrar en STL en 1975, trabajó para Plessey Telecommunication Research, en sistemas digitales de transmisión y conmutación. Desde 1975 ha trabajado en sistemas digitales de transmisión y conmutación relacionados con PABX y redes de áreas locales. Es actualmente Jefe de Proyecto para las actividades de STL en las pruebas de campo de área local en Jutland.

**Firoz Kaderali** nació en Dar es Salaam, Tanzania, en 1942. Estudió ingeniería eléctrica teórica en Darmstadt, Alemania, desde 1963 a 1969, donde se graduó de Ingeniero Diplomado y más tarde de Dr. Ingeniero. Entre 1972 y 1977 fue profesor en la Universidad, enseñando e investigando en teoría de redes, teoría de sistemas y señales, transmisión y conmutación digitales y teoría de grafos. El Dr. Kaderali entró en el Centro de Investigación de SEL en 1977, siendo allí responsable de las actividades de planificación de sistemas y pruebas de campo relacionadas con redes locales digitales y redes digitales de servicios integrados. Últimamente se trasladó a T&N, Frankfurt.



# Terminales para nuevos servicios

Se encuentran en desarrollo terminales para los nuevos y variados servicios de telecomunicación que están introduciéndose en la actualidad: ej., teletex, videotex y facsímil. Inicialmente estos servicios se ofrecerán en terminales separados, sin embargo se introducirán gradualmente posiciones de operación integradas, en las que se dispondrá de una amplia gama de servicios desde una unidad única y compacta.

## **B. Cramer**

Standard Elektrik Lorenz AG, Pforzheim,  
República Federal de Alemania

## **H. J. Winterbotham**

Standard Telecommunication Laboratories  
Limited, Harlow, Essex, Inglaterra

## **Introducción**

Igual que muchas otras actividades humanas, la de planificar el crecimiento futuro de la red de telecomunicación tiene sus profetas, cuyas visiones anticipadas suscitan esfuerzos comunes. Este número de *Comunicaciones Eléctricas* se dedica a la visión de una red integrada que transportará virtualmente todas las comunicaciones — de voz y datos — necesarias en el futuro.

Actualmente existen dos tipos de red: la red pública de telefonía conmutada que transporta voz y datos (el servicio datel) y las redes especializadas, como las de télex, usuarios privados, y diversas redes con conmutación de paquetes. Estas redes ya existen o se están introduciendo, por tanto ¿hacia qué objetivo nos dirigimos? Como se describe en otro lugar de este número, la creencia general es que en el futuro habrá una sola red que proporcionará todas las facilidades necesarias para integrar completamente la voz y los datos en la llamada RDSI (red digital de servicios integrados); la figura 1 presenta una imagen de esta red desde el punto de vista de los terminales.

El progreso hacia la integración de servicios avanzará a un ritmo determinado por un complejo entramado de factores, entre los que pueden citarse las presiones aplicadas, la velocidad de respuesta de los usuarios, autoridades y fabricantes, los límites en la tasa de inversión y la oportunidad de los servicios ofrecidos.

Existe una tendencia claramente definida hacia el uso de la conmutación digital en las nuevas centrales, como la ITT 1240, y el empleo de la modulación por impulsos codificados para la transmisión multiple-

xada en la red. Las técnicas digitales serán pronto introducidas en el bucle local del abonado, extendiendo así la transmisión digital hasta el propio domicilio del abonado, lo cual a su vez abrirá la puerta para que los servicios de datos usen también transmisión digital. Dos factores principales tenderán a ralentizar la penetración de las técnicas digitales: la inversión en la planta analógica existente y la falta del equipo terminal capaz de usar las nuevas facilidades. El mercado doméstico será el más afectado por esta carencia, ya que la mayoría del equipo es comprado en lugar de alquilado, y la natural resistencia humana al cambio excesivo o al aprendizaje innecesario tenderá a oponerse a la introducción rápida de equipos nuevos. El efecto total de estas presiones será una cierta disminución en el ritmo de integración de los servicios.

El uso de los nuevos servicios integrados irá por detrás de su introducción, ya que el equipo terminal será pagado esencialmente por los usuarios, no por la Administración, y éstos no invertirán fuertemente en terminales especializados hasta que se convenzan de la amplia utilidad de los servicios integrados y de su buen resultado económico en comparación con los servicios existentes.

Resumiendo, el futuro, al menos de las comunicaciones públicas, está en una red integrada que proporcione el acceso a cualquier servicio que el usuario desee en un momento determinado, ya sea el servicio convencional de voz o el acceso a redes avanzadas de datos. Además, será frecuente el uso simultáneo de más de un servicio, o el uso de varios servicios dentro de una llamada. Sin embargo, estas facilidades avanzadas de comunicación

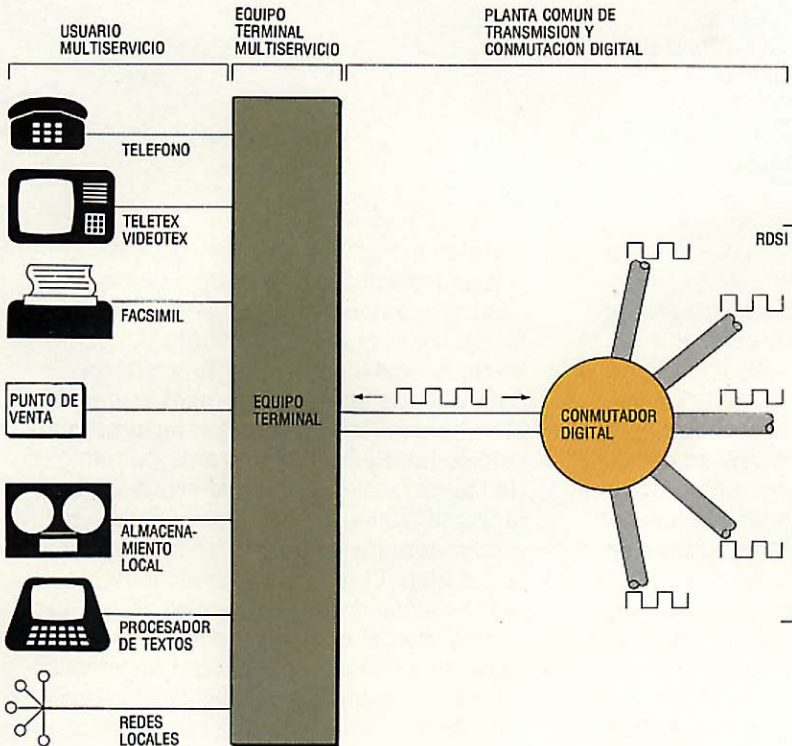


nunca serán utilizadas sin terminales que permitan su establecimiento y animen a su uso; la introducción de tales terminales a su vez dependerá de la disponibilidad y adecuación de los servicios de la red.

**Clases de terminales**

Es claro que la introducción gradual y general de los servicios integrados dependerá en gran medida de los dispositivos terminales disponibles. En este área

**Figura 1**  
Red digital de servicios integrados mostrando algunos de los terminales que pueden acceder al sistema.



los intereses comerciales son fuertes y la capacidad de control de las Administraciones está disminuyendo, lo cual estimula la actividad individual de usuarios y suministradores. Algunos de los factores que influyen en este campo se muestran en la figura 2, que ilustra también la diversidad de terminales y su desarrollo. A pesar de la riqueza de formas y funciones que esperamos, podemos distinguir dos clases principales, basadas en el uso de los servicios ofrecidos por la red.

El primer grupo está formado por aquellos terminales diseñados para un solo usuario a la vez. La restricción a un solo usuario también implica que éste accederá solamente a un servicio en un momento dado, aunque se le ofrezca una variedad de ellos. Este grupo de terminales puede describirse como posiciones de operación integradas, significando con ello que el usuario tendrá un terminal capaz de satis-

facer la mayoría de sus necesidades de datos. En este entorno, es aceptable un nivel de fiabilidad más bajo que el requerido cuando un único equipo proporciona varias funciones.

El segundo grupo comprende los terminales que se han diseñado para varios usuarios simultáneos, cada uno de los cuales puede estar accediendo a una facilidad del terminal o a un servicio de red diferente. Esta realización de lógica compartida exige un gran cuidado en el diseño, para lograr la alta fiabilidad y calidad de servicio requeridas. Sin embargo, puede ofrecer beneficios considerables al permitir adaptar las facilidades a las necesidades de trabajo de los usuarios y al disminuir los costes por usuario. Debido a los requisitos de alta fiabilidad y a sus múltiples usos simultáneos, los terminales de este grupo deben ser tolerantes a las faltas; es decir, un fallo en una parte del equipo no debe ocasionar la pérdida de las facilidades proporcionadas por las otras partes. Además, dado el alto coste inicial de los grandes sistemas que atienden a los usuarios múltiples, es preferible una baja inversión inicial seguida por un crecimiento continuo hasta la capacidad completa. Todas estas consideraciones llevan a un diseño basado en la distribución de funciones entre unidades independientes, muchas de las cuales pueden prestar su propio servicio o facilidad sin referencia a otras unidades, pero cooperan e interfuncionan para ofrecer facilidades más amplias.

**Terminales para nuevos servicios**

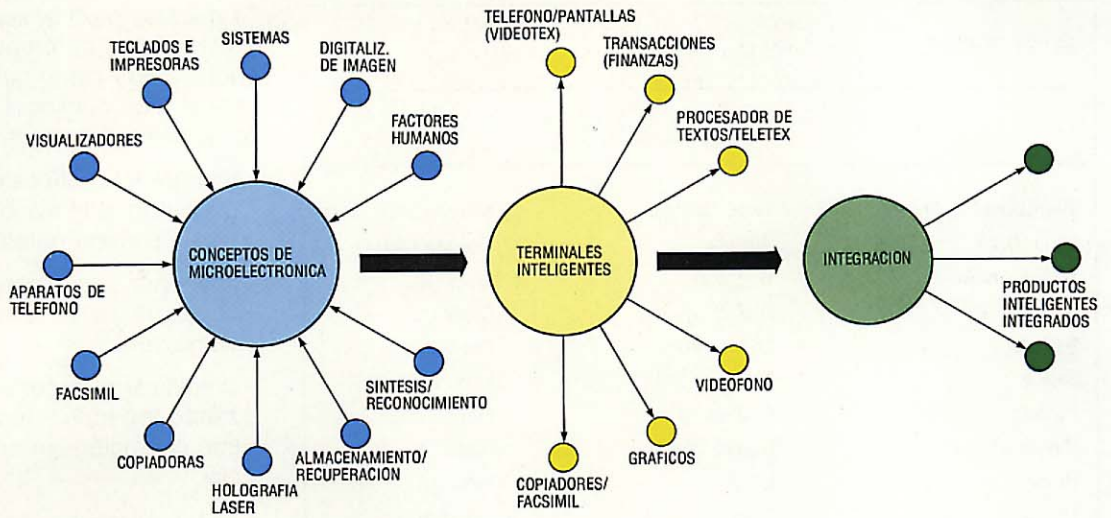
*Servicio teletex*

El servicio internacional teletex fue propuesto por primera vez por una comisión alemana de expertos que estudiaba el desarrollo a largo plazo de la comunicación técnica en la República Federal. La idea básica del servicio era considerar la comunicación de textos como una facilidad más del equipo de proceso de textos, comercialmente justificada por la racionalización del trabajo de oficina. Las características técnicas propuestas incluían:

- compatibilidad internacional entre todos los abonados
- normas directrices y calidad de servicio garantizados por las Administraciones
- juego completo de tipos de caracteres, comprendiendo todos los utilizados en los teclados nacionales de base latina
- transmisión de memoria a memoria para no perturbar la operación local
- velocidad de transmisión de 2.400 bit s<sup>-1</sup>



**Figura 2**  
Factores que influyen en el desarrollo de nuevos terminales.



– interfuncionamiento con el servicio télex existente.

En 1976 comenzó la normalización internacional del servicio teletex en el CCITT. Las recomendaciones provisionales resultantes de este trabajo describían las características del terminal en el grado necesario para lograr la compatibilidad entre todos los abonados del servicio futuro. Se dejó, sin embargo, a elección de las Administraciones individuales la red existente a utilizar (telefónica, red de datos con conmutación de circuitos, o con conmutación de paquetes). No se propuso ninguna normalización para las funciones y características del terminal ajenas a la comunicación (ej., proceso de textos).

La Administración alemana fue la primera en presentar el nuevo servicio al

público, durante la feria de Hannover en 1980. Como la normalización internacional no estaba todavía completa en aquel momento, se hicieron especificaciones provisionales sobre cuya base suministraron terminales los principales fabricantes. El terminal teletex de SEL (Fig. 3) está constituido por las siguientes subunidades:

- teclado estándar de máquina de escribir y teclas adicionales para controlar todas las funciones de edición y comunicación de textos
- unidad de pantalla con 20 líneas de texto, 80 caracteres por línea y toda la información necesaria para asistencia del operador
- impresora del tipo margarita (daisy wheel) de 55 caracteres por segundo
- dos unidades de minidisco flexible
- sistema de microprocesador que controla todas las funciones locales del terminal
- sistema de microprocesador que controla las funciones de comunicación.

En el modo de recepción el terminal puede tratar todo el juego de tipos de caracteres del teletex, generando copia impresa en papel y visualizando en pantalla (Figs. 4 y 5). Se le dio una alta prioridad a la ingeniería de factores humanos. La facilidad de uso se asegura mediante una asistencia del operador cuidadosamente diseñada (Fig. 6).

En noviembre de 1980, la asamblea plenaria del CCITT aprobó formalmente las recomendaciones provisionales sobre terminales teletex producidas por los grupos de estudio. En detalle éstas son:

- Recomendación provisional S.60 (antes S.c): equipo terminal para uso en el servicio teletex.
- Recomendación provisional S.61 (antes S.f): repertorio de caracteres y conjuntos

**Figura 3**  
Terminal teletex desarrollado por SEL. Incorpora un teclado completo, unidad de pantalla, impresora de tipo margarita (daisy-wheel), dos minidiscos flexibles y control por microprocesador de las funciones locales del terminal y de las funciones de comunicación.





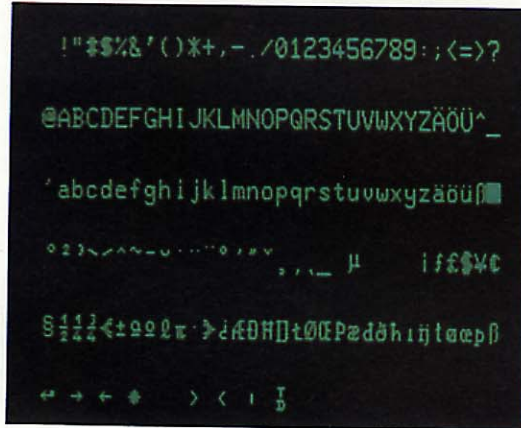
Símbolos teletex		
País	Lugar	Moneda
República Federal Alemana	Groß-Grönau	Marco (DM)
Dinamarca	Alboek	Corona (dkr)
Reino Unido	Brighton	Libra (£)
Yugoslavia	Alačiči	Dinar (d)
España	La Coruña	Peseta (P)
Japón	Tokio	Yen (¥)
Francia	Châteaureux	Franco (ffr)
Estados Unidos	Nueva York	Dollar (\$, ¢)
Polonia	Łódź	Zloty (z)
Portugal	Bragança	Escudo (E)

**Figura 4**  
Algunos de los caracteres y símbolos que habrán de tener los sistemas teletex, tanto para la impresión como para la presentación visual.

de caracteres codificados para el servicio teletex internacional.

- Recomendación provisional S.62 (antes S.d): procedimientos de control para el servicio teletex.
- Recomendación provisional S.70 (antes S.h): servicio básico de transporte independiente de la red para el teletex.

El desarrollo futuro de los terminales teletex puede basarse en estas recomendaciones. Superadas unas pruebas de campo, las primeras Administraciones introducirán probablemente el servicio público en los comienzos de 1982.



**Figura 5**  
Pantalla mostrando la amplia gama de caracteres y símbolos que deben incorporar los sistemas teletex.



**Figura 6**  
Asistencia al operador sobre la pantalla.

### Terminales para el servicio videotex

El videotex se propuso por primera vez en Inglaterra como servicio de información para el gran público. Los propósitos fundamentales de este servicio eran:

- mantener unos costes de equipo bajos, utilizando el televisor en color doméstico para visualizar datos
- mantener unos costes de transmisión bajos, utilizando la red telefónica y módems sencillos
- simplificar el acceso al servicio, utilizando teclados y técnicas menú para una operación sin entrenamiento especial.

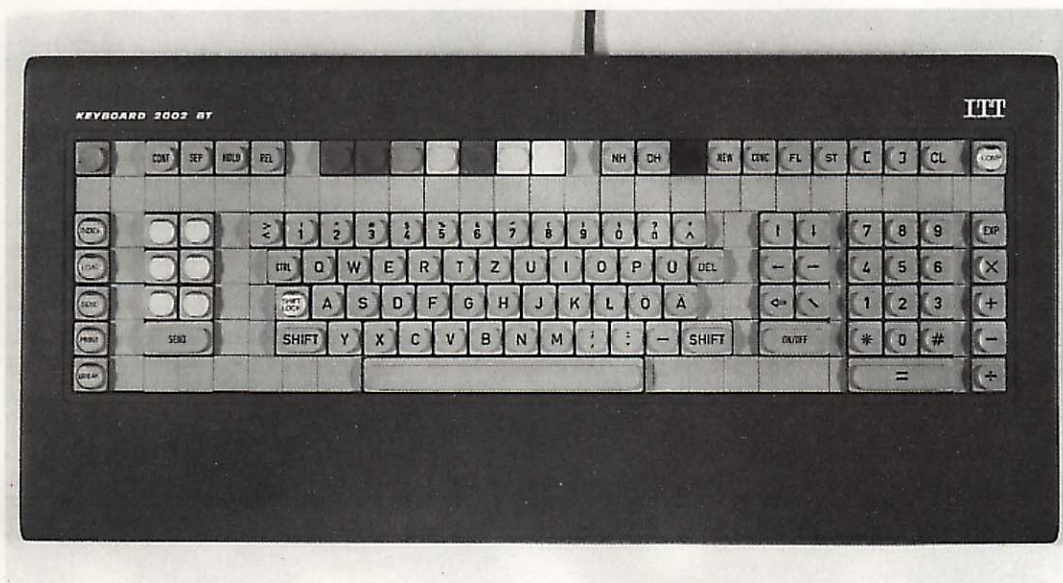
Aunque impusieran limitaciones en el formato de los datos y en la velocidad de transmisión, las ideas anteriores se consideraron aceptables para un servicio de información de uso general. El videotex, bajo formas ligeramente diferentes, ha sido analizado en muchos países y el primer servicio público se introdujo en Inglaterra, con el nombre "Prestel", al principio de 1979. La experiencia obtenida de Prestel y de las instalaciones probadas en otros países ha demostrado que, además de servicio de información doméstico, el videotex puede ser también un suplemento interesante de las comunicaciones de datos entre usuarios profesionales. Como consecuencia, se ha desarrollado una variedad de configuraciones de terminales, además del televisor en color normal con su decodificador.

Se requieren teclados inteligentes para la edición de datos y gráficos con fines informativos (Fig. 7), terminales portátiles con pantalla plana monocromática y acopladores acústicos para viajeros de comercio y agentes (Fig. 8) y terminales para el acceso público a la información videotex, como los horarios de trenes o de vuelos (Fig. 9). Hay actualmente cierto riesgo en el desarrollo de terminales videotex debido a las desiguales especificaciones en los diferentes países. Las normas CCITT se produjeron en paralelo con la introducción provisional de sistemas videotex nacionales, lo que hizo difícil desarrollar soluciones técnicas comunes. Sin embargo, la Recomendación provisional S.100 (antes S.g) del CCITT (intercambio internacional de información para videotex interactivo) es alentadora, por significar un paso importante hacia una estructura videotex estándar.

### Terminales para los servicios facsímil

La temprana introducción de los servicios facsímil ofreciendo compatibilidad internacional de extremo a extremo adoleció de falta de normas unificadoras. Los





**Figura 7**  
Teclado inteligente para la edición de datos y gráficos.

abonados de facsímil formaron "islas", en las cuales la compatibilidad se lograba por el uso del mismo equipo terminal. Las compañías explotadoras (como ITT en EE.UU.) ofrecían conversión en sus redes a los clientes que utilizaban terminales incompatibles. Los ritmos de crecimiento del facsímil han sido bajos, excepto en los países con grandes distancias, donde el correo resulta lento, o en aquellos en que la transmisión por télex no es práctica debido a la gran extensión del juego de caracteres (Extremo Oriente). Aparte de los problemas de compatibilidad, la baja calidad en las copias del equipo analógico de facsímil existente limitó el servicio a la transmisión ocasional de información urgente. Las Administraciones que introdujeron servicios facsímil en línea con las recomendaciones CCITT, con todas las características de un servicio

público compatible de extremo a extremo, no tuvieron mucho éxito.

Se esperan mejoras de la introducción de las modernas tecnologías de exploración e impresión, del uso de redes digitales para la transmisión facsímil y del trabajo de normalización del Grupo IV (Facsímil) durante el período de estudio del CCITT 1980-1984.

**Figura 8**  
Impresión artística de un terminal portátil de videotex con acoplamiento acústico.

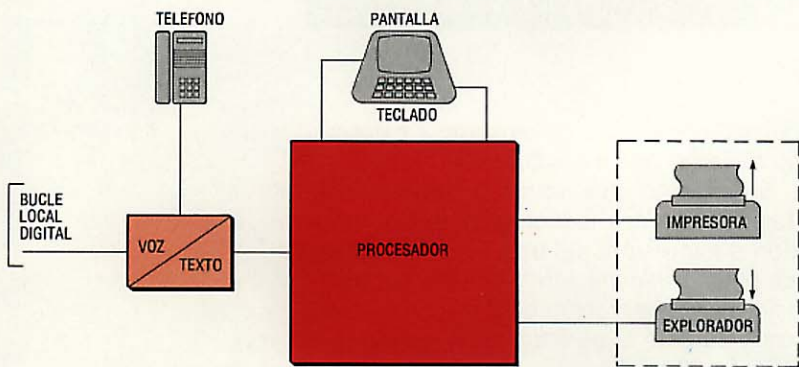


**Figura 9**  
Terminal público videotex diseñado por SEL.



**Figura 10**  
Prestación de servicios futuros de oficina utilizando terminales separados.

FACILIDAD	MAQUINA DE ESCRIBIR	TELEX TELETEX	FACSIMIL	TELEFONO	VIDEOTEX IMPRESORA	COPIADORA
TECLADOS ALFANUMERICOS	•	•			•	
UNIDADES DE IMPRESION	•	•	•		•	•
PANTALLAS		•			•	
INTERFAZ DE COMUNICACION		•	•	•	•	



**Figura 11**  
Posición de operación integrada que ofrece todos los servicios mostrados en la figura 10. Las ventajas de esta solución son: comunicación simultánea y económica, operación local ininterrumpida, fácil operación (incluyendo asistencia al operador), comunicación cruzada, menor ocupación de planta y una mejor presentación.

**Integración de las funciones del terminal**

Durante la fase intermedia, la introducción independiente de nuevos servicios conducirá a una acumulación confusa de equipo terminal en aquellas oficinas en que sea deseable el acceso a tales servicios. Los terminales pueden ser desarrollados por distintos fabricantes, en diferentes estilos y colores, y probablemente necesitarán mucho espacio; algunos de ellos podrían requerir un entrenamiento especial del operador. Además, tal colección de terminales será anti-económica, por duplicarse muchas subunidades periféricas (Fig. 10). La tendencia a largo plazo en el desarrollo de terminales será, por tanto, integrar las funciones, así como los servicios. La figura 11 muestra una solución integrada capaz de realizar las mismas funciones que la colección de terminales de la figura 10. Ejemplos de funciones locales son las copias, el proceso de textos, la mecanografía del correo ordinario, edición gráfica y la combinación de texto y gráficos. Por el contrario, la transmisión y recepción de facsímil y tele-

tex, el diálogo con el ordenador a través del videotex y la comunicación mixta de texto y gráficos, son funciones típicas de comunicación. En el futuro, los canales digitales tendrán capacidad para la transmisión simultánea de voz, texto y gráficos. En el desarrollo de las posiciones de operación que utilicen la integración de servicios y funciones, se dedicará una gran atención a la ingeniería de los factores humanos, con objeto de transformar las posibilidades técnicas en un entorno agradable para el usuario.

**Referencia**

1 T. Murawski: Servicio FAXPAK de transmisión de facsímil con almacenamiento y reenvío. *Comunicaciones Eléctricas*, 1979, volumen 54, nº3, págs. 272-276.

**Bernhard Cramer** nació en Giessen en 1930. Estudió telecomunicación en la Universidad de Darmstadt y en 1957 obtuvo el grado de Dipl.-Ing. En 1964 se doctoró con una tesis sobre acústica de la voz. Ingresó entonces en SEL y en 1966 fue nombrado jefe de desarrollo de la división de fabricación de equipos terminales de datos, siendo responsable del desarrollo de teleimpresores electrónicos y terminales para comunicación de oficinas. Recientemente dejó SEL para ocupar un puesto en la Universidad Técnica de Darmstadt.

**John Winterbotham** nació en Sussex, Inglaterra, en 1945. En 1967 obtuvo su grado BSc en ingeniería en la Universidad de Cambridge, especializándose en electrónica como postgraduado y obteniendo el grado MSc en 1970. En 1968 ingresó en la división de transmisión de STL, como diseñador de circuitos analógicos; pasó después al control por ordenadores y más tarde al campo de proceso de señales digitales. Trabajó en proyectos sobre MDF analógica y digital, receptores de señalización multifrecuencia y supresión digital de eco. En 1979 el Sr. Winterbotham fue nombrado jefe del nuevo departamento de terminales de datos, donde es responsable de los aspectos técnicos y de gestión en este campo.



# Características del aparato de abonado digital en la red telefónica del futuro

La digitalización esperada de la red de comunicación hasta el mismo abonado, hace necesario considerar varios aspectos nuevos de transmisión, hasta ahora desconocidos, en el área de abonado.

**L. Gasser**

**G. Rahmig**

**K. Széchényi**

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

## Introducción

La RDSI (red digital de servicios integrados) no sólo ofrecerá una gama de servicios integrados en una red común, sino que además traerá consigo varias ventajas como resultado del uso de las técnicas digitales. Un ejemplo de aquéllas será la considerable mejora en la calidad de transmisión de las conexiones regionales, nacionales o internacionales, que utilizan técnicas digitales en todo su recorrido.

Las secciones nacionales e internacionales de las líneas de comunicación, tanto en telefonía como en datos, han alcanzado ya un nivel excepcionalmente alto de calidad de transmisión. Los empeoramientos observados están causados principalmente por las secciones regionales y locales y, en la mayoría de los casos, por las líneas de abonado o los terminales. Por razones económicas no se han sustituido tales secciones de línea por otras a 4 hilos, y sólo en casos especiales se han cargado las líneas de 2 hilos o se les ha añadido amplificadores para lograr la compensación. Sin embargo, como consecuencia de la digitalización de las secciones de línea de abonado, su calidad mejora y se equipara a la de los niveles más altos de la red, ya que se eliminan las pérdidas y se ecualiza la respuesta en frecuencia.

Para minimizar los deterioros (por ej., ecos) causados por los terminales a 2 hilos, se necesitan híbridas que conviertan de 2 a 4 hilos, separando las transmisiones de recepción y emisión. Sin embargo, la impedancia de las líneas no puede equilibrarse enteramente en la híbrida del terminal, por lo que sólo se obtiene una separación imperfecta, con los deterioros de transmisión correspondientes en muchos casos. Por el contrario, la digitalización de los terminales eliminará cualquier interacción entre las señales transmitida y recibida.

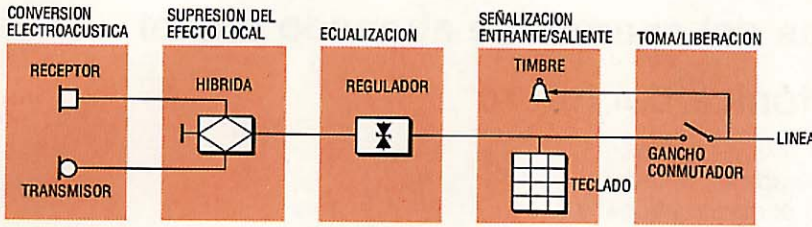
En la red RDSI, los terminales de abonado incorporarán más funciones, cuyo número realmente dependerá de los servicios requeridos del terminal y variará de un abonado a otro. Por tanto, es importante que la transición hacia la plena capacidad de servicios sea gradual, permitiendo una solución económica en cada caso. En principio, las prestaciones actuales del aparato de teléfono bastarán para muchas aplicaciones futuras. Consecuentemente, en el porvenir próximo la sección de línea de abonado continuará usando técnicas analógicas. Si se requiere, sin embargo, un terminal más eficiente con varios servicios, se podrá usar una conexión digital.

Existen muchas soluciones futuras posibles que requieren normalización, debiéndose buscar con especial atención las que resulten económicas en el periodo de transición, que indudablemente durará varias décadas. Todos los problemas surgidos como consecuencia de lo anterior deben considerarse muy cuidadosamente; a ello pretende contribuir este artículo. En él se tratan los aspectos de las técnicas de transmisión que están relacionados con la digitalización del sector del abonado y se someten a discusión las posibles características<sup>1, 2, 3</sup>. Se muestra que, si bien los terminales digitales tendrán estructuras complejas por encargarse de varias funciones hasta ahora realizadas por el centro de conmutación, la demanda de tales funciones no será excesivamente alta, ya que éstas sólo precisan satisfacer las necesidades del sistema local de abonado y esto generalmente sólo ocurre una vez en la conexión.

## Funciones básicas del terminal digital de abonado

Para asegurar la flexibilidad requerida de un terminal multiservicio conectado





**Figura 1**  
Funciones básicas de un aparato de abonado convencional con circuitos analógicos.

a la RDSI, es esencial que tenga una estructura modular. Esto reducirá al mínimo la circuitería necesaria para ofrecer los servicios exigidos de cada terminal concreto. Se supone que las funciones telefónicas básicas siempre serán necesarias. Por ello, al llegar la digitalización hasta el propio abonado, varias funciones relacionadas con la conversión analógico/digital no se necesitarán ya en el centro de conmutación, y serán transferidas al terminal. Las figuras 1 y 2 muestran una comparación de las funciones telefónicas requeridas en el aparato convencional y en el digital. El desplazamiento de la conversión analógico/digital hasta el abonado hace posible el acceso a la RDSI a través de un bucle digital de abonado, y por otra parte trae consigo la exigencia de un procedimiento de señalización eficaz que pueda utilizarse en varios tipos de servicios. Además, se necesitarán otras funciones auxiliares, como la conversión de 4 a 2 hilos si el teléfono digital va a ser conectado a una central local por línea a 2 hilos. La utilización del bucle digital de abonado, junto con la conversión de 4 a 2 hilos, capacitará al terminal para prestar varios servicios simultáneamente sobre un par de hilos, lo que implica un ahorro en líneas.

Hay ya organismos nacionales e internacionales que trabajan en la preparación de las líneas maestras de la red RDSI, y se ha empezado a debatir en el seno del CCITT cuáles son las funciones básicas requeridas para la transmisión de voz, como aspecto importante en las especificaciones del aparato telefónico digital.

Sin duda sería deseable que los aparatos de teléfono tuviesen interfaces normalizados dentro de un área administrativa,

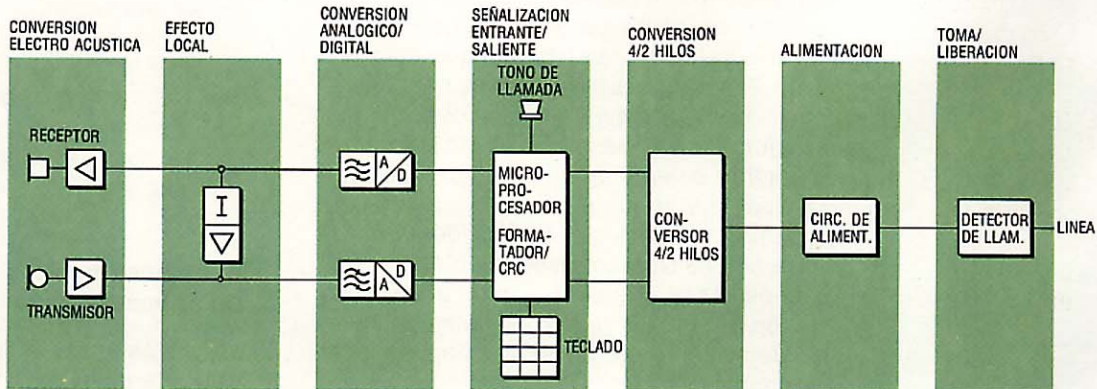
o incluso a nivel mundial. También que estos aparatos pudiesen ser utilizados como terminales de abonado y como extensiones. La alimentación para las funciones básicas telefónicas debiera proceder del centro de conmutación, con lo que, en caso de fallo en el suministro local, el tráfico telefónico podría continuar. Esto es cierto, al menos, cuando la línea telefónica digital sea de conductores metálicos, pero habrá de reconsiderarse si se utilizan cables de fibra óptica.

Si se consideran una a una las funciones indicadas en la figura 2, no parece aconsejable especificar los bloques aisladamente. Ello dificultaría mucho la combinación de las funciones en circuitos integrados a gran escala. Es importante, no obstante, que las características globales de transmisión satisfagan los requisitos de calidad deseados. En principio, por tanto, sólo debería especificarse lo siguiente: equivalentes de referencia, respuesta en frecuencias global, variación de ganancia en función del nivel de sonido, factor de distorsión, voltaje de ruido y estabilidad.

**Equivalentes de referencia del terminal digital de abonado**

El equivalente de referencia a la emisión (ERE), el equivalente de referencia a la recepción (ERR) y el equivalente de referencia del efecto local (EREL) están determinados por los parámetros de los convertidores acústicos, los amplificadores de adaptación, y en parte por los filtros de paso banda (Fig. 2).

Desde el punto de vista de la transmisión, el diseño de los aparatos de teléfono debe garantizar no sólo una transmisión de voz intachable, sino también que en la etapa final de una red totalmente digitalizada estos aparatos terminen y establezcan el canal de transmisión a 4 hilos. Esto se aplica tanto a los aparatos telefónicos de las centrales locales como a los de las centralitas. Consecuentemente, los requisitos para ambos tipos son idénticos



**Figura 2**  
Funciones básicas de un aparato de abonado digital.



y para su cumplimiento habrán de satisfacerse algunas condiciones resultantes de la naturaleza mixta de la operación analógico/digital, al mismo tiempo que se consiga una transmisión óptima para las conexiones totalmente digitales.

**Condiciones fundamentales**

De las recomendaciones producidas por el CCITT, las siguientes son esenciales para el equivalente de referencia:

– De acuerdo con la Recomendación G.121, los equivalentes de referencia nacionales para un país de tamaño medio, relativos al nivel virtual de transferencia internacional a  $-3,5$  dB, no deben exceder de\*: EREC = 25 dB; ERRC = 14 dB, de lo que se deduce que, para presentar las mismas condiciones en ambas direcciones, se debería mantener la diferencia EREC-ERRC,  $25$  dB  $-$   $14$  dB =  $11$  dB.

– Según la Recomendación G.121 C, el equivalente corregido de referencia a la emisión, referido al nivel virtual internacional de  $-3,5$  dB, no debería ser menor que  $7$  dB, considerando un factor de corrección D.

– De acuerdo con la Recomendación G.121 E, el equivalente de referencia del efecto local en el aparato de teléfono valdrá al menos  $17$  dB, con objeto de asegurar una transmisión de voz intachable, incluso en condiciones ambientales desfavorables.

– Conforme a la Recomendación G.111 C.b, el valor óptimo del equivalente de referencia global de una conexión debería ser de unos  $7$  dB.

Estos valores de equivalentes de referencia, fijados por el CCITT, están referidos al sistema NOSFER (Nouveau Système Fondamental Européen de Référence pour la Transmission Téléphonique). Son aproximadamente  $6$  dB más altos en la dirección de emisión y  $2$  dB más altos en la dirección de recepción que los correspondientes valores en el sistema OREM. Si se dan equivalentes de referencia nacionales medidos en OREM, se habrán de corregir adecuadamente los anteriores valores de equivalentes.

**Dimensionado de los ERE, ERR y EREL**

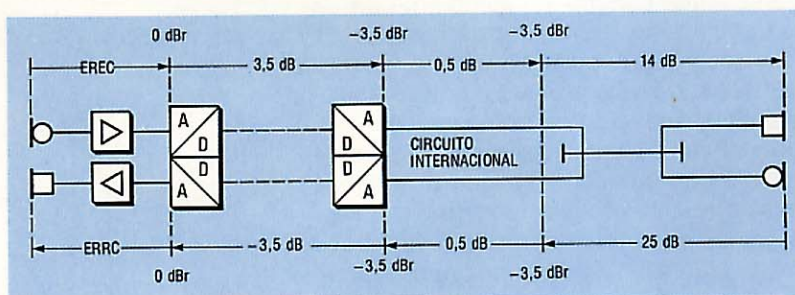
Para el dimensionado del aparato de teléfono digital se supone que a la entrada y salida analógica del codec en dicho aparato habrá un nivel relativo (quizás ficticio) de  $0$  dBr. En una conexión internacional entre un teléfono digital y otro analógico,

resulta la configuración expuesta en la figura 3. Se puede ver que, para tener el mismo equivalente de referencia en ambas direcciones, se cumple la condición siguiente:

$$\begin{aligned} \text{EREC} + 18 \text{ dB} + D &= 22 \text{ dB} + \text{ERRC} + D \\ \text{o bien} \\ \text{EREC} - \text{ERRC} &= 4 \text{ dB.} \end{aligned}$$

En el caso de una conexión totalmente digital entre dos abonados digitales, se debería tener un equivalente de referencia total de  $7$  dB, con objeto de garantizar unas condiciones óptimas de transmisión. Como predominan los niveles relativos de  $0$  dBr en el interfaz analógico/digital del aparato de abonado, de acuerdo con las condiciones anteriores el camino de transmisión tendrá un equivalente de referencia de  $0$  dB, por lo que de la segunda de ellas resulta:

$$\begin{aligned} \text{EREC} + \text{ERRC} + D &= 7 \text{ dB} \\ \text{EREC} + \text{ERRC} &= 10,9 \text{ dB.} \end{aligned}$$



De las condiciones anteriores, se deduce para un teléfono digital:

$$\begin{aligned} \text{EREC} &= 7,5 \text{ dB} \\ \text{ERRC} &= 3,5 \text{ dB.} \end{aligned}$$

Este dimensionado, relativo al punto de conmutación virtual internacional, determina un equivalente de referencia a la emisión nacional de  $7,5$  dB +  $3,5$  dB =  $11$  dB, lo que significa que la Recomendación G.121 C del CCITT también se cumplirá, en cuanto a un equivalente de referencia a la emisión mínimo de  $7$  dB.

El camino de efecto local también puede ser calculado en base a estos valores. Para obtener un equivalente de referencia de efecto local de  $17$  dB, se obtiene una atenuación de  $a_{EL} = 6$  dB de las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} \text{EREL} &= \text{EREC} + a_{EL} + \text{ERRC} \\ \text{o sea,} \\ a_{EL} &= \text{EREL} - \text{EREC} - \text{ERRC} \end{aligned}$$

que debe insertarse entre los puntos de  $0$  dBr. Esta pérdida debería introducirse en la dirección de emisión a recepción solamente, para evitar tener un camino

**Figura 3**  
Pérdidas en una llamada internacional.

\* EREC, ERRC: ERE corregido, ERR corregido según el CCITT, libro amarillo, volumen III-1, Ginebra, 1980.



de realimentación adicional en la conexión interurbana amplificada de 4 hilos (ver figura 3).

Los parámetros de transmisión de un teléfono digital, deducidos anteriormente, se resumen de nuevo en la figura 4. Con estos valores se garantiza el cumplimiento de todas las recomendaciones aplicables del CCITT y se asegura que serán óptimas las condiciones de transmisión para conexiones telefónicas completamente digitalizadas.

**Consideraciones sobre la transición**

Como se ha explicado previamente, puede resultar conveniente la utilización de sistemas digitales de abonado, como los teléfonos digitales, con transmisión digital en la línea, incluso en el caso de que la central local sea aún del tipo convencional, con conmutación analógica. Lo dicho es de especial aplicación al caso de las redes de centralitas privadas automáticas, cuya digitalización puede realizarse antes e independientemente de la central local. La razón para introducir dicha técnica no solamente es que permite el uso, con fines distintos a la telefonía, del canal separado de señalización de un sistema de transmisión digital, sino también en que con tal sistema de transmisión resulta posible homogeneizar las pérdidas en el área de abonado. Se puede evitar, además, el amplio margen de atenuaciones de línea que se encuentra con los sistemas convencionales<sup>4</sup>, lo que implicará una calidad de transmisión total más uniforme y optimizada, teniendo en cuenta todas las conexiones posibles.

En el dimensionado de los equivalentes de referencia a la emisión y a la recepción del aparato de teléfono y del sistema de abonado, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

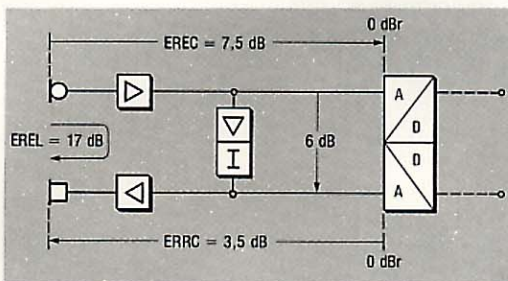
- El diseño de transmisión del aparato de teléfono digital debe permanecer sin cambio, como se explicó antes, con objeto de evitar las modificaciones al pasar de centrales locales convencionales a digitales.
- Los equivalentes de referencia a la emisión y a la recepción del aparato telefónico y la línea digital de abonado (incluyendo una centralita digital cuando se precise) deberían tener los mismos valores que los de las líneas de abonado de distancia media del sistema analógico existente.

A continuación se expone un ejemplo del dimensionado de la red de línea de abonado de la Administración alemana, siguiendo las anteriores condiciones.

Considerando las directrices sobre el uso de transmisores y receptores telefónicos y de acuerdo con los equivalentes de referencia de las líneas de abonado (con las características de los teléfonos usados), resultan los siguientes márgenes para el ERE y ERR:

ERE: 8,2 dB a 16,2 dB  
 ERR: -1,8 dB a 6,2 dB.

Teniendo en cuenta las líneas artificiales que utiliza la Administración alemana, en combinación con líneas cortas de abonado, resulta una longitud media de la línea de abonado de 2,4 km, de lo que se deducen unos equivalentes de referencia medios de:



**Figura 4**  
 Equivalentes de referencia para un aparato de abonado digital.

$\overline{EREC} = 12,0 \text{ dB}$  y  $\overline{ERRC} = 0,0 \text{ dB}$ .

Sin olvidar los equivalentes de referencia a la emisión y a la recepción  $EREC = 7,5 \text{ dB}$  y  $ERRC = 3,5 \text{ dB}$ , deducidos anteriormente para el teléfono digital, y con objeto de mantener las cifras del equivalente de referencia medio para el sistema de abonado, la dirección de emisión debe atenuarse 4,5 dB y la dirección de recepción debe amplificarse 3,5 dB. La atenuación y la ganancia deben introducirse en el circuito analógico de conversión de 2 a 4 hilos, en el lado de la central local, si, como se estableció anteriormente, se suponen niveles relativos de 0 dBr en los interfaces analógico/digital. Estos resultados se muestran en la figura 5.

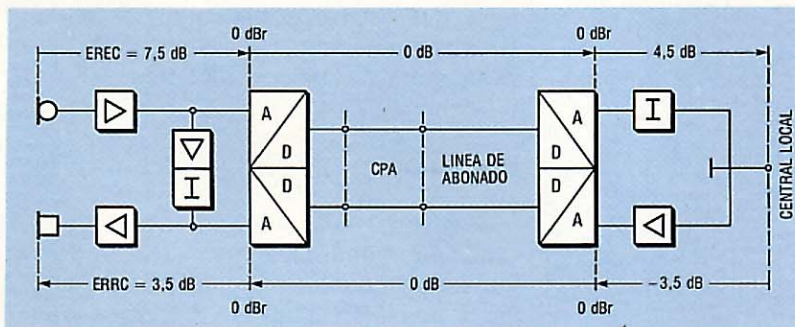
Tomando como base este ejemplo, es posible obtener un dimensionado análogo para cualquier red nacional. Incluso en el caso de las centralitas privadas automáticas digitales, donde no se necesita el canal de señalización independiente y por lo tanto podría emplearse una línea de abonado a 2 hilos sin compensación, debe de nuevo indicarse que, en vista de la posibilidad de homogeneización de atenuaciones en el sistema de abonado, de las restricciones más exigentes sobre el efecto local<sup>5</sup>, y anticipándose a la operación totalmente digital, debería utilizarse un sistema a 4 hilos.



**Respuesta en frecuencia**

En los aparatos de abonado actuales es preferible usar las frecuencias más altas en la dirección de emisión, puesto que se ha de compensar la distorsión de pérdidas de la línea de abonado y hay que atenuar el ruido ambiente, en el que predominan las frecuencias bajas. En el futuro, la primera razón no existirá; la respuesta en frecuencia en la banda de voz podrá en el teléfono digital ser más plana en la dirección de emisión, ya que se habrá eliminado la distorsión de pérdidas en la línea de abonado. Por otra parte, será necesaria una limitación de banda a 4 kHz para permitir el muestreo y la codificación dentro del límite digital de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . Parece que bastará con proporcionar puntos de medida en la entrada/salida digital del codec para que puedan conectarse instrumentos adecuados de medida y de esta forma comprobar la respuesta en frecuencia global en las direcciones de emisión y recepción.

El perfil de respuesta en frecuencia puede obtenerse de los requisitos aplicables de la Recomendación G.711 (ver figura 6). En dicha Recomendación se supone que pueden tener lugar hasta 14 conversiones analógico/digital en una conexión internacional. De hecho, el teléfono digital se usará económicamente en la mayoría de los casos en la red RDSI, donde la conversión analógico/digital ocurre solamente dos veces por realizarse en los aparatos de abonado. La consecuencia es que podrán aceptarse mayores tolerancias en la respuesta en frecuencia, lo que favorecerá el desarrollo de circuitos LSI más económicos. Las exigencias sobre la respuesta en frecuencia, como la inclinación del flanco, rizado y las características resultantes de distorsión de fase y retardo de grupo, estarán probablemente determinadas por la calidad que requiere la transmisión de datos "analógica" en la banda vocal, y no por la transmisión de voz. Los módems actuales se han de poder conectar a las entradas/salidas analógicas del teléfono digital, por lo que jugarán un papel decisivo en la especificación de los requisitos. Aun en el caso de que tales requisitos fuesen orientados a la transmisión de datos, estaría justificado ampliar 2 ó 3 veces la tolerancia que permite el perfil de respuesta en frecuencia mostrado en la figura 6. También se reducirían las exigencias sobre la inclinación del flanco y la distorsión de retardo de grupo. El resultado será una enorme mejora en la calidad de la conexión RDSI comparada con la red telefónica actual, permitiendo además el empleo de circuitos económicos.

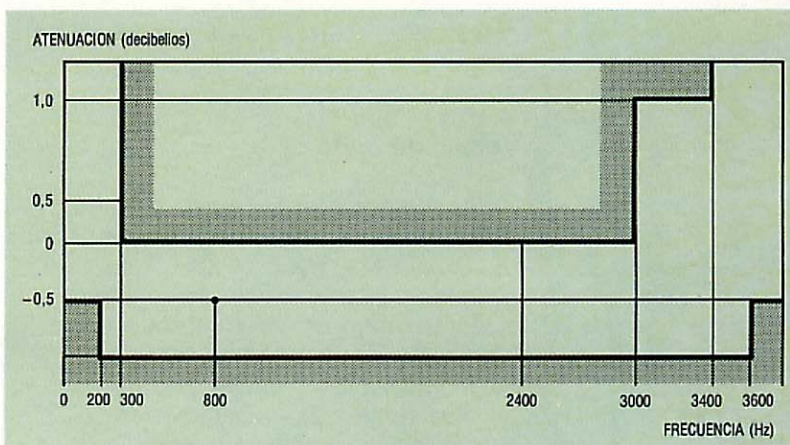


**Variación de la ganancia en función del nivel de entrada**

La dependencia de la amplitud respecto al nivel de sonido de la voz es una medida de la capacidad de reproducción de un nivel dado  $P_s$ . Por ejemplo, un nivel  $P_{s1}$  a la entrada del micrófono o a la entrada eléctrica del convertidor analógico/digital produce una secuencia de bitios a la salida del codificador, correspondiente al nivel  $P_{s1}$ . Si este nivel se reduce hasta  $P_{s2}$  (por ejemplo, en 10, 15, 20... dB), la secuencia de bitios producida debe también corresponder al nivel disminuido  $P_{s2}$ , siendo la desviación no deseada,  $\Delta P$ , la medida de la dependencia de amplitud especificada (de forma análoga  $\Delta P$  se especifica también para la dirección contraria). Puesto que una red digital no tiene pérdidas ni distorsión de pérdidas, no serán críticos los límites de las fluctuaciones causadas por el aparato de abonado digital hacia niveles más bajos. Por tanto, podrían admitirse desviaciones de varios dB (ej. -2 ó -3 dB). Si las desviaciones hacia los niveles más altos son demasiado grandes, existirá el peligro de sobrecarga en el codificador. Sin embargo, no ocurrirá un deterioro considerable de la voz, incluso aunque se limite la amplitud de algunos picos. Si se ha de considerar la transmisión de datos, es posible reducir el nivel de emisión de los módems, evitando así

**Figura 5**  
Adaptación de pérdidas del sistema de abonado digital a la red telefónica analógica.

**Figura 6**  
Atenuación en función de la frecuencia según la Recomendación G.711 del CCITT.





tener que establecer un límite. Consecuentemente, estaría justificado permitir desviaciones  $\pm 1P$  de varios dB.

### Distorsión

Si la conversión analógico/digital se utiliza solamente para la transmisión de voz en el aparato de abonado digital, el factor de distorsión global producido por el equipo (de analógico a digital/digital a analógico) no será crítico. Por una parte, una distorsión de escaso porcentaje durante la transmisión de voz apenas se percibe y, por otra parte, mantener la distorsión por debajo del 5% no representa ningún problema técnico. Como comparación, indicaremos que actualmente se admite una distorsión del 3% por sección de portador telefónico, siendo ocho el número máximo permitido de secciones en la red nacional. Se tendrían que fijar unos requisitos algo más exactos si tuvieran que utilizarse módems junto con los convertidores analógicos/digitales: entonces las características de distorsión habrían de deducirse de los requisitos aplicables, pero incluso en este caso se sigue verificando que una distorsión de un pequeño porcentaje no aumenta la tasa de errores de bitio. Podría admitirse, por consiguiente, un pequeño factor de distorsión (típicamente no mayor del 5%), en el centro del margen de modulación del codificador. En los extremos de dicho margen, la distorsión aumentará más rápidamente que con el equipo convencional: si se alimentan al codificador niveles demasiado altos, por medio de un micrófono o una entrada de datos analógica, el codificador no será capaz de codificar y transmitir los voltajes de pico, de lo que resultará una distorsión mayor. En el límite inferior de modulación, la señal de voz o datos se confundirá con el ruido de cuantificación. Esto sucedería principalmente durante la codificación de los niveles bajos procedentes de la red telefónica analógica; sin embargo, debido al progreso en la digitalización de la red, estos casos ocurrirán cada vez menos frecuentemente.

### Voltaje de ruido

Los requisitos básicos para el ruido pueden obtenerse de las recomendaciones del CCITT. Mientras que el aparato de abonado digital no tenga una fuente de alimentación propia, el cumplimiento de tales requisitos básicos no presentará ninguna dificultad y estará determinado principalmente por los parámetros de cuantificación establecidos en la G. 712

del CCITT. Si las características de prestaciones adicionales obligasen a tener una fuente de alimentación propia, los requisitos del voltaje de ruido dependerían fundamentalmente de la demanda sobre dicha fuente. Aún se necesita más experiencia en el comportamiento de circuitos LSI concretos, por lo que respecta a la generación y captación de ruido debido a influencias del entorno electromagnético. En esta categoría pueden incluirse otros equipos terminales de abonado, como los teleimpresores, equipos de entrada de datos y ordenadores de sobremesa.

### Estabilidad

Si los equivalentes de referencia ERE y ERR se seleccionan siguiendo las recomendaciones anteriores, y las respuestas en frecuencia del filtro y de los convertidores electroacústicos tienen el rizado aceptable recomendado, no habrá peligro de inestabilidad para una conexión de voz en la red RDSI. Además de ello, cualquier canto causado por inestabilidad en el canal MIC de una línea, no dañará a los canales adyacentes de ningún modo, a diferencia del canto originado en secciones de frecuencias portadoras.

### Conclusiones

Se ha intentado estimar los requisitos de transmisión del aparato de abonado digital del futuro. Se ha demostrado que la calidad de transmisión de la voz en la RDSI puede mejorarse considerablemente con respecto a la red telefónica actual. Aunque los circuitos del aparato de abonado digital sean más complejos, existe la posibilidad de encontrar soluciones económicas, ya que las funciones transferidas desde el centro de conmutación al aparato de abonado, y que son en parte las responsables de su complejidad, tienen como consecuencia unas menores exigencias de transmisión. Estableciendo como requisito previo que la conversión analógico/digital en la red RDSI sólo se realice en el equipo terminal, se eliminan las fluctuaciones y la distorsión de pérdidas en la red de línea de abonado y los equivalentes de referencia pueden dimensionarse de modo óptimo.

### Referencias

- 1 L. Gasser y K. Széchényi: Raumvielfach oder Zeitvielfach – Sprechwegdurchschaltung in modernen Nebenstellenanlagen? *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, junio 1978, volumen 31, nº 6, págs. 430 – 435.



- 2 M. E. Collier, G. Williams, y S. M. Schreiner:  
La evolución hacia las redes telefónicas totalmente digitales. Planes de atenuación y comportamiento: *Comunicaciones Eléctricas*, 1978, volumen 53, nº4, págs. 288–299.
- 3 L. Schweizer: Voice-Frequency Transmission Planning in the Digital Telephone Network and the Mixed Analog-Digital Network: *Telecom Report*, septiembre 1979, volumen 2, nº3, págs. 185–193.
- 4 K. Stegmann, Vergleichende Untersuchungen der Struktur und der Entwicklung der Fernsprechnetze in der Europäischen Gemeinschaft: *Revue Officielle de la Fédération des Ingénieurs des Télécommunications de la Communauté Européenne (FITCE)*, mayo–junio 1976, volumen 15, nº3, págs. 37–47.
- 5 L. Gasser y A. Van de Laar: Un método de análisis del equilibrado del efecto local en los aparatos de abonado: *Comunicaciones Eléctricas*, 1976, volumen 51, nº3, págs. 196–199.

**Lorenz Gasser** nació en Yugoslavia en 1927. Desde 1944 a 1950 trabajó en una mina en la Unión Soviética. A continuación estuvo empleado en una estación de energía en Wurtemberg durante 3 años. Posteriormente estudió en el Staatliche Ingenieurschule, en Frankfurt am Main, y en 1956 se graduó como ingeniero de telecomunicaciones. Ese mismo

año ingresó en SEL, donde trabajó en el desarrollo de diversas técnicas de transmisión y conmutación. Actualmente es jefe del laboratorio de transmisión y pre-desarrollo del Grupo de Comunicaciones Privadas.

**Gunther A. W. Rahmig** nació en Erfurt, Alemania, en 1928. En 1965 recibió el grado de Dipl.-Ing. en telecomunicaciones en la Universidad Técnica de Stuttgart. En 1946 ingresó en SEL como técnico, mientras realizaba sus estudios, y después de su graduación fue asignado al laboratorio de transmisión de audiofrecuencia, donde trabajó en perfeccionar la calidad de conversación y en los procedimientos de señalización con frecuencias vocales. Desde 1972 ha sido jefe de este laboratorio. El Sr. Rahmig es miembro de varios comités del CCITT dedicados a las técnicas telefónicas mencionadas. Es miembro del NTG y presidente del grupo de trabajo ZVEI, sobre transmisión.

**Kálman Széchenyi** nació en 1944 en Gyöngyös, Hungría. Estudió electrónica en la Universidad Técnica de Budapest, graduándose en 1968. Después de trabajar durante dos años en el Instituto de Investigación de Física Técnica de la Academia de Ciencias húngara, ingresó en SEL en 1971. Actualmente es jefe de un grupo dedicado a las técnicas teóricas de transmisión analógica para productos de telecomunicaciones.



### **Oficinas Editoriales**

La correspondencia relacionada con las diferentes versiones de Electrical Communication debe dirigirse al editor correspondiente:

Michael Deason  
Electrical Communication  
Great Eastern House  
Edinburgh Way  
Harlow, Essex  
England

René Thévin  
Revue des Télécommunications  
18-20 rue Grange Dame Rose  
78140 Vélizy-Villacoublay  
France

Otto Grewe  
Elektrisches Nachrichtenwesen  
Hellmuth-Hirth-Strasse 42  
7000 Stuttgart 40  
Deutsche Bundesrepublik

Antonio Soto  
Comunicaciones Eléctricas  
Ramírez de Prado, 5  
Madrid - 7  
España