

# Comunicaciones Eléctricas



**Volumen 59**  
**Número 1/2 · 1985**

# Comunicaciones Eléctricas

Edición española de ELECTRICAL COMMUNICATION  
Revista técnica publicada trimestralmente por ITT Corporation

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

Publicada desde 1922 en versión inglesa, se edita actualmente en cuatro idiomas y 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*  
Lester A. Gimpelson, Bruselas

*Editor, Comunicaciones Eléctricas*  
Antonio Soto, Madrid

*Editor, Electrical Communication*  
Michael Deason, Harlow

*Editor, Elektrisches Nachrichtenwesen*  
Otto Grewe, Stuttgart

*Editor, Revue des Télécommunications*  
Jean-Pierre Dartois, París

Publicado en 1 de abril de 1985  
© ITT Corporation, 1985

Las direcciones de los editores se dan en la página 247

---

## Central digital Sistema 12

---

Este número doble especial de *Comunicaciones Eléctricas* está dedicado a la central digital Sistema 12\*, que en verdad ha revolucionado el mercado de la conmutación.

Un número anterior de esta revista, publicado a principios de 1982 (volumen 56, nº 2/3), describía con algún detalle la arquitectura modular de control distribuido, red de conmutación, tecnología de componentes, programación, operación y mantenimiento, y otras características esenciales. En este número se da una explicación actualizada de cómo se han podido introducir nuevas tecnologías y desarrollar módulos para nuevos servicios y aplicaciones, manteniendo la arquitectura fundamental del Sistema 12, gracias a la "garantía de futuro" que ésta ofrece.

Se concede especial atención al papel del Sistema 12 en una RDSI futura, incluyendo las pruebas de campo de RDSI y los servicios piloto; asimismo se relatan las experiencias de instalación y operación de las primeras centrales Sistema 12 que han entrado en servicio.

Se examinan con algún detalle aplicaciones nuevas del Sistema 12, tales como la conmutación en banda ampliada, un sistema digital de comunicaciones de empresa, un conmutador para el sistema de satélites alemán y los sistemas de conmutación para radio móvil celular.

En las páginas 2 y 3 se presenta el índice completo de este número, el más extenso de los 62 años de historia de la publicación.

---

\* Sistema 12 es marca registrada de ITT.

---



---

**Central digital Sistema 12**

---

- 4 **Presentación**
- 6 **Estado del mercado,**  
J. Loeber
- 12 **Integración y experiencias de campo,**  
K. J. Hamer-Hodges, G. De Wachter y H. Weisschuh
- 20 **Revisión de los conceptos fundamentales,**  
R. Van Malderen
- 29 **Mejoras tecnológicas,**  
R. Cohen
- 35 **Arquitectura para el cambio,**  
R. H. Mauger
- 43 **Circuito de línea analógica,**  
J. M. Danneels y A. Vandeveldde
- 48 **Circuitos de enlace analógicos y digitales,**  
J. J. van Rij y P. Wöhr
- 54 **Puerto doble de conmutación,**  
W. Frank, M. C. Rahier, D. Sallaerts y D. C. Upp
- 60 **Programación,**  
G. Becker, R. S. Chiapparoli, R. S. Schaaf y C. Vander Straeten
- 68 **Garantía de calidad para programas de ordenador,**  
J. Nenz
- 74 **Control de sobrecarga de tráfico,**  
G. Morales Andrés y M. Villén Altamirano
- 80 **Mantenimiento del sistema de conmutación,**  
M. Beyltjens y P. Van Houdt
- 89 **Pruebas de campo RDSI en las redes belga, italiana y española,**  
F. Haerens, B. Rossi y J. Serrano
- 98 **Servicio piloto RDSI de la Administración alemana,**  
D. Becker y H. May
- 105 **Circuito de línea RDSI,**  
R. Dierckx y J. R. Taeymans
- 112 **Arquitectura del módulo de datos incluyendo operación con paquetes,**  
A. Chalet y R. Drignath
- 120 **Configuración del equipo de abonado de RDSI, terminación de red,  
teléfonos digitales, y adaptadores de terminal,**  
T. Israel, D. Klein y S. Schmoll
-

---

**Indice** (continuación)

---

- 127 **Transmisión a 144 kbit s<sup>-1</sup> por bucles digitales de abonado,**  
L. Gasser y H. W. Renz
- 131 **Técnicas de aplicaciones RDSI en banda ampliada,**  
S. R. Treves y D. C. Upp
- 137 **Conmutación para el sistema por satélite alemán,**  
K. Nigge, K. Rothenhöfer y P. Wöhr
- 145 **Central interurbana internacional de Acilia,**  
M. Della Bruna y F. Minuti
- 154 **Central local-tránsito de Aarhus,**  
J. A. Broux, P. Erlandsson y E. Rishøj
- 159 **Centrales interurbanas para la red alemana,**  
M. Langenbach-Belz
- 166 **Isla digital de Collado-Villalba,**  
A. Campos Flores y M. Fernández Moreno
- 174 **Aplicación de la unidad remota de abonados en la red noruega,**  
S. Husby y B. Vinge
- 179 **Sistema de comunicaciones de empresa ITT 5630,**  
A. Bessler, M. E. Edelman y L. Lichtenberg
- 188 **Evolución hacia la Red 2000 en Estados Unidos,**  
R. E. Pickett
- 195 **Papel del adjunto digital en el desarrollo de la red**  
J. E. Cox et R. E. Pickett
- 200 **Planificación de redes digitales,**  
P. A. Caballero, F. J. de los Ríos y F. Casali
- 207 **Centrales en contenedor,**  
D. Ardizzone y L. Peli
- 212 **Aplicaciones a radio móvil celular,**  
G. Adams, M. Böhm y K.-D. Eckert
- 220 **Redes de telecomunicación más allá del transporte en RDSI,**  
L. A. Gimpelson y S. R. Treves
- 228 **Hacia el futuro,**  
B. J. Fontaine
- 235 **Contribuyeron a este número**
- 241 **Abreviaturas**
- 243 **En este número**
-





*La fuerza del Sistema 12 reside en la versatilidad de su arquitectura: terminales dotados de control propio que pueden comunicarse a través de una red digital de conmutación. Tal estructura permite una total modularidad en equipos y programas, lo que a su vez asegura la flexibilidad necesaria para construir centrales de todos los tipos y tamaños, introducir nuevos servicios y aprovecharse de las tecnologías avanzadas.*

## Presentación

Cuando se publicó — hace tres años — el anterior número especial de *Comunicaciones Eléctricas* dedicado a las centrales digitales Sistema 12, el sistema estaba al borde de su realización práctica a plena escala. En los años transcurridos, esta revolucionaria arquitectura de la cuarta generación, con el control distribuido, ha satisfecho las expectativas iniciales, como lo demuestran las experiencias de campo en más de 25 centrales de ocho distintos países y el volumen de adjudicaciones, que sobrepasa los 11 millones de líneas equivalentes repartidas en 19 países.

Lo que garantiza ante el futuro al Sistema 12 es su intrínseca adaptabilidad a los avances tecnológicos, aprovechándose de ellos para mejorar prestaciones y añadir nuevos servicios, siempre de un modo gradual y aditivo. La instalación, pruebas de campo y operación de las centrales, así como las negociaciones con administraciones, han alumbrado nuevas ideas sobre cómo utilizar y potenciar el Sistema 12, ayudando a clarificar las necesidades que surgen al irse realizando el concepto de RDSI en las redes de telecomunicación mundiales. Así, los últimos años han presenciado una serie de cambios en detalles y el desarrollo de módulos nuevos para una expansiva gama de aplicaciones. Esta revolución, por supuesto, ha respetado la arquitectura básica de control distribuido, cuya esencial novedad realza notablemente la rapidez de su logro.

Hoy en día, varias centrales Sistema 12 cumplen más de dos años de funcionamiento y durante ese tiempo han demostrado un excelente comportamiento general, con elevados valores de disponibilidad (más de 0,9999 en las centrales del Deutsche Bundespost). En todo momento los resultados han atestiguado la impresionante resistencia a los fallos de la arquitectura distribuida del control; no obstante, la experiencia de campo ha aconsejado introducir pequeños ajustes en el sistema, posibles gracias a la modularidad intrínseca de los circuitos y los programas.

Un aspecto a mejorar ha sido la provisión de nuevos servicios y facilidades, que incluyen la señalización por canal común CCITT n°7, las posiciones digitales de operadora, unidades remotas de abonado, un centro de servicios de red, así como mayores medios para comunicación hombre-máquina que facilitan aún más la explotación. Se ha incorporado también la capacidad de conmutación de paquetes, y se ha probado con éxito en el laboratorio la conmutación en banda ampliada, basada en conmutar múltiples canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  asociados (hasta  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$ ). Esta posibilidad de realizar una RDSI de banda ampliada utilizando la red existente coloca al Sistema 12 en la vanguardia del proceso de evolución de la red.

Naturalmente, se han aprovechado los avances conseguidos en tecnologías VLSI. Se utilizan ahora más circuitos VLSI y menos híbridos, los circuitos integrados de alto voltaje han reemplazado a los relés, y se ha introducido una nueva RAM de 256 k-octetos. El resultado ha sido un mejor comportamiento, menor consumo y disipación de calor y un volumen de empaquetamiento más reducido. Un bastidor de líneas analógicas puede ahora contener 1024 líneas, con ocho líneas por placa de circuitos analógicos, con lo que se ha mejorado el aprovechamiento del espacio disponible en las centrales.

Desde un principio, el Sistema 12 se orientó hacia aplicaciones locales, interurbanas, rurales, combinadas local/tránsito y local/tándem; al mismo tiempo se fijó como premisa básica de diseño la evolución hacia la RDSI. A este respecto, hay que resaltar el éxito de las



pruebas de campo del Sistema 12 en RDSI verificadas en Italia, y la inminencia de pruebas similares y servicios piloto en varios otros países. Gracias a estas pruebas, las administraciones de telecomunicación e ITT adquieren una valiosa experiencia en RDSI.

Emergen con rapidez nuevas aplicaciones, tales como los sistemas de radio móvil celular, un sistema de conmutación para satélites, y un sistema de comunicaciones de empresa (centralita digital) basado en la arquitectura del Sistema 12 y que utiliza muchos módulos de circuitos y programación comunes. Además, en los Estados Unidos se están desarrollando una serie de "adjuntos" digitales Sistema 12 para añadirse a centrales analógicas convencionales, y así proporcionarles funciones y servicios de los que carecen y cuya incorporación sería de otro modo muy difícil. Uno de tales adjuntos en desarrollo es el punto de transferencia de señales, conmutador de alta velocidad para la señalización por canal común CCITT nº 7, el cual aportará nuevas oportunidades de beneficio a las administraciones que deseen introducir servicios tan sofisticados como la discriminación automática de las llamadas de un abonado en función de su categoría.

La tecnología del Sistema 12 es tan eficaz que pone al alcance aplicaciones muy apartadas de la conmutación tradicional. Un proyecto actual consiste en el desarrollo de potentes redes de área local susceptibles de convertirse en centrales privadas con acceso a la red pública (PBX). Se puede concebir la aplicación de esta tecnología a las comunicaciones de voz y datos distribuidas, como se necesita en bancos, fábricas u hoteles.

El Sistema 12 se está ya adaptando a las especificaciones de 19 países distintos, incluso de los Estados Unidos, cuyo mercado difiere tan sensiblemente de los demás. La modularidad de la arquitectura del Sistema 12 permite que tales adaptaciones las realicen equipos de expertos repartidos por todo el mundo: desde Taiwan (China) a EE.UU. y a Europa, proyectándose nuevos equipos en países como Turquía. Ello es así porque el Sistema 12 es un conmutador auténticamente internacional en su diseño y en su mercado. En las disputadas licitaciones internacionales, las administraciones de telecomunicación suelen considerar el Sistema 12 como la alternativa más avanzada entre los sistemas de conmutación que se ofrecen.

Los artículos de este número doble especial de *Comunicaciones Eléctricas* examinan todos los aspectos del Sistema 12 en el día de hoy, abarcando desde la evolución de equipo físico y programación, las experiencias de campo, RDSI, nuevos servicios y facilidades, hasta las nuevas aplicaciones y finalmente la orientación futura del Sistema 12, cuyo potencial todavía no aprovechado pretende explotar ITT para el bien de los usuarios de telecomunicación y de la industria mundial:



**C. Rivet**  
Vicepresidente  
ITT Europe, Bruselas



# Sistema 12

## Estado del mercado

Las características innovadoras de las centrales digitales Sistema 12 de ITT han asegurado su rápida aceptación por administraciones telefónicas de todo el mundo. La validez del concepto de control distribuido se ha demostrado ya en ensayos y pruebas de aceptación, y las centrales del Sistema 12 cursan actualmente tráfico real en varios países. Las pruebas de campo de RDSI están demostrando que los conceptos básicos de la central son aplicables tanto a telefonía como a servicios de datos.

### J. Loeber

ITT Europe Telecommunications and Electronics, Bruselas, Bélgica

### Introducción

Fuera de Estados Unidos, ITT es el mayor suministrador de equipos de telecomunicación del mundo, sobre todo en el campo de la conmutación pública. En particular, ITT es quien más equipos de conmutación pública suministra a las administraciones europeas. Sólo en 1983 fueron instaladas centrales hasta una capacidad aproximada de 3.000.000 de líneas y 250.000 enlaces. A lo largo de los años el equipo instalado por ITT asciende a unos 64 millones de líneas y 4 millones de enlaces.

El más reciente sistema de conmutación pública de la Compañía, el Sistema 12, ha completado su fase de diseño y es ahora un sistema enteramente probado cuya acepta-

ción internacional crece rápidamente. En efecto, las adjudicaciones para equipo del Sistema 12 han superado ya los 11 millones de líneas equivalentes\*, justamente tres años después de que la primera central de su género (Brecht, en Bélgica) comenzara a ser probada por la administración belga. Es justo decir que el Sistema 12 es un sistema de conmutación digital con enorme éxito en el mercado.

### Desarrollo del Sistema 12

El desarrollo del Sistema 12, el mayor proyecto emprendido por ITT, requirió la coordinación de todos los recursos de conmutación disponibles dentro de esta Compañía. Los primeros estudios indicaron que el desarrollo de una central digital basada en la arquitectura de los sistemas analógicos tradicionales, con control centralizado por programa almacenado, podría ser una solución fácil pero efímera. Por el contrario, ITT se decidió con plena consciencia a buscar una solución más definitiva, que pudiera sacar el máximo provecho de las nuevas tecnologías para construir las nuevas redes de telecomunicación y ofrecer los servicios que los abonados ya empezaban a reclamar. Resultado de ello es el Sistema 12, con sus conceptos de control distribuido y equipo físico modular.

Por ser la arquitectura del Sistema 12 radicalmente diferente de la de sus predecesores, ha exigido importantes desarrollos de nuevo equipo, incluyendo el diseño y producción de varios dispositivos especia-

Central típica del Sistema 12 con las puertas de los armarios desmontadas.



\* En noviembre de 1984





Edificio que aloja la central Sistema 12 en Seinäjoki, Finlandia.

les VLSI, muy complejos. Además, se han necesitado nuevos conceptos de programación para explotar plenamente las grandes posibilidades de la arquitectura de control distribuido.

La figura 1 muestra los seis principales Centros de Diseño de ITT participantes en el proyecto, que está coordinado por el ITC (International Telecommunications Center), en Bruselas. El ITC y estas casas de ITT reúnen en total unos 2.000 ingenieros y personal de soporte, que trabajan exclusivamente en el Sistema 12. Las adaptaciones para cada país y otros desarrollos específicos son realizados por las demás casas indicadas en la figura 1.

- Regie van Telegrafie en Telefonie (RTT), Bélgica
- Deutsche Bundespost, Alemania Federal
- Società Italiana per l'Esercizio Telefonico pa (SIP), Italia
- Azienda Statale Servizi Telefonici (ASST), Italia
- Compañía Telefónica Nacional de España (CTNE), España
- Norwegian Telephone Administration (NTA), Noruega
- PTT, Suiza

### Exito mundial del Sistema 12

La promesa encerrada en la nueva arquitectura del Sistema 12 ha sido reconocida por la comunidad mundial de telecomunicaciones, lo cual explica el éxito del Sistema 12 en los últimos años.

#### Europa Occidental

Sólo en este área las siguientes administraciones telefónicas han solicitado el Sistema 12 para digitalizar sus redes públicas nacionales, como primera etapa hacia una RDSI completa, capaz de prestar servicios telefónicos y de datos:

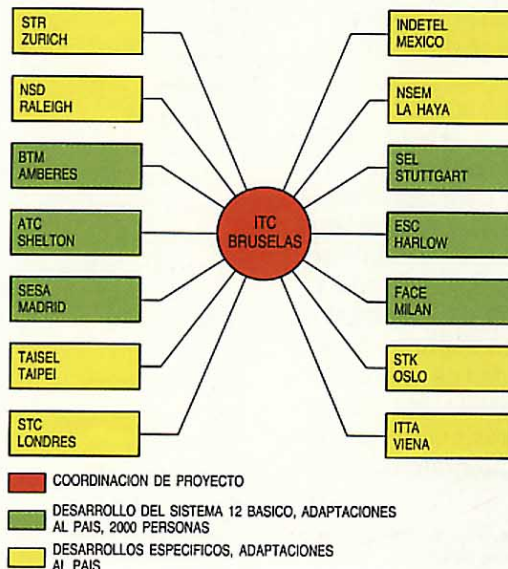


Figura 1 Casas ITT participantes en el desarrollo del Sistema 12, el mayor proyecto emprendido por ITT en toda su historia.



- Jydsk Telefon A/S, Dinamarca
- PTT, Finlandia
- Kuopio Telephone Company, Finlandia
- Kankaanpaa Telephone Company, Finlandia.

Alemania Federal, Noruega y Suiza fueron un caso típico de fuerte competencia entre suministradores de equipo de conmutación digital.

En Alemania, tras un proceso de elección de sistema quizás único por su alcance y complejidad, el Deutsche Bundespost adoptó el Sistema 12 como uno de los dos sistemas normalizados para su red. Considerando la tradicional práctica de esta Administración, de utilizar un sistema de conmutación único, la elección evidencia la confianza depositada en la arquitectura y prestaciones del Sistema 12.

En Noruega, la NTA eligió el Sistema 12 por ser el único sistema que satisfacía sus necesidades en conmutación digital (560.000 líneas equivalentes\*) para la red telefónica pública entre 1985 y 1988. Anteriormente, ITT había suministrado sólo la mitad del equipo para la red noruega.

La selección de la NTA se fundamentó en *tecnología y economía global*, destacando otras ventajas del Sistema 12, entre ellas su flexibilidad para la introducción de nuevos servicios y nueva tecnología y sus avanzadas características de operación y mantenimiento. En noviembre de 1983, el gobierno noruego ratificó oficialmente la decisión de la NTA y aumentó el pedido total de centrales Sistema 12 a 700.000 líneas equivalentes, cubriendo toda la gama de tamaños de central y niveles jerárquicos. Se incluyen desde grandes centrales interurbanas (p.ej., Oekern, con 12.000 enlaces interurbanos) hasta pequeñas centrales locales (varios centenares de líneas), así como unas 250 unidades remotas de abonado. Esto demuestra claramente que la arquitectura del Sistema 12 es capaz de abarcar toda la gama de aplicaciones de conmutación.

En diciembre de 1983 se anunció que Standard Telefon und Radio, la asociada suiza de ITT, participaría en un programa de 3.000 millones de dólares para digitalizar la red pública suiza de conmutación a lo largo de los próximos 20 ó 25 años. Al anunciar esta adjudicación, la administración suiza manifestó que, según sus propios criterios, el Sistema 12 era el preferido por su avanzada tecnología y su facilidad de integración en las redes telefónicas existentes. Se han recibido ya las dos primeras peticiones de centrales dentro de este programa.



Gran central local Sistema 12 instalada en Wuppertal para el Deutsche Bundespost.

#### Mercados internacionales

El Sistema 12 se ha convertido también en el producto más destacado fuera de Europa Occidental, con adjudicaciones en países tan distantes como México, la República Popular de China, Yugoslavia y Turquía.

Tabla 1 — Lista de adjudicaciones del Sistema 12 (octubre de 1984)

	Líneas equivalentes	Centrales
Bélgica	1.115.080	149
México	580.214	350
Alemania	453.610	51
Dinamarca	97.860	29
Italia	112.680	35
Finlandia	27.860	19
España	1.126.110	212
Venezuela	143.000	20
Nepal	23.750	18
Filipinas	8.000	4
Taiwan (China)	121.920	3*
Noruega	700.000	458
República Popular China	2.372.000	325
Yugoslavia	570.000	75
Suiza	19.840	2
Estados Unidos	19.600	2
Chile	3.600	1
Turquía	3.400.000	350
Colombia	16.000	2
Total	10.911.124	2.105

\* El número total de líneas equivalentes se obtiene sumando al número de líneas el doble del número de enlaces.

\* Incluye central local para pruebas de campo



**México:** En México, Telmex ha elegido el Sistema 12 para satisfacer el 75% de sus necesidades en conmutación digital pública (578.000 líneas equivalentes) entre 1982 y 1987. Inicialmente BTM (Bell Telephone Manufacturing Company) suministrará este equipo, pero después transferirá su fabricación a Indetel, la asociada de ITT en México.

**República Popular de China:** En estos últimos años los suministradores de equipo de conmutación digital han intentado con ahínco conseguir una base firme en el país más poblado de la tierra. El Sistema 12 ha sido escogido recientemente, mediante un importante contrato, por la China National Postal and Telecommunications Industry Corporation. El contrato incluye la entrega directa por BTM de 100.000 líneas equivalentes, más el suministro posterior de componentes para el montaje local de centrales Sistema 12. La adjudicación cubre también la transferencia de tecnología a China y la construcción de una fábrica que, al cabo de cinco años, alcanzará una producción anual de 300.000 líneas del Sistema 12.

**Taiwan, China:** La propuesta del Sistema 12 para dos centrales digitales interurbanas de 30.000 enlaces fue la oferta más económica. La adjudicación oficial se comunicó a ITT en noviembre de 1983, y las centrales están ya en fabricación.

**Yugoslavia:** En noviembre de 1983, BTM e ISKRA, el principal fabricante de telecomunicación de Yugoslavia, firmaron un acuerdo para la introducción del Sistema 12 en la red nacional. BTM suministrará los equipos y tecnología necesarios para la producción de 570.000 líneas equivalentes en un periodo de cinco años.

**Turquía:** El más reciente éxito del Sistema 12 ha sido una importante adjudicación de la administración turca por un total de 3,4 millones de líneas en un periodo de 10 años. Más de 100.000 líneas equivalentes serán fabricadas por BTM, y el resto en Turquía, siendo BTM responsable de transferir la experiencia tecnológica necesaria. Los funcionarios del gobierno turco manifestaron que una de las razones de elegir el Sistema 12 fue la de ser técnicamente más avanzado que los productos ofrecidos por los competidores.

### Estado actual

Se han conseguido adjudicaciones para el Sistema 12 en 19 países, totalizando unos 11 millones de líneas equivalentes en más de 2.100 centrales. La tabla 1 presenta la lista de adjudicaciones del Sistema 12 en

octubre de 1984, la cual demuestra claramente que éste puede cubrir el abanico entero de aplicaciones. En efecto, comprende todos los tipos concebibles de configuración de central, desde sistemas rurales muy pequeños a centrales interurbanas muy grandes. Están igualmente incluidas diversas centrales internacionales y de tránsito.

La posición digital de operadora del Sistema 12 completa la gama de aplicaciones, pudiendo utilizarse como un subsistema autónomo o completamente integrado en una central Sistema 12. Ambas configuraciones han sido objeto de adjudicación en cinco países: Bélgica, Italia, Nepal, República Popular China y Suiza.

### Centrales del Sistema 12 en funcionamiento

El gran número de líneas solicitado ha creado la necesidad de una rápida introducción del Sistema 12 en varios países a la

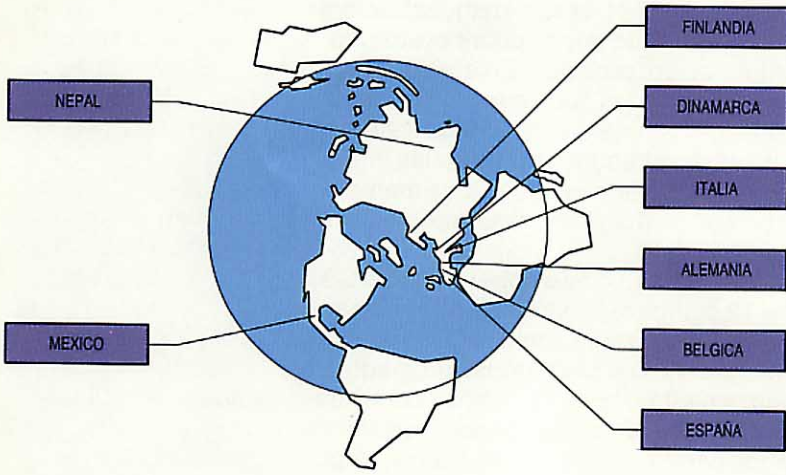
**Central interurbana internacional Sistema 12 en Acilia, Italia, la primera instalada para aplicación internacional.**



vez. Ya se han instalado, probado y entregado centrales a las administraciones en ocho diferentes países (Fig. 2).

Los diversos interfaces de señalización, planes de tarificación y otras características requeridas para estas aplicaciones exigieron notables adaptaciones para cada país. La modularidad del sistema y su facilidad de adaptación son cruciales para el éxito de la introducción en entornos tan diferentes.





**Figura 2**  
Países que tienen centrales digitales del Sistema 12 en funcionamiento.

### Transferencia de tecnología del Sistema 12

Hoy día el Sistema 12 es el sistema de conmutación digital de más categoría del mundo, y ha sido adoptado como el producto universal por las casas fabricantes de telecomunicación dentro de ITT. Actualmente el sistema se está fabricando en BTM, FACE-Standard, SEL (Standard Elektrik Lorenz) y SESA (Standard Eléctrica).

La integración del equipo físico del Sistema 12 es sencilla, ya que una central contiene normalmente sólo unos 35 tipos de placas impresas. La cifra comparable para otros sistemas digitales suele exceder de 150. Esta característica, unida a la larga experiencia de ITT en transferencia de tecnología, permitirá la fabricación del Sistema 12 en todo el mundo. La tecnología del Sistema 12 se está transfiriendo ya a varios países para fabricación local (Fig. 3).

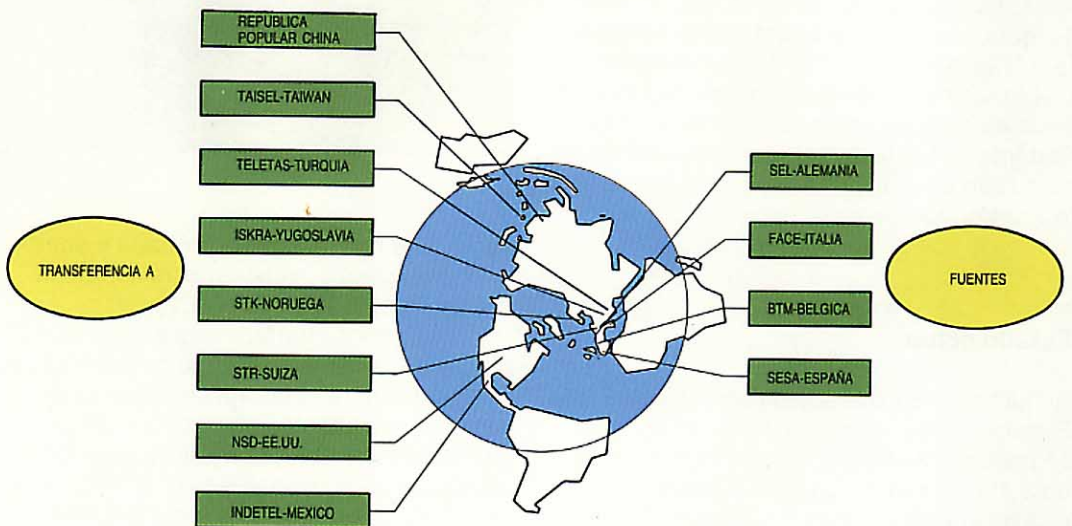
### Aplicación del Sistema 12 a RDSI

ITT ha avanzado mucho en el desarrollo de facilidades RDSI para su sistema de conmutación digital. Durante mucho tiempo se viene manteniendo una estrecha cooperación entre ITT y las administraciones telefónicas de Italia, Bélgica, Alemania y España para definir y realizar pruebas de campo de RDSI en las que interviene el Sistema 12.

En Italia, Bélgica y España estas pruebas de campo han sido ya definidas con detalle. La prueba de campo de RDSI para el Sistema 12 en Italia se inició satisfactoriamente con ocasión del Simposio Internacional de Conmutación celebrado en Florencia en mayo de 1984. La prueba en Bélgica debe empezar en breve, según los planes, y, junto con la prueba italiana, durará hasta mediados de 1985. Cumpliendo un acuerdo con CTNE (administración telefónica española), la prueba de campo de RDSI con el Sistema 12 en España se iniciará en julio de 1985. El funcionamiento del bucle de abonado de RDSI, incluyendo voz digitalizada, facsímil rápido y llamadas de datos con conmutación de paquetes y circuitos, será demostrado en las centrales Sistema 12 ya instaladas y en funcionamiento en las respectivas redes.

Las instalaciones experimentales RDSI del Sistema 12 entrarán en servicio en Alemania durante 1986, y se ha previsto iniciar en 1988 la producción en serie e introducción en la red de centrales RDSI.

La adaptación del Sistema 12 para el mercado de Estados Unidos también está en franco avance. Dentro de la introducción del Sistema 12 en Norteamérica, ITT está trabajando con la Southern New England Telephone Company en una aplicación de prueba de campo de telemetría, cubriendo



**Figura 3**  
Transferencia de la tecnología del Sistema 12 a países de todo el mundo.





**Edificio de Salamanca donde funciona la primera central digital Sistema 12 en España, con capacidad de 10.000 líneas de abonado.**

tanto bucles de abonado digitales como analógicos, y en la cual una central Sistema 12 actuará como un *adjunto digital* para una central analógica ya existente con control por programa almacenado.

### **Perspectivas para la conmutación digital**

A través de los años el desarrollo de los sistemas digitales de comunicación se ha convertido en una empresa cada vez más costosa. Las razones de este fenómeno incluyen las enormes inversiones en I + D requeridas para crear y mantener un personal experimentado en programación y una capacidad de diseño VLSI a medida según el "estado del arte", así como la creciente complejidad del sistema, necesaria para ofrecer prestaciones tales como señalización por canal común, interfaces complejos

(p. ej., acceso a redes de paquetes), facilidades avanzadas de abonado y las complejas modalidades de operación y mantenimiento que solicitan las administraciones. La realización de la RDSI reforzará esta tendencia.

Para mantenerse en línea con los actuales desarrollos en conmutación digital únicamente, una compañía ha de gastar en I + D cerca de 100 millones de dólares anuales. Suponiendo que se pueda dedicar a I + D hasta un 10% de la cifra de ventas, se necesitarían unas ventas mínimas de unos 1.000 millones de dólares, exclusivamente en conmutación.

ITT supera cómodamente estas cifras, pero no así otras muchas compañías, que se ven obligadas a reducir el número de productos de conmutación digital y a intentar la fusión de compañías o proyectos, e incluso a cancelar proyectos. Los sistemas supervivientes se caracterizarán por un fuerte contenido de componentes (V)LSI avanzados, una programación muy elaborada y gran volumen de producción. Este será el único camino para conseguir alta fiabilidad a un coste razonable. Las administraciones deberían considerar seriamente estos aspectos antes de elegir un sistema concreto.

### **Conclusiones**

El desarrollo del Sistema 12 requirió una importante inversión de ITT en recursos de investigación y desarrollo. Dentro de esta Compañía se ha mantenido el convencimiento de que la arquitectura del Sistema 12, fundamentada en el control distribuido y en la tecnología VLSI, es la piedra básica de una nueva generación de equipo de conmutación. El significativo éxito del Sistema 12 en los últimos años está ahora confirmando esta creencia. La introducción del Sistema 12 en telefonía está en plena evolución: el siguiente paso importante, la incorporación de las posibilidades de la RDSI, dejará fuera de dudas la solidez de sus conceptos.



## Sistema 12

### Integración y experiencias de campo

La experiencia de la instalación y operación de más de 20 centrales digitales Sistema 12 ha demostrado las ventajas básicas de la arquitectura de control distribuido. Se han alcanzado rápidamente, y en algunos casos superado por amplio margen, los objetivos fijados para el valor de parámetros tales como eficacia de llamadas, disponibilidad del servicio y fallos del equipo.

#### **K.-J. Hamer-Hodges**

International Telecommunications Center,  
Bruselas, Bélgica

#### **G. De Wachter**

Bell Telephone Manufacturing Company,  
Amberes, Bélgica

#### **H. Weisschuh**

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

#### Introducción

A finales de octubre 1984, se habían instalado centrales Sistema 12 en las redes de Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Italia, México y Nepal (Tabla 1). Además, los pedidos de 17 administraciones en cuatro continentes rebasaban los 11 millones de líneas equivalentes<sup>1</sup>.

Cuando se evalúa la experiencia adquirida durante la integración del Sistema 12 en pruebas de laboratorio y en instalaciones

de campo, debe resaltarse que el Sistema 12 no es meramente una mejora del concepto de sistema hasta ahora existente, sino una arquitectura de conmutación enteramente nueva (Fig. 1), desarrollada para aprovechar dos cambios fundamentales en el entorno de las telecomunicaciones y la tecnología. El primero, que la conmutación y la transmisión digitales son de creciente importancia, y en el futuro la voz digitalizada se tratará como una más entre las muchas formas de los datos. El segundo, que los avances en las tecnologías de LSI y VLSI permiten ahora distribuir muchas de las funciones de un sistema de conmutación.

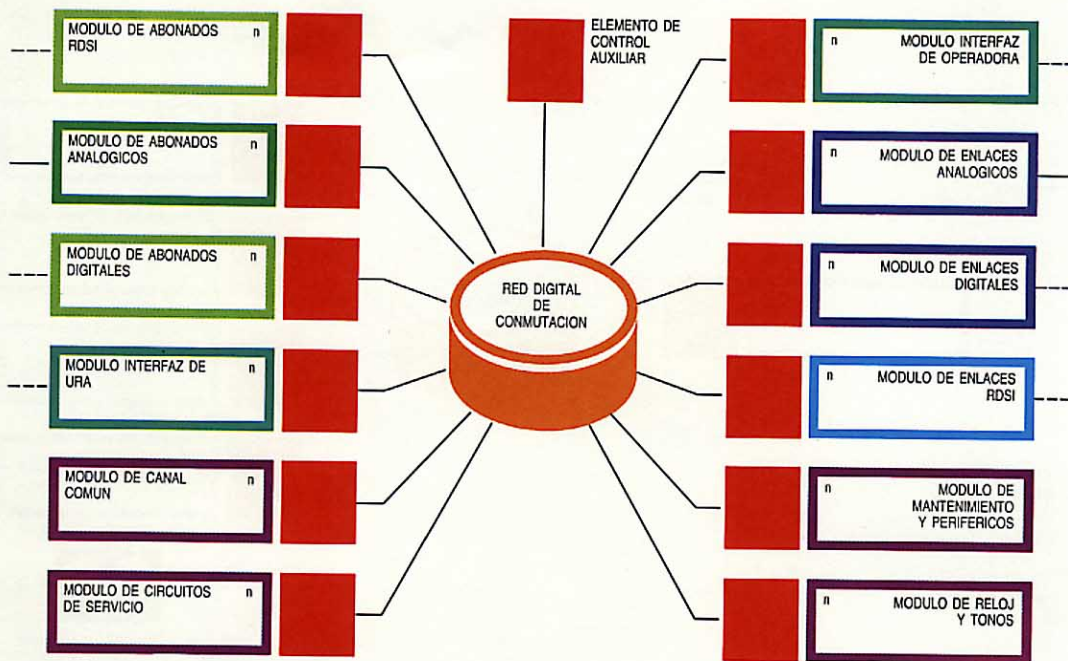
Debido a la entera novedad de esta concepción del Sistema 12, la experiencia de campo debe demostrar no sólo la capacidad de la central para tratar llamadas de acuerdo con los patrones clásicos, sino también la solidez esencial de esta nueva arquitectura en todos los aspectos<sup>2,3</sup>.

Aunque sólo han transcurrido unos siete años desde que se formuló el concepto inicial, y cinco desde que se patentaron propuestas consistentes, se dispone ya de una configuración, instalada y aceptada, con más de 600 elementos de control distribuido (microprocesadores) comunicados entre sí. Las centrales que cursan tráfico real en varias redes han probado que este alto número de elementos de control pueden comunicarse y trabajar de un modo fiable. La central de tamaño máximo, basada en una red digital de conmutación de cuatro etapas, tendría alrededor de 6.000 elementos de control.

Central Sistema 12 de Namur, que fue una de las primeras centrales en cursar tráfico real del Sistema.







**Figura 1**  
Arquitectura de control distribuido del Sistema 12.

**Experiencia de integración en el Sistema 12**

Antes de instalar el Sistema 12 en redes existentes, los estudios de integración realizados en los simuladores de los laboratorios ITT habían proporcionado información útil sobre el comportamiento del sistema. La integración en un sistema de los bloques básicos que constituyen la programación – máquinas de mensajes finitos (FMM) y máquinas soporte del sistema (SSM) – se consigue en tres etapas: integración local, integración principal y pruebas del sistema.

Los subsistemas, compuestos de módulos conectados lógicamente, se prueban durante la integración local con objeto de validar las funciones que les incumben y de ejercitar todos los interfaces internos. Después se van ensamblando paso a paso los diversos subsistemas y probando en cada etapa la nueva configuración, lo que constituye la integración principal. Esto se hace en un prototipo de laboratorio que utiliza elementos de control programados para una determinada aplicación. Por último se prueba el sistema completo, ya como central con programación actualizada y actuando sobre una configuración de equipo acorde con las necesidades, con el fin de comprobar que todas las funciones son accesibles y que la central cumple los requisitos exigidos.

**Herramientas para las pruebas de integración**

Las pruebas de integración se apoyan en el elemento de control de prueba de programas (Fig. 2), que es capaz de acceder a los

otros elementos de control de la configuración a través de la red digital de conmutación. Este elemento de control especiali-

**Tabla 1 – Centrales Sistema 12 instaladas en octubre 1984**

Central	Capacidad		Número de procesadores	Número de bastidores
	Líneas	Enlaces		
Brecht, Bélgica	960		41	9
Stuttgart, Alemania		3.800	197	27
Heilbronn, Alemania		800	56	12
Namur, Bélgica	1.920		60	11
Wuppertal, Alemania	4.000		119	20
Hueckeswagen, Alemania	1.200		54	11
Bolonia, Italia	3.780	540	40	20
	1.080T			
Salamanca, España	10.000	798A 30D	200	34
Corregidora, México	3.000		101	15
San Juan, México	2.000	1.477A 2.177D	236	27
Borda, México	2.000	4.580A 270D	270	39
Acilia, Italia		12.390	570	
Aarhus, Dinamarca	4.020	12.720	621	64
Torsted, Dinamarca	8.160		191	24
Horsens, Dinamarca		5.070	226	26
Seinaejoki, Finlandia		1.500	96	12
Katmandu, Nepal	5.000		141	25
Jambes, Bélgica	1.000		37	7
Amberes, Bélgica	660		40	9
Birgunj, Nepal	2.000	281	78	18
Lugo (contenedor), Italia	960	90D	32	5
Roma, México	2.000	2.789	200	25
Mayo, México	2.000	450	82	13
Popocatepetl, México	2.000	2.959	205	25
Bolzano, Italia	7.860	570		27
	720T			

A - enlaces analógicos      D - enlaces digitales      T - líneas compartidas



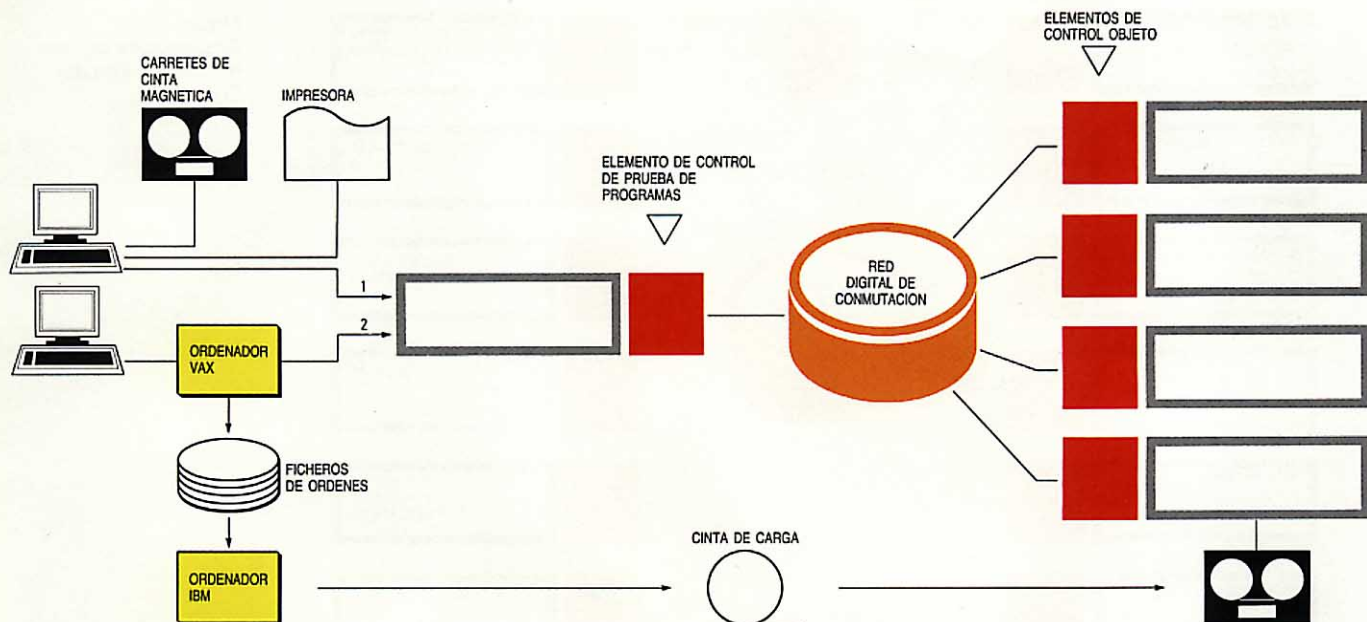


Figura 2 Interfaz del programa de pruebas.

zado posibilita el acceso, controlado por contraseña, para visualizar y modificar las posiciones de memoria del elemento de control que se prueba (elemento objeto en la figura 2), así como para fijar puntos de parada en los programas (interrupción de programas ejecutados en otros elementos de control), a fin de extraer información de estado y de prueba.

El elemento de control de prueba de programas permite cuatro modos de seguimiento de mensajes, basados en las FMM, los procesos, los propios mensajes, o en las transacciones. Además controla la reiniciación y recarga del elemento objeto para inicializar las pruebas. Otras características son la automatización de la prueba mediante macroinstrucciones definidas por el usuario y un interfaz con ordenador principal para gestión de la configuración y el control de correcciones.

**Programa operador de errores**

A lo largo de las pruebas de integración del sistema, el operador de errores proporciona informaciones útiles a través del procedimiento incorporado que automáticamente da cuenta del tratamiento de los errores. Dicho operador supervisa las secuencias de inicialización del elemento de control consecutivas a un error, y envía el estado interno de la FMM que notificó el fallo, en unión de otros datos importantes tales como la identidad del terminal, por la red digital de conmutación al terminal de comunicación hombre-máquina, donde se visualiza o imprime. La localización y corrección de errores de programas es así relativamente rápida.

En las figuras 3 y 4 se aprecian los resultados de las pruebas de carga en laboratorio

de los modelos de las centrales para el Deutsche Bundespost. Las curvas muestran la rapidez con que se alcanza la estabilización.

Los ingenieros de prueba del sistema han observado que el control totalmente distribuido genera un entorno más tolerante que el control centralizado para un determinado nivel de calidad de programa, sobre todo porque el impacto de un error se limita a un solo elemento de control. Todos los demás elementos de control siguen operando normalmente y suministran información que facilita el rastreo de fallos y la prueba del sistema. De esta forma pueden avanzar en paralelo la prueba del sistema y la de un subsistema.

Si surge un problema en un subsistema, éste puede reiniciarse independientemente sin tener que interrumpir las pruebas de otros subsistemas en otras unidades de control.



Figura 3 Pruebas de integración del sistema: número de errores y de reiniciaciones de elementos de control aislados durante las dos primeras semanas de funcionamiento de los modelos de laboratorio.



### Facilidades de prueba incorporadas

La integración y la operación se apoyan en dos facilidades incorporadas. La primera es un programa de auto-prueba del elemento de control almacenado en ROM, el cual se activa siempre que se detecta una interrupción procedente del equipo o un error en la programación. Con la ayuda de este programa, se retiran del servicio los elementos de control defectuosos y se inician las acciones de recuperación.

Esta prueba, denominada "rápida", se basa en la segunda facilidad incorporada: un conjunto de tres LED por cada elemento de control que indican su estado instantáneo, incluyendo la identidad del equipo en fallo. Los elementos de control utilizan también estos tres LED para mostrar tanto el estado operacional como en fallo del procesador. En operación normal, su frecuencia de parpadeo indica la carga instantánea del procesador. En una central totalmente distribuida, estas luces han demostrado ser indicadores útiles del estado y comportamiento de la central, comparables a las indicaciones audibles en las centrales electromecánicas.

### Flexibilidad de reconfiguración

La flexibilidad y reubicabilidad de las FMM se demostró claramente durante la integración y pruebas. Se puede probar cada conjunto de FMM constitutivo de un subsistema dentro de un solo elemento de control, antes de distribuir las FMM de ese conjunto, junto con otras, entre los numerosos elementos de control existentes en las grandes configuraciones de sistema. Este modo de actuar permite satisfacer de manera óptima los requisitos operativos de una central determinada.

### Configuraciones multiservicio

Una de las características esenciales de la arquitectura distribuida del Sistema 12 es el haber sido concebida para el tratamiento tanto de servicios de voz como de datos en una RDSI. La red de conmutación transporta la voz digitalizada y los datos exactamente de la misma forma. Una de las primeras demostraciones satisfactorias de RDSI a pequeña escala se realizó en el pabellón de ITT en Telecom 83, en Ginebra, donde una central del Sistema 12 atendió a toda una gama de servicios, incluyendo telefonía digital, facsímil, teletex y videotex.

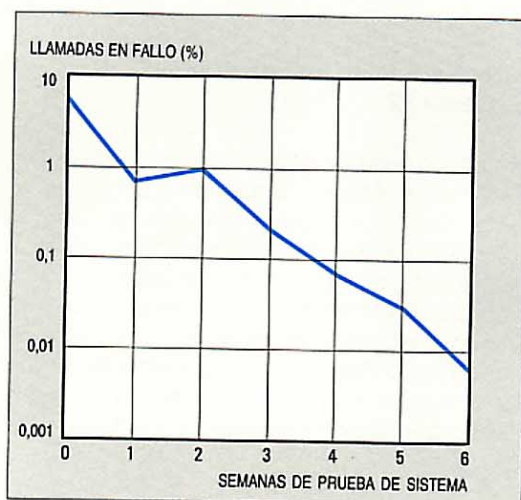
Diversas compañías ITT están preparando pruebas de campo de RDSI en colaboración con las administraciones locales<sup>4,5</sup>. La primera de esas pruebas, en la central Sistema 12 de Bolonia en Italia, se presentó a los asistentes al ISS 84 en Florencia, en mayo de 1984. La satisfactoria experiencia de estos modelos de RDSI ha

demostrado que el Sistema 12 sin duda es capaz de atender al mismo tiempo servicios de voz y de datos.

### Posibilidades de capacidad y de sobrecarga

No han aparecido problemas en la construcción y prueba de configuraciones del Sistema 12, tanto grandes como pequeñas. El diseño es tal que el grado de complejidad varía muy poco de unas a otras.

Las pruebas de sobrecarga constituyen un excelente ejemplo de este punto esencial. La capacidad de cada elemento de control se fija con independencia del tamaño de la central, y por lo tanto las pruebas de sobrecarga se ciñen a concentrar el tráfico sucesivamente en los microprocesadores individuales. Por ejemplo, la prueba



**Figura 4**  
Pruebas de integración del sistema: rápida caída del porcentaje de llamadas en fallo durante las seis primeras semanas de funcionamiento.

de fatiga del ECA gestor de recursos de enlaces, sometido a sobrecarga en la central de Stuttgart, se llevó a cabo concentrando en dicho ECA el tráfico procedente de otros elementos de control de tratamiento de llamadas. Los resultados comprobaron el correcto funcionamiento del mecanismo incorporado de prevención de sobrecarga.

Las configuraciones grandes requieren múltiples gestores de recursos de enlaces, cada uno encargado de un subconjunto de la central (p. ej., la central de tránsito de Stuttgart tiene cuatro parejas de gestores de recursos, y la de Aarhus 5 parejas); cualquiera de ellos sometido a carga se comporta igual que en la configuración de pruebas.

Cada elemento de control se ha probado análogamente en condiciones límite, dentro de configuraciones pequeñas y manejables. Los mecanismos del núcleo genérico y de tablas de distribución no han variado. Sólo



**Tabla 2 — Placas de circuito impreso genéricas en una central Sistema 12 de 1920 líneas**

Circuitos funcionales	Tipos genéricos de placas	Cantidad de placas	% del total
Red digital de conmutación	1	32	4,7
Líneas analógicas de abonado	2	352	51,6
Enlaces digitales	2	8	1,2
Elementos de control	3	202	29,6
Equipo de pruebas de transmisión	3	9	1,3
Equipo de reloj y de sincronismo de red	4	27	4,0
Equipo interfaz de periféricos	4	10	1,5
Servicios de llamadas de central	5	18	2,6
Alarmas de la central y visualizadores	5	24	3,5
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>682</b>	<b>100</b>

se necesita ajustar los datos de configuración a las diferentes instalaciones reales.

**Experiencia de instalación del Sistema 12**

En ocho países, relacionados en la tabla 1 (Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Italia, México y Nepal), se han instalado ya centrales Sistema 12 locales, de tránsito, combinadas local/tránsito e interurbanas (nacionales e internacionales). La experiencia obtenida en ellas ha demostrado que el Sistema 12 necesita menos tiempo de instalación y pruebas de equipo in-situ que la generación anterior de sistemas de conmutación.

Las centrales Sistema 12 se entregan en el lugar de instalación en bastidores completamente equipados. Una central típica requiere sólo 35 tipos diferentes de placas de circuito impreso, lo cual simplifica la producción y la prueba en la instalación, así como el almacenamiento de repuestos. Por ejemplo, la central de 1920 líneas en Namur (Bélgica) contiene 29 tipos de placas de circuito impreso, excluyendo los tres distintos convertidores CC-CC enchufables que posee la central. Estas placas se equipan en las cantidades indicadas en la tabla 2.

Cada bastidor se prueba antes de su transporte como unidad funcional autónoma. Una vez in-situ, los bastidores se colocan fácilmente en su posición correcta. Después se instalan con rapidez los cables, provistos de sus correspondientes conectores durante la fabricación.

**Experiencia de campo**

Las centrales Sistema 12 han conseguido excelentes resultados en su funcionamiento real. Los comentarios que aquí se

incluyen se refieren a la experiencia obtenida de las centrales enumeradas en la tabla 1. Por llevar más de dos años en servicio algunas centrales y otras sólo unos meses, los resultados recogidos hasta la fecha son muy variados. Por ello se han considerado con mayor atención las centrales que han operado durante un periodo significativo, cuyos datos son más relevantes.

*Comportamiento de los procesadores distribuidos: reiniciaciones y recargas individuales*

Uno de los aspectos más interesantes a observar sobre el terreno es lo bien que ejecuta sus funciones un sistema de procesadores distribuidos con su programación asociada. Dado que la consecuencia final de un error es la reiniciación o la recarga de un procesador individual, se han medido tales eventos (Fig. 5) a lo largo de 1982 y 1983.

Se han superado ampliamente los objetivos de diseño en cuanto a tiempos medios entre recargas y reiniciaciones de un procesador. Se estima hoy que es fácil lograr un tiempo medio de 2000 horas entre reiniciaciones. Ciertamente, la central de Heilbronn en Alemania ha funcionado durante varios meses sin recarga de ninguno de sus 56 microprocesadores. La gran central de Aarhus (Dinamarca) ha presentado tiempos medios de 1870 horas (entre reiniciaciones) y 6390 horas (entre recargas). La central de Birgunj (Nepal) alcanza valores todavía mejores: 2750 y 16200 horas, respectivamente. A niveles tan bajos de ocurrencia, tanto recargas como reiniciaciones tienen un impacto despreciable en la disponibilidad global del sistema.

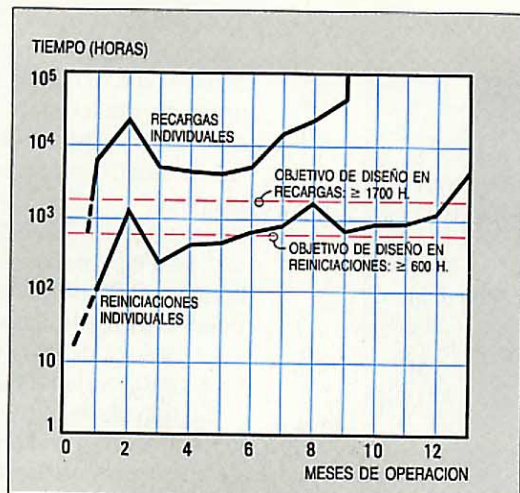
Cualquier reiniciación o recarga en un sistema totalmente distribuido afecta sólo a elementos individuales de control, y tiene por tanto un efecto pequeño sobre las prestaciones de la central entera. La necesidad de reiniciar o recargar más de un elemento de control aislado ha sido tan poco frecuente que no puede predecirse con validez alguna el tiempo medio entre tales eventos. Por consiguiente, el tiempo y el esfuerzo requeridos para alcanzar niveles aceptables de servicio en la integración del sistema, han sido inferiores a los previstos. Cada nueva configuración real confirma que el proceso distribuido disipa la crítica preocupación sobre tiempo medio entre fallos de los subsistemas.

*Comportamiento del sistema: reiniciaciones y recargas*

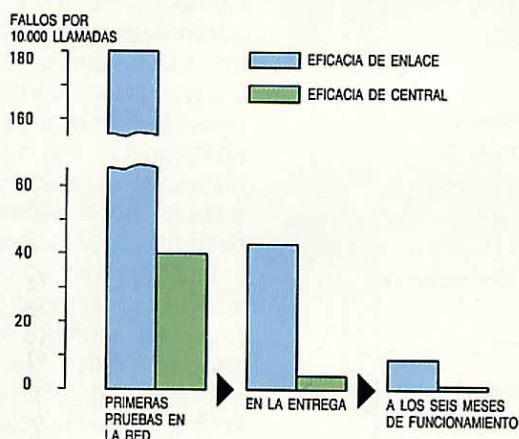
El comportamiento global del sistema es en último término más importante que el comportamiento de los procesadores individua-



**Figura 5**  
Tiempo medio entre recargas y reiniciaciones individuales. Los objetivos de diseño fueron: tiempo medio entre recargas, 1700 horas; entre reiniciaciones, 600 horas.



**Figura 6**  
Eficacia de enlace y eficacia de central en la central local de Namur. El comportamiento mejora al disminuir los valores.



les. Interesa mucho, pues, subrayar que la facilidad de recarga del sistema se ha utilizado raras veces por razones de recuperación, y que el diseño no hace uso de ninguna facilidad de reiniciación global del sistema para sincronizar datos ni limpiar datos falseados.

### Comportamiento de la red digital de conmutación

La red digital de conmutación ha demostrado su gran capacidad de cursar tráfico, sin haberse observado bloqueo hasta la fecha. Además, ha impedido eficazmente la propagación de errores dentro del sistema. Esta protección es inherente a todas las redes controladas por sus extremos y con distribución total. La eficacia en el aislamiento de errores de la red digital queda comprobada por los resultados sobre reiniciaciones y recargas de elementos de control en las centrales que funcionan actualmente.

### Eficacia de llamadas

La eficacia de llamadas viene medida por la proporción en que fracasan los intentos de

llamada y las llamadas establecidas, a causa de fallos de conmutación o de enlaces (en equipos o programas). La eficacia de llamadas se descompone en eficacia de enlace, que considera las llamadas procesadas en una central en conjunto con otras centrales de la red y con los enlaces que cursan dichas llamadas, y por otro lado en eficacia de central, que sólo considera el tratamiento en la propia central.

En la figura 6 se exponen las eficacias de central y de enlace en la central local Sistema 12 de Namur, en Bélgica. La eficacia de central se refiere a la central de Namur en sí, reflejando la tasa de llamadas perdidas en llamadas locales, entrantes y salientes, mas sólo considera los fallos internos de la central, e indica la eficacia con que tratan las llamadas el equipo y la programación.

La eficacia de enlace se midió generando llamadas salientes en la central de Namur y haciéndolas volver a través de otra central de la red belga.

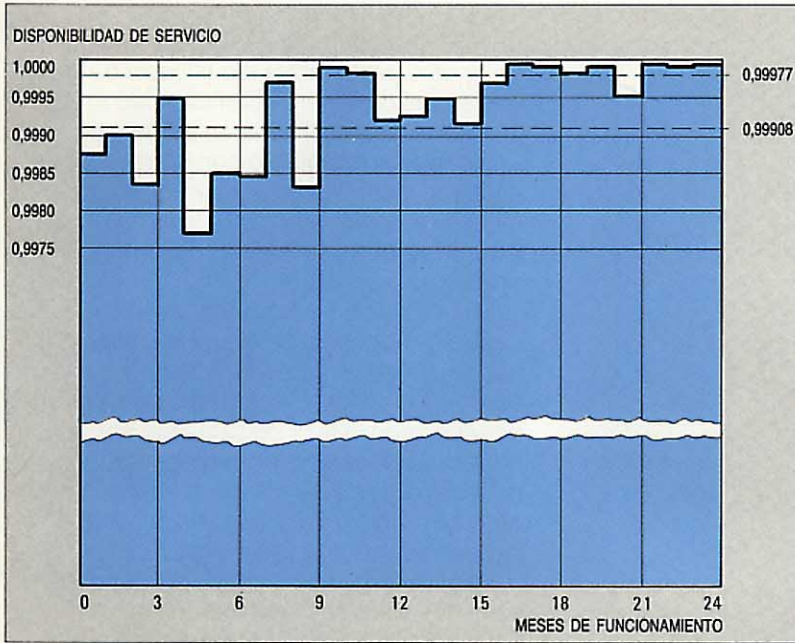
En el momento de conectar la central de Namur a la red pública para pruebas, la eficacia de llamadas no había alcanzado el valor especificado, particularmente en cuanto a la eficacia de enlace (ver figura 6). Como esta última sólo se relaciona con las llamadas interurbanas, era evidente que las llamadas entrantes o salientes fallaban más que las locales, por lo cual se mejoraron el interfaz de enlace y su correspondiente programación de tratamiento de llamadas. Gracias a ello, cuando la central se entregó, la eficacia de llamadas fue aceptada por la Administración belga. Investigaciones posteriores indicaron que se necesitaban modificaciones en otros puntos de la red.

Después de seis meses de funcionamiento, las eficacias de enlace y de central se redujeron muy por debajo de los objetivos fijados inicialmente por la Administración (a un quinto y un octavo de los respectivos valores). Además, el comportamiento de la central Sistema 12 fue mejor que el de la central semielectrónica controlada por programa almacenado utilizada en la prueba de eficacia de enlace. Recientemente la eficacia de llamadas ha alcanzado el valor de  $0,5 \times 10^{-4}$ .

### Disponibilidad del servicio

La disponibilidad del servicio se mide por el tiempo que el servicio permanece disponible para cada abonado. La figura 7 indica la disponibilidad del servicio para las cuatro primeras centrales entregadas al Deutsche Bundespost<sup>6</sup>. Las especificaciones de la Administración alemana señalaban que la primera central integrada en la red tenía que alcanzar una disponibilidad del servicio de 0,99908 en los primeros seis meses después de su entrega, lo que corresponde a





**Figura 7**  
Disponibilidad de servicio en las centrales del Deutsche Bundespost.

una falta de disponibilidad de un circuito terminal de cuatro horas en seis meses. La disponibilidad media anual del servicio después de la estabilización se especificó en 0,99977, equivalente a dos horas en 12 meses de indisponibilidad de un circuito terminal.

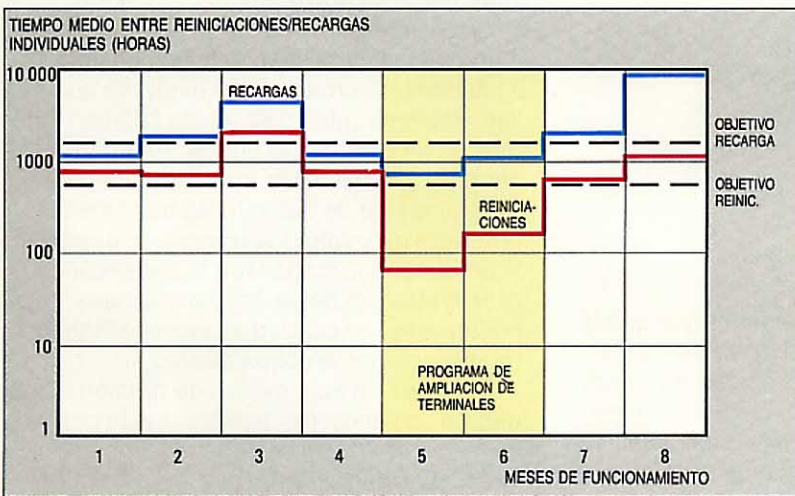
En la figura 7 puede verse con qué rapidez se alcanzó un grado de servicio estabilizado en 0,99 durante el segundo mes. Estas elevadas disponibilidades desde los comienzos son consecuencia de la estructura distribuida del Sistema 12.

Se han alcanzado resultados similares en la central local de Namur, en Bélgica. Los valores iniciales fueron muy altos (0,9999); la mayor caída sufrida hasta la fecha es 0,9991, y el valor medio de 0,99989.

**Comportamiento de la programación durante las ampliaciones**

Interesa mucho el comportamiento de la programación cuando se incrementan sensiblemente las operaciones de ingeniería originadas por la puesta en servicio de nuevos terminales y módulos de líneas y enlaces, por el cambio de la configuración de la red o por la ampliación del sistema.

La figura 8 muestra, por primera vez, el comportamiento del Sistema 12 durante una ampliación por un factor de diez realizada en México. Durante la fase de ampliación se produjeron con mayor frecuencia recargas y reiniciaciones de procesadores individuales, mejorando rápidamente hacia los bajos niveles fijados como objetivo.



**Figura 8**  
Efecto de un programa de ampliación de terminales sobre la disponibilidad del servicio en una central de México.

**Fallos de equipo**

El equipo del Sistema 12 se caracteriza por la excelente fiabilidad de sus principales componentes VLSI, comparada con los valores calculados. La tabla 3 muestra la tasa de fallos de componentes clave VLSI en las dos centrales interurbanas de Alemania después de 17 meses de funcionamiento. La tasa de fallos se expresa en FIT (fallos por unidad de tiempo), que da los fallos de un módulo en  $10^9$  horas. Estos valores muestran que la tasa de fallos es mucho mejor que la prevista.

En la figura 9 puede verse la distribución inicial de fallos de equipo en las cuatro centrales de Alemania. El número de enlaces y líneas de abonado de las cuatro centrales se ha normalizado en líneas equivalentes, considerando que 1 enlace equivale a 2,5 circuitos de línea de abonado.

La capacidad de reconfiguración del Sistema 12 para la sustitución automática de un elemento de control defectuoso por otro en espera, ha llevado a rebajar la categoría de algunas alarmas. Esto es posible por realizarse la sustitución automática del elemento de control afectado en un tiempo

**Figura 9**  
Número total de fallos de equipo en las cuatro centrales experimentales de Alemania:  
(a) entorno analógico  
(b) entorno digital.





**Tabla 3 — Fallos reales y previstos de los componentes LSI del Sistema 12**

Componente LSI	Número de componentes	Fallos notificados (17 meses)	Tasa de fallos medida (FIT)	Tasa de fallos prevista (FIT)
Puerto de conmutación	3.392	1	24	195
Puerto terminal	1.265	1	63	160
RAM dinámica de 64 K	15.796	3	15	600
Microprocesador	253	0	—	300

muy inferior al tiempo medio de reparación por un técnico, con lo cual estos fallos ya no deben provocar alarmas urgentes. Así, pues, el mantenimiento puede diferirse y reducirse el número de llamadas urgentes para tales fines.

### Conclusiones

La experiencia de campo obtenida en los últimos dos o más años ha demostrado la validez de la arquitectura de control distribuido utilizada en las centrales digitales Sistema 12. Estos resultados iniciales son muy estimulantes y muestran que el Sistema 12, en sus primeros años, se comporta

mucho mejor que las centrales de la generación anterior en su periodo de introducción. La evolución del Sistema 12, descrita en otros artículos de este número<sup>7,8</sup>, asegurará resultados todavía mejores en el futuro.

### Referencias

- 1 J. Loeber: Sistema 12: Estado del mercado: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 6—11 (en este número).
- 2 Central digital ITT 1240: *Número especial de Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3.
- 3 R. Van Malderen: Sistema 12: Revisión de los conceptos fundamentales: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 20—28 (en este número).
- 4 F. Haerens, B. Rossi y J. Serrano: Sistema 12: Pruebas de campo RDSI en las redes belga, italiana y española: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 89—97 (en este número).
- 5 D. Becker y H. May: Sistema 12: Servicio piloto RDSI de la Administración alemana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 98—104 (en este número).
- 6 M. Langenbach-Belz: Sistema 12: Centrales interurbanas para la red alemana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 159—165 (en este número).
- 7 R. Cohen: Sistema 12: Mejoras tecnológicas: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 29—34 (en este número).
- 8 R. H. Mauger: Sistema 12: Arquitectura para el cambio: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 35—42 (en este número).



# Sistema 12

## Revisión de los conceptos fundamentales

La arquitectura modular del control distribuido del Sistema 12 descansa en la microelectrónica para su realización eficaz. La utilización plena de la tecnología VLSI ha permitido lograr una arquitectura flexible, aplicable tanto a centrales grandes como a pequeñas, y capaz de cursar servicios de voz y de datos.

**R. Van Malderen**

ITT Europe Telecommunications and Electronics, Bruselas, Bélgica

### Introducción

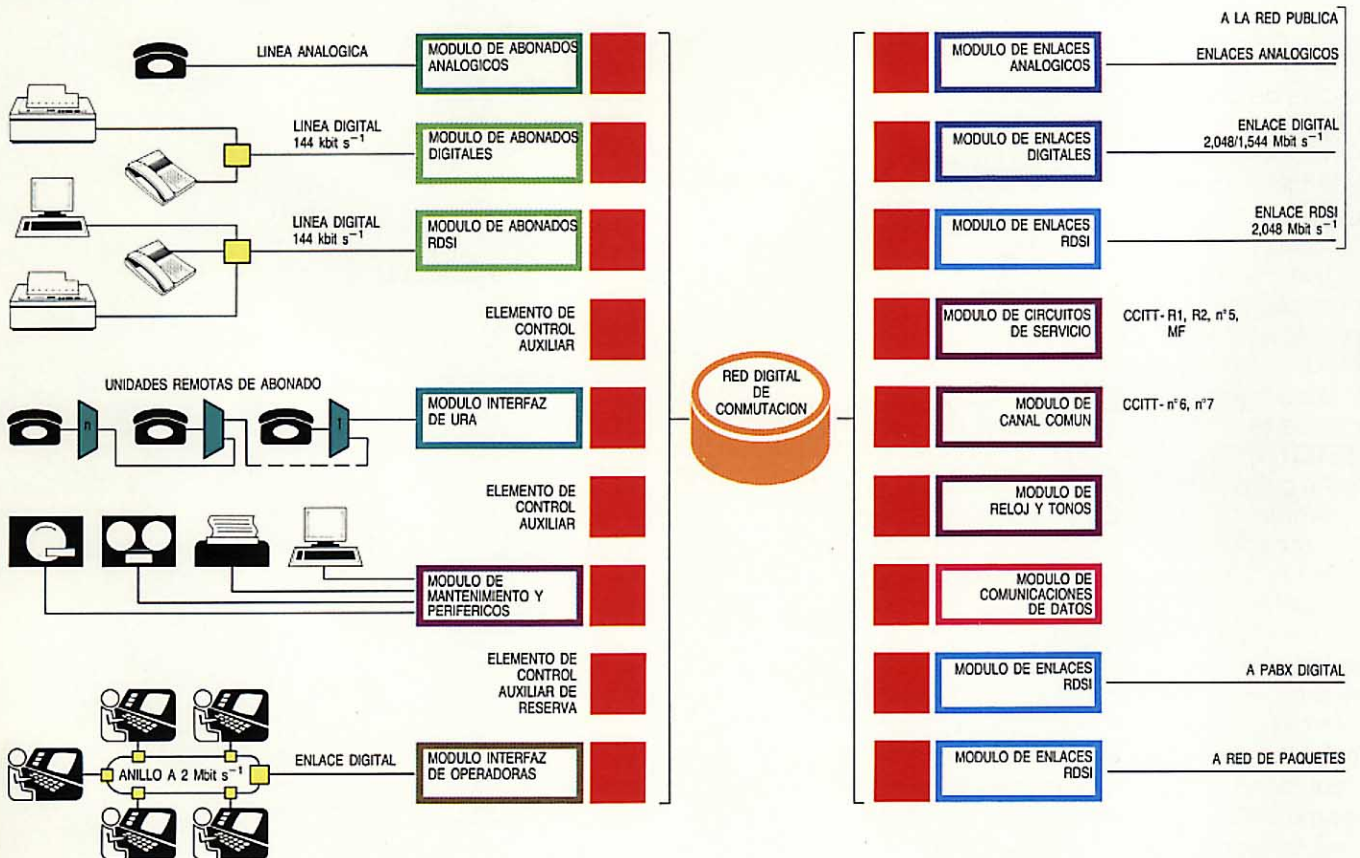
La tecnología digital se introduce velozmente en las redes de telecomunicación de hoy, debido a la extensa gama disponible de circuitos microelectrónicos digitales. A su vez, esta tendencia conduce a la integración de servicios de voz y datos en una red digital de telecomunicación única, denominada red digital de servicios integrados (RDSI).

La actual revolución en telecomunicación obliga a concebir una arquitectura de conmutación digital que admita complejos

interfaces de usuario y ofrezca una capacidad de tratamiento de llamadas mucho mayor, como requiere un entorno RDSI donde se cursan muchas llamadas de datos de corta duración, con conmutación tanto de circuitos como de paquetes. Asimismo, hay que utilizar eficazmente la tecnología VLSI, adoptando una arquitectura muy uniforme y repetitiva para beneficiarse de la producción en gran cantidad de los principales componentes VLSI.

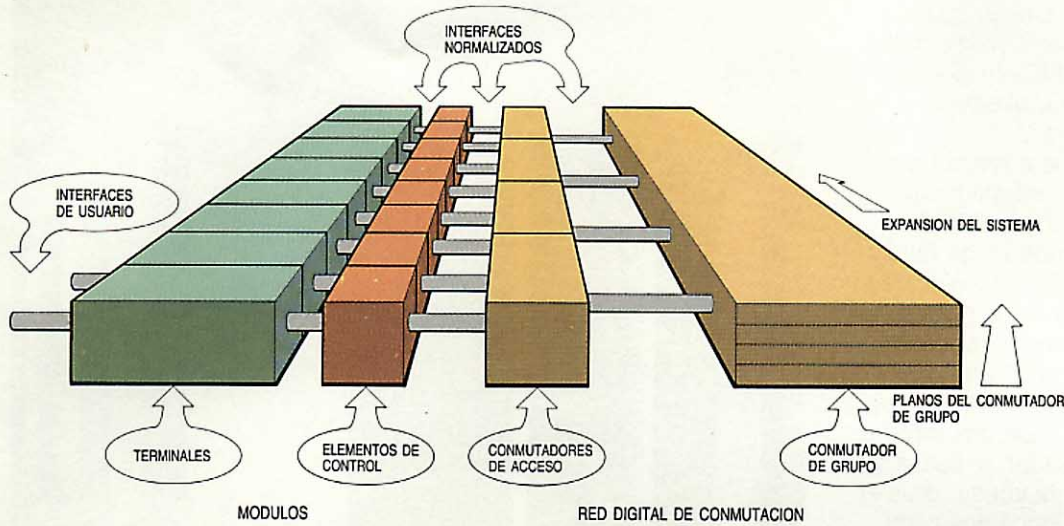
A mediados de la década de los setenta, los ingenieros de ITT eran ya conscientes del profundo impacto que tendría la RDSI y

**Figura 1**  
Arquitectura del Sistema 12, presentando los módulos de terminales inteligentes y la red digital de conmutación.





**Figura 2**  
Niveles de equipo físico en el Sistema 12.



de las posibilidades que ofrece la VLSI en este contexto. El Sistema 12 fue así concebido con una arquitectura de control totalmente distribuida, tanto para preparar la transición a RDSI como para garantizar un uso eficaz de la tecnología VLSI.

### Arquitectura del sistema

La figura 1 expone la estructura de control distribuido de la central digital Sistema 12. Al más alto nivel, el sistema consiste en una red digital de conmutación que se conecta por un interfaz normalizado a una serie de módulos. En la figura 2 se detalla algo más la arquitectura, mostrando los dos niveles en el módulo (el equipo terminal y el elemento de control terminal o ECT) y los dos niveles en la red digital de conmutación (conmutadores de acceso y de grupo). Los interfaces entre estos cuatro niveles de la arquitectura están normalizados en todo el Sistema 12.

Los elementos de control establecen caminos digitales en la red de conmutación para interconectar los módulos terminales. Un camino digital está constituido por un intervalo elemental de tiempo, con 16 bitsios, que se repite con una frecuencia de 8.000 Hz. En cada intervalo se dispone de ocho bitsios para los usuarios externos, obteniendo así una vía digital a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . Utilizando caminos múltiples, esta velocidad se puede incrementar<sup>1</sup> hasta  $n \times 64 \text{ kbit s}^{-1}$ .

La red digital de conmutación está controlada desde sus extremos: una serie de órdenes dentro de cada intervalo de tiempo permiten establecer caminos entre los módulos terminales, sin necesidad de centralizar ningún mapa de la red ni mecanismo de búsqueda de caminos. En principio, esta característica permite a las cuatro

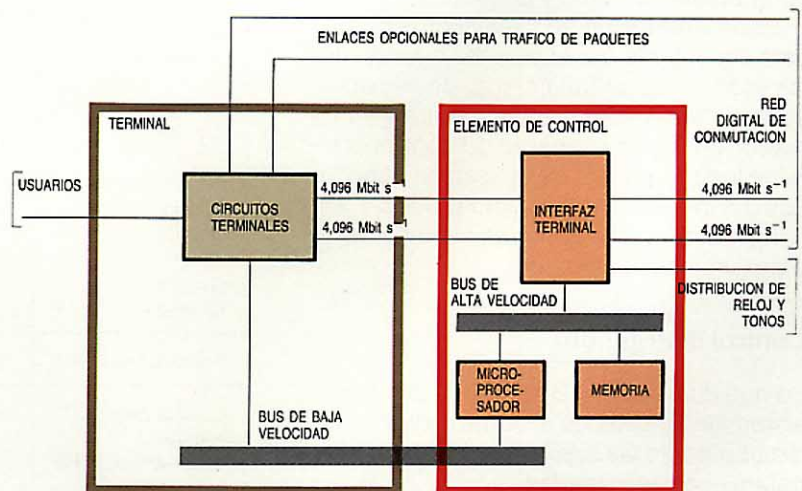
etapas representadas en la figura 2 crecer indefinidamente.

El dimensionado del conmutador de grupo está condicionado por dos parámetros: tamaño y tráfico. El tamaño va creciendo con el número de conmutadores de acceso, que a su vez indica si se necesitan una, dos o tres etapas de conmutación de grupo. Con esta gama se cubren todos los tamaños necesarios en las redes reales. El tráfico, por su parte, determina el número de planos en el conmutador de grupo: dos, tres o cuatro.

La figura 3 muestra el diagrama genérico de un módulo. El ECT consta de tres partes básicas: el microprocesador, la memoria, y el interfaz terminal. Los programas que ejecuta el microprocesador están almacenados en la memoria.

El interfaz terminal conecta el módulo a la red digital de conmutación por dos vías MIC bidireccionales de 32 canales. Como cada intervalo de tiempo contiene 16 bitsios, y la frecuencia de repetición de la trama es de 8.000 Hz, la velocidad en cada vía es

**Figura 3**  
Módulo genérico del Sistema 12.





4,096 Mbit s<sup>-1</sup>. De los 32 canales, 30 se utilizan para tráfico de usuario (voz o datos en MIC). Otras dos vías MIC similares conectan el interfaz terminal al equipo terminal propiamente dicho.

Una vía unidireccional de entrada en el interfaz terminal permite conectar hasta 32 generadores de tonos o locuciones grabadas, situados en el módulo de reloj y tonos. Por último, un bus de alta velocidad conecta el interfaz terminal con el microprocesador y la memoria. El microprocesador puede establecer un camino digital unidireccional desde el interfaz terminal, a través de la red de conmutación, hasta otro interfaz terminal y su microprocesador, el cual a su vez establece un camino de vuelta hacia el primer microprocesador. Estos dos caminos pueden luego utilizarse para transmitir mensajes entre los ECT.

El microprocesador también puede establecer un camino digital entre dos canales cualesquiera de las vías MIC de llegada y salida conectadas al interfaz terminal, con lo que el tráfico hacia y desde el terminal puede ser conmutado a la red digital de conmutación. El tráfico bidireccional entre dos usuarios requiere el establecimiento de dos caminos a través de dicha red.

El equipo físico del terminal depende del tipo de módulo, y puede contener interfaces específicos para cada tipo de usuario. Así, por ejemplo, otras dos vías MIC a 4,096 Mbit s<sup>-1</sup> conectan la red digital de conmutación al terminal de los módulos que tratan el tráfico de paquetes<sup>2</sup>. En este caso, se establece un camino en la red para cada paquete, directamente desde el terminal.

La información entre el terminal y el ECT se transfiere por medio de vías MIC o a través de un bus de baja velocidad. La utilización de uno o ambos métodos depende del tipo de módulo.

Hay que destacar que, en el Sistema 12, la red digital de conmutación se utiliza tanto para la comunicación entre los elementos de control distribuidos como para el tráfico conmutado (circuitos y paquetes).

La programación de los distintos ECT está constituida por el sistema operativo y los programas de tratamiento de llamadas, soporte telefónico, mantenimiento y administración. Cada elemento de control contiene los programas de aplicación específicos del módulo. Toda la configuración, en conjunto, funciona como un sistema de programación distribuido.

### Control distribuido

Lo que diferencia al Sistema 12 de otros sistemas digitales es el control totalmente distribuido de las siguientes funciones de tratamiento de llamadas:



Equipos de la central Sistema 12 de 10.000 líneas en Salamanca, España.

*Proceso de señal (F1)*, relacionado con la conversión de señales telefónicas desde y hacia el mundo externo.

*Control de llamada (F2)*, que supervisa el estado de la llamada. Cuando se recibe una señal telefónica, el control de llamada determina qué transiciones se necesitan en el estado de la llamada y genera las señales telefónicas salientes adecuadas.

*Gestión de recursos (F3)*, que gestiona los recursos telefónicos. Supervisa el estado libre/ocupado (p. ej., en enlaces y circuitos de servicio), y selecciona y asigna dispositivos libres a cada llamada, a petición.

Tabla 1 — Asignación de funciones de tratamiento de llamadas

Función de tratamiento de llamadas	Elementos de control terminal L1	Elementos de control auxiliar L2	Red digital de conmutación
Proceso de señal F1	X	X	
Control de llamada F2		X	
Gestión de recursos F3		X	
Traducciones F4	X	X	
Control de la red de conmutación F5			X



*Traducciones (F4)*, relacionadas con análisis de cifras, encaminamiento, etc.

*Control de la red de conmutación (F5)*, que mantiene un mapa en memoria (estado de ocupación de las mallas de la red) y provee los mecanismos de búsqueda, establecimiento y reposición de caminos, evitando conflictos entre distintas llamadas.

En el Sistema 12 ninguna de estas funciones la realiza un solo procesador.

*Tratamiento de llamadas en el Sistema 12* Está dividido en tres niveles básicos:

- ECT (L1) asociados con cada terminal.
- ECA no asociados con un terminal (L2); son asignables por programa a una función. Un ECA de reserva puede sustituir fácilmente la función de una unidad defectuosa.
- Red digital de conmutación.

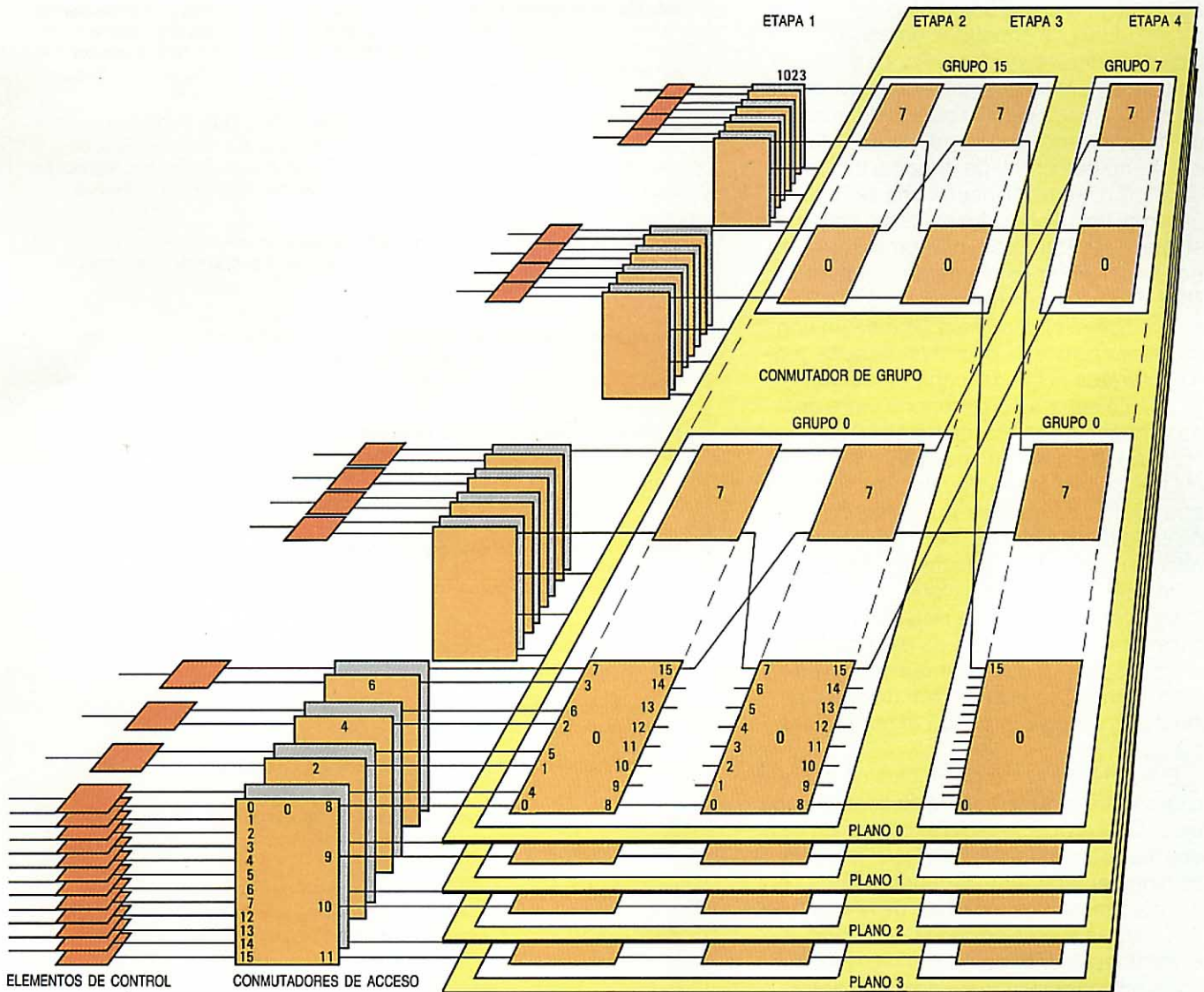
La tabla 1 muestra la asignación de funciones a cada uno de los tres niveles. Cada

nivel se puede ampliar todo lo necesario, de modo que no sufra congestión el tratamiento de llamadas al crecer el sistema o aumentar el número de intentos de llamada. En particular, el control de la red de conmutación se halla repartido por toda ella.

**Red digital de conmutación**

Se representa esta red<sup>3</sup> en la figura 4. Su bloque constitutivo básico es el DSE (elemento digital de conmutación), que en esencia es una pequeña red de conmutación con 16 puertos de entrada y otros tantos de salida. Cada uno de estos puertos es una vía MIC similar a las existentes entre los módulos y los conmutadores de acceso, o sea, con 32 canales de 16 bits en serie, a una velocidad de 4,096 Mbit s<sup>-1</sup>. Así, pues, un DSE tiene en total 512 canales de entrada y 512 de salida. Las órdenes cursadas por el propio canal, originadas en los elementos de control, permiten establecer un camino

**Figura 4**  
**Red digital de conmutación.**





entre cualquier canal entrante y cualquier canal saliente del DSE.

La placa del DSE contiene un tipo único de circuito VLSI denominado "puerto de conmutación"<sup>4</sup>. La red entera se compone de DSE interconectados.

Equipado al completo, el conmutador de grupo consta de cuatro planos, cada uno con tres etapas de conmutación, conectadas como muestra la figura 4. Los conmutadores de acceso, equipados por parejas, también están formados por DSE. Por razones de fiabilidad, cada elemento de control se conecta a uno y otro conmutador de la pareja, y cada conmutador de acceso tiene conexión a todos los planos.

Un conmutador de grupo a tres etapas interconecta hasta 512 parejas de conmutadores de acceso. Una red de este tamaño y que utilice cuatro planos en el conmutador de grupo, puede conmutar un tráfico bien superior a los 30.000 erlangs, que corresponde a centrales urbanas de más de 100.000 líneas, o a centrales de tránsito con más de 60.000 enlaces.

#### *Establecimiento de un camino*

La red digital de conmutación está controlada desde sus extremos. Para establecer un camino unidireccional replegado desde un determinado canal y puerto de entrada a un determinado canal y puerto de salida, el elemento de control de origen a través de su interfaz terminal inserta una serie de órdenes de 16 bits en el propio canal, por el puerto de entrada. El número de órdenes necesario será precisamente el número de DSE que hay que atravesar: 1, 3, 5 ó 7, según que el camino se refleje en un conmutador de acceso, o en la primera, segunda, o tercera etapa del conmutador de grupo. La separación temporal entre órdenes consecutivos es una trama MIC (125  $\mu$ s); cada orden sucesiva actúa sobre el DSE de una etapa siguiente en el camino que se está estableciendo. Existe una diversidad de órdenes, pero en el tratamiento normal de una llamada el puerto de salida del DSE se selecciona, bien al azar (hasta llegar al punto de reflexión), o bien correspondiendo al ECT de destino concreto (pasado el punto de reflexión). En este último caso la selección de canal es aleatoria, pero se minimiza el retardo del canal.

El establecimiento de un camino bidireccional entre dos elementos de control exige ejecutar el procedimiento expuesto en cada una de las dos direcciones. De ello resultan caminos enteramente independientes para dichas direcciones, en virtud de la aleatoriedad de la selección en cada DSE. Dado que el establecimiento de un camino puede comenzar simultáneamente en distintos

**Tabla 2 — Módulos del sistema**

**Módulo de abonados analógicos:** conecta 128 líneas analógicas. Cada interfaz de línea de abonado incluye las funciones BORSCHT y un codec por línea. Posee una excepcional flexibilidad, controlada por la programación en lo relativo a ganancia en audio, equilibrado de impedancia, inversión de polaridad, envío de cómputo, etc.

**Módulo de abonados RDSI:** conecta abonados RDSI a 144 kbit s<sup>-1</sup> (CCITT). Puede manejar conmutación de circuitos y de paquetes.

**Módulo de abonados digitales:** conecta abonados digitales a 144 kbit s<sup>-1</sup>, análogamente al módulo de abonados RDSI, pero limitándose a los servicios de voz y datos por conmutación de circuitos.

**Módulo de interfaz de unidad remota de abonados:** una pareja de estos módulos conecta un conjunto de unidades remotas en una configuración con multisegregación, por medio de una o dos vías digitales (2,048 Mbit s<sup>-1</sup>). Cada unidad remota de esta configuración puede atender unas 500 líneas, y el total de la configuración a unas 1.000 líneas.

**Módulo de enlaces analógicos:** conecta 36 enlaces analógicos. Este número se reduce a 32 si está provisto de equipo opcional para señalización de supervisión CCITT n° 5 y supresores de eco.

**Módulo de enlaces digitales:** conecta una vía digital a 2,048 Mbit s<sup>-1</sup> (32 canales) ó a 1,544 Mbit s<sup>-1</sup> (24 canales). Puede añadirse equipo digital opcional para señalización de supervisión CCITT n° 5 y supresores de eco.

**Módulo de enlaces RDSI:** conecta una vía digital que maneja llamadas conmutadas por circuitos o por paquetes. Dicha vía puede conectarse a otra central digital de la red pública, a una red de paquetes existente, o a una central privada digital con servicios RDSI.

**Módulo de circuitos de servicio:** proporciona un conjunto de 32 emisores-receptores multifrecuencia para toda una gama de sistemas de señalización, como los CCITT R1, R2, n° 5 y la señalización de teclado. Hay una configuración alternativa con 16 emisores-receptores y un puente digital para conferencia.

**Módulo de reloj y tonos:** suministra las necesarias señales de reloj y tonos digitales, para toda la central. Se equipa siempre un par de módulos de reloj y tonos por razones de fiabilidad.

**Módulo de canal común:** proporciona los niveles funcionales 2 y 3 de las señalizaciones CCITT n° 6 y n° 7. Puede atender hasta 16 enlaces de datos de señalización por canal común.

**Módulo de comunicaciones de datos:** ofrece las funciones de servicios de abonado del nivel 4 y superiores, según define el modelo de referencia ISO para sistemas abiertos. Son ejemplos los bancos de datos para videotex, recogida de datos de telemetría, conversores de protocolo y el correo electrónico.

**Módulo de mantenimiento y periféricos:** se encarga de tres funciones:

- interfaz hombre-máquina (pantalla, impresora) y memoria de masa (disco, cinta)
- coordinación de las actividades de mantenimiento y recuperación del sistema, en condiciones de fallo
- control de la carga de los programas desde la memoria de masa a los microprocesadores distribuidos por la central.

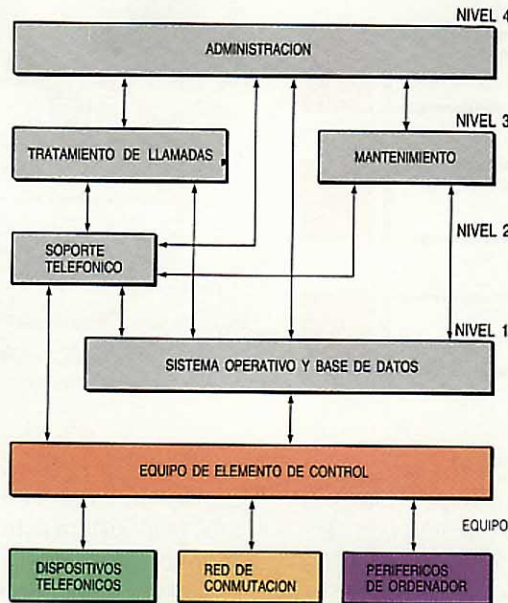
Toda central se equipa siempre con una pareja de módulos.

**Módulo interfaz de operadora:** conecta un grupo de hasta 15 posiciones digitales de operadora, a través de una vía digital.

**Elementos de control auxiliar** (elementos de control no asociados a ningún terminal): se utilizan para distintas funciones. Si falla un elemento de control auxiliar, se le sustituye automáticamente por otro de un grupo de elementos de repuesto.



**Figura 5**  
Estructura de programación del Sistema 12 basada en el concepto de máquina virtual.



puertos de entrada sin relación alguna, y que no se utiliza ningún mecanismo central de control, no se dan aquí los problemas de sobrecarga de red inherentes a los sistemas de control centralizado.

### Módulos del sistema

La gama de módulos del Sistema 12 no tiene límite. El control distribuido y el uso general de interfaces normalizados permiten añadir cuantos nuevos módulos sean necesarios sin afectar notablemente a los módulos existentes. Algunos de los tipos de uso más frecuente se muestran en la figura 1 y se describen brevemente en la tabla 2.

### Estructura de la programación

Para una compañía de ámbito mundial como ITT es importante que la central digital Sistema 12 pueda ser utilizada en diferentes aplicaciones (urbana, tránsito, combinadas) y satisfacer las necesidades de todas las Administraciones. Tal flexibilidad se ha conseguido mediante una programación estructurada con un alto grado de modularidad e independencia entre sus módulos, y que utiliza los lenguajes más adecuados (lenguajes orientados al problema, CHILL, etc.).

### Máquinas virtuales

La programación del Sistema 12 está organizada en niveles jerárquicos que utilizan el concepto de máquina virtual, según el cual los detalles de la realización del equipo físico y de la programación en los niveles

inferiores quedan ocultos para los niveles superiores. La figura 5 muestra estos niveles y su función.

El conjunto de las funciones de programación se distribuye entre los distintos elementos de control del sistema; su realización se apoya en un sistema operativo y un control de la base de datos, ambos distribuidos, en máquinas de mensajes finitos y en máquinas soporte del sistema.

**Máquinas de mensajes finitos (FMM):** El conjunto de programas de aplicación del Sistema 12 se divide en módulos, denominados FMM, que se comunican entre sí mediante mensajes normalizados. Según que las FMM estén o no situadas en el mismo elemento de control, la transferencia de mensajes se hará dentro del propio elemento, o bien a través de la red de conmutación en el caso de elementos de control distintos. Los criterios de asignación de FMM a elementos de control, en una cierta configuración de central, son económicos y de prestaciones.

**Máquinas soporte del sistema (SSM):** Las funciones de programación más utilizadas se realizan como SSM; constan de uno o más procedimientos que pueden ser activados por una llamada a procedimiento desde una FMM o desde el sistema operativo.

**Sistema de control de la base de datos:** El óptimo funcionamiento del control distribuido requiere la distribución de la base de datos. El sistema de control de la base de datos gobierna el acceso a los datos y su actualización dentro de cada elemento de control. Oculta a las FMM la ubicación física de los datos, haciendo así más flexible la programación.

**Sistema operativo:** Como soporte de la ejecución de los programas de aplicación, en cada elemento de control hay un sistema operativo, cuyas funciones específicas incluyen tratamiento de mensajes entre FMM, planificación de procesos y acceso a unidades periféricas.

Se almacena en disco una copia de todos los programas y datos, para realizar una recarga en caso necesario.

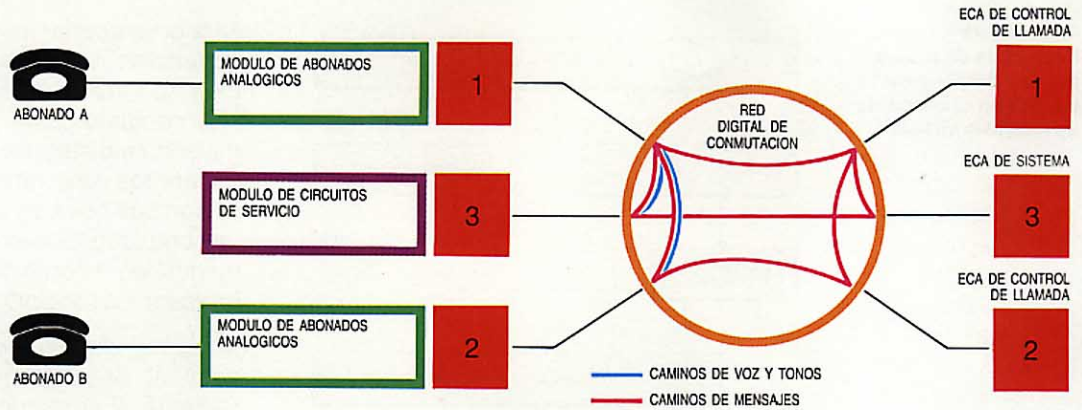
### Establecimiento de llamada

La figura 6 muestra los módulos y los ECA que intervienen en una llamada local entre el abonado A y el abonado B. Se supone que el abonado A dispone de un teléfono con teclado multifrecuencia, por lo que se incluye un módulo de circuitos de servicio para detectar las parejas de frecuencias generadas por este aparato.

Las principales funciones de programación y los tipos de datos asociados con el



**Figura 6**  
Proceso de establecimiento de llamadas.



establecimiento de una llamada local se reparten entre los elementos de control. Los módulos de abonados analógicos se reúnen en grupos pequeños (p. ej., a seis por grupo), cada uno de los cuales está asociado de modo semipermanente con un ECA de control de llamada. En la figura 6, el ECT 1 está asociado al ECA 1, y el ECT 2 al ECA 2; el ECT 3, sin embargo, carece de tal asociación. Las funciones de señalización se reparten entre los ECT 1, 2 y 3 y los ECA 1 y 2. El control de llamada lo proporcionan los ECA 1 y 2, pero sólo está activo en el lado de origen de la llamada (ECA 1 en el ejemplo). El ECA 3 se encarga de la gestión de recursos (la elección de un receptor multifrecuencia en este caso).

La asignación de datos y programas para traducciones es como sigue:

ECT 1 y 2: clase de línea

ECA 1: clase de servicio de origen

ECA 3: análisis de cifras, traducción de número de guía a número de equipo, clase de servicio terminal.

Todas las fases del tratamiento de la llamada (recepción de cifras, llamada, conversación, desconexión) son iniciadas por sucesos telefónicos (toma, recepción de cada cifra, contestación, señal de desconexión) que originan la activación de los procesos de programación en los elementos de control, y el intercambio de mensajes entre dichos elementos<sup>5</sup>.

### Disponibilidad del sistema

Para conseguir una elevada disponibilidad del sistema se utilizan varias clases de redundancia. En la red digital de conmutación se equipan como mínimo dos planos, y los conmutadores de acceso van siempre duplicados. Hay multiplicidad de caminos en la red.

Algunos módulos, tales como los de abonados analógicos y los de abonados digitales, se agrupan en parejas con control

duplicado, pudiendo así un ECT asumir el control de ambos terminales cuando el otro ECT falle, o para actualizar la programación. Algunos módulos (p. ej., el módulo de circuitos de servicio) se dimensionan en base  $n + m$ , mientras que otros se duplican (módulo de reloj y tonos). Se consigue una alta disponibilidad de los ECA en el sistema mediante la sustitución automática de éstos por otros ECA de reserva. En funciones muy críticas, se utilizan parejas de ECA: uno activo y otro en espera.

### Práctica de equipo

Se utiliza un tamaño único de placa. Los bastidores tienen 2,10 m de alto, 0,90 m de ancho y 0,45 m de fondo. Contienen siete cuadros y una unidad superior, pudiendo un



Principales componentes de la práctica de equipo normalizada Sistema 12.



cuadro albergar hasta 32 placas. La mayoría de las conexiones dentro del cuadro se realizan mediante paneles posteriores impresos, aunque en algún caso excepcional se utilizan conexiones enrolladas. La conexión entre cuadros, ya sean del mismo o de distinto bastidor, se hace por cables enchufables. Las partes frontal y posterior del bastidor se cierran con puertas de aluminio. El cableado entre bastidores y con el repartidor principal discurre bajo el falso suelo o, si se prefiere, sobre una rejilla de cables elevada.

El equipo es muy compacto; un bastidor de líneas analógicas aloja 1.024 circuitos de línea. La figura 7 muestra el número de bastidores y espacio en planta necesarios para una central típica de 10.240 líneas. En condiciones climáticas medias, las centrales del Sistema 12 se refrigeran por convección.

**Ventajas esenciales del Sistema 12**

*Capacidad de control ilimitada*

La arquitectura totalmente distribuida del Sistema 12 permite que tanto la capacidad de tráfico (en erlangs) como la de llamadas crezca a la par que el tamaño de la central. La capacidad de llamadas es una magnitud dimensionable según las necesidades. Esto permite realizar sistemas de gran tamaño, sin tener que recurrir a configuraciones múltiples para formar una sola central (se evita la doble conmutación y la partición de los grupos de enlaces).

*Inmunidad a los fallos*

El Sistema 12 se basa en módulos terminales inteligentes, cada uno de los cuales posee un elemento de control con microprocesador. El tratamiento de una llamada requiere sólo unos pocos de los numerosos elementos de control, y ello hace al sistema muy resistente ante fallos de grandes proporciones. Un fallo total del sistema es prácticamente imposible, como ya se ha demostrado en las centrales en servicio<sup>6</sup>.

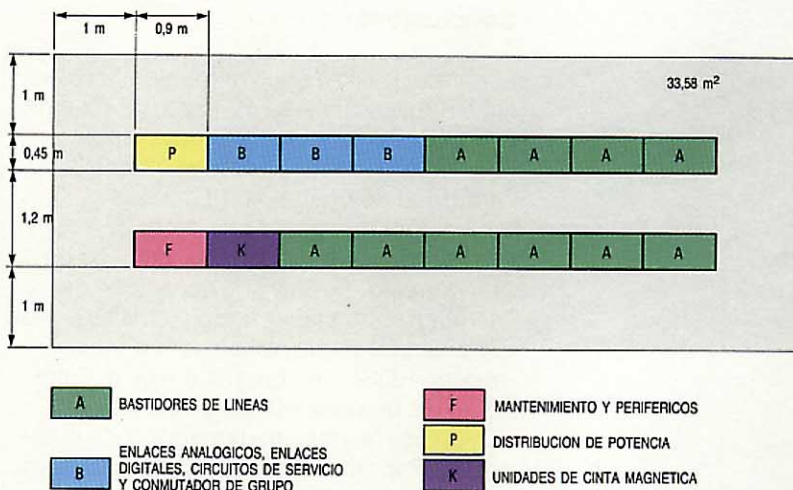
*Un sistema único para toda la gama*

En un sistema de control distribuido, el número de circuitos periféricos y elementos de control, así como el tamaño de la red de conmutación, crecen linealmente con la capacidad de la central requerida. Un solo sistema cubre todo el espectro de centrales, desde las pequeñas a las muy grandes.

*Evolución hacia la RDSI*

Dos características clave del Sistema 12 permiten su evolución sin obstáculos hacia la era RDSI.

Primeramente, la RDSI requiere nuevos interfaces con el entorno exterior, además de los de la telefonía tradicional. Todos los módulos del Sistema 12 contienen su propio elemento de control, y el tratamiento de las llamadas originadas en un determinado módulo sólo implica a unos pocos elementos de control más. Es así factible disponer de distintos módulos y elementos de control, cuya programación se adapte a tipos concretos de usuarios. De este modo los módulos de abonados telefónicos convencionales pueden coexistir en la misma central con módulos de abonados RDSI, siendo escasa la interacción entre ellos, excepto para el establecimiento de llamadas de voz. Se prevé que el tráfico RDSI aumen-



**Figura 7**  
Plano de planta típico de una central Sistema 12 de 10.240 líneas.

tará notablemente el número de intentos de llamada. Gracias a la independencia entre los distintos tipos de módulos, éstos y los elementos de control pueden dimensionarse de acuerdo con la capacidad de llamadas necesaria.

En segundo lugar, los servicios RDSI cursarán una mezcla de tráficos conmutados por circuitos y por paquetes. La red digital de conmutación utilizada en el Sistema 12 no depende de mecanismos centralizados de búsqueda y establecimiento de caminos; antes bien, el control desde sus extremos permite establecer a la vez muchos caminos procedentes de distintos puertos. Esta modalidad de funcionamiento permite el envío de paquetes individuales a través de la red, convirtiéndose ésta en el vehículo ideal para una RDSI con auténtica integración de la conmutación de circuitos y de paquetes en una sola red.

*Tecnología*

El control totalmente distribuido del Sistema 12 da lugar a una estructura muy uniforme, tanto para los módulos como para la red



digital de conmutación. Esta última es básicamente un gran conjunto de circuitos integrados de un solo tipo.

Con esta estructura uniforme se potencia una amplia utilización de unos pocos tipos de LSI, a la vez que se simplifica la futura introducción de componentes LSI y VLSI más avanzados. De ello también ha resultado que el sistema contiene muy pocos tipos distintos de placas: 35 en una central típica.

Además, con sólo ocho tipos de placas se cubre el 80% de una central como la mencionada, lo cual supone ventajas en lo relativo a procedimientos de prueba, cantidad de repuestos, formación y posibilidad de fabricación local.

### Conclusiones

El control totalmente distribuido hace que las centrales Sistema 12 sean capaces de crecer gradualmente desde los tamaños pequeños a los más grandes. Como la capacidad de control aumenta con el tamaño del sistema, no se producen congestiones ni siquiera en las centrales de gran tamaño. Además, la capacidad de llamadas es ajustable, y el sistema se puede dimensionar como se requiera en un entorno RDSI. En consecuencia, el Sistema 12 es un conmutador universal que cubre toda la gama de tamaños y de jerarquías, proporcionando así una flexibilidad inigualada para la planificación de redes.

El control de la red digital de conmutación está totalmente distribuido por toda ella, permitiendo tanto la conmutación de circuitos como la de paquetes. Por ello el Siste-

ma 12 es también universal en el sentido de que integra realmente ambos tipos de conmutación en un único sistema, cualidad óptima para su aplicación a la futura RDSI.

Desde el punto de vista tecnológico, la estructura uniforme permite incorporar nuevos componentes con mejores prestaciones, más pequeños, de menor potencia, mayor fiabilidad, y mayor complejidad (VLSI), sin afectar a la estructura básica<sup>7</sup>. Por su arquitectura y tecnología, el Sistema 12 está perfectamente preparado para marchar al compás de la evolución de las telecomunicaciones en las próximas décadas.

### Referencias

- 1 S. R. Treves y D. C. Upp: Sistema 12: Técnicas de aplicaciones RDSI en banda ampliada: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 131–136 (en este número).
- 2 A. Chalet y R. Drignath: Sistema 12: Arquitectura del módulo de datos incluyendo operación con paquetes: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 112–119 (en este número).
- 3 J. M. Cotton, K. Giesken, A. Lawrence y D. C. Upp: Central digital ITT 1240: Red digital de conmutación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 148–160.
- 4 W. Frank, M. Rahier, D. Sallaerts y D. C. Upp: Sistema 12: Puerto doble de conmutación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 54–59 (en este número).
- 5 M. Van Brussel y A. Campos Flores: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red local: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 218–234.
- 6 K. J. Hamer-Hodges, G. De Wachter y H. Weisschuh: Sistema 12: Integración y experiencias de campo: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 12–19 (en este número).
- 7 M. Mauger: Sistema 12: Arquitectura para el cambio: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 35–41 (en este número).



# Sistema 12

## Mejoras tecnológicas

A lo largo de los últimos años, se han incorporado avances tecnológicos y nuevos servicios al Sistema 12, dentro de su arquitectura de control distribuido, demostrando así su "seguridad ante el futuro". Además, el uso de la arquitectura del Sistema 12, se ha extendido desde la conmutación telefónica a otras aplicaciones, como los sistemas de comunicación digital para empresas.

### R. Cohen

International Telecommunications Center,  
Bruselas, Bélgica

### Introducción

Durante la década de los setenta, y sobre todo en su segunda mitad, ITT emprendió numerosos estudios y proyectos encaminados a determinar la estrategia óptima para el desarrollo de un sistema de conmutación digital. Una de las cuestiones básicas consistía en si el nuevo sistema debería o no basarse en el METACONTA\*, sistema de conmutación analógica con programa almacenado que a la sazón tenía notables éxitos. Dado el considerable avance de la tecnología de semiconductores desde que fue desarrollado el Metaconta, y teniendo en cuenta que tal avance había de continuar a ritmo acelerado, se decidió que era ya el momento de dar un salto importante en la técnica de la conmutación, sólo comparable con el tránsito desde los sistemas paso a paso a los controlados por registrador y,

posteriormente, a los de control centralizado por programa almacenado.

Cuando se llegó a tal conclusión, en 1979, se decidió basar la arquitectura del Sistema 12, no en la tecnología de semiconductores entonces existente, sino en la que se pronosticaba para el momento en que comenzara la producción.

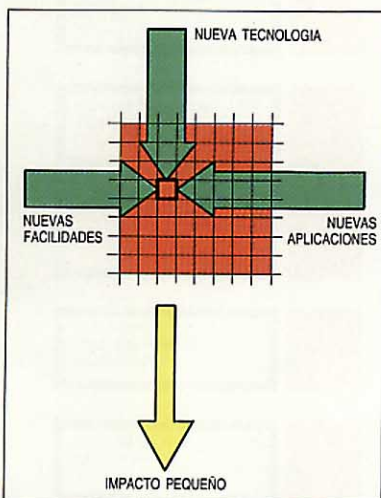
El rápido progreso de la tecnología de semiconductores, de la informática y de las necesidades de un servicio de telecomunicación moderno inciden negativamente sobre la vida útil de un sistema de telecomunicación, a no ser que dicho sistema pueda asimilar en su provecho todos estos cambios. En consecuencia, se decidió que el Sistema 12 debería ser capaz de afrontar el paso del tiempo, y para ello su diseño partió de una arquitectura de control distribuido realmente revolucionaria, la cual permite ir incorporando nuevas tecnologías, servicios y aplicaciones con un impacto mínimo sobre las centrales ya en servicio. Según exponen los artículos de este número de *Comunicaciones Eléctricas*, la experiencia ha demostrado el logro de este importante objetivo.

Desde que se instalaron las primeras centrales Sistema 12 a finales de 1981 en Bélgica y en la República Federal de Alemania, son muchas las administraciones telefónicas que han decidido introducir el Sistema 12 en sus redes, movidas en gran parte por la capacidad del sistema para aprovechar los futuros avances en semiconductores, y para cursar tanto servicios telefónicos como no telefónicos en futuras RDSI de banda normal y de banda ampliada.

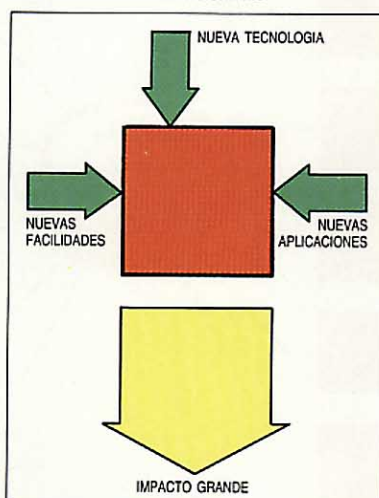
Las conversaciones mantenidas con las administraciones tanto para examinar con

Un rasgo importante del Sistema 12 es su acomodación al futuro. La arquitectura, a base de equipos y programas modulares, ofrece flexibilidad para introducir tecnologías avanzadas, nuevas facilidades y nuevas aplicaciones con impacto mínimo sobre el equipo existente.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA 12



ARQUITECTURAS CONVENCIONALES



\* Marca registrada del Sistema ITT



detalle sus requisitos como para analizar la evolución prevista de sus redes, junto con el continuo progreso tecnológico, han conducido a una serie de proyectos de desarrollo evolutivo a lo largo de 1982 y 1983. En este artículo se destacan las principales áreas cubiertas en tal programa de desarrollo, y se pasa revista a los nuevos campos de aplicación del Sistema 12. El lector podrá encontrar más detalles en otros artículos de este número. Los desarrollos posteriores dependerán del progreso tecnológico futuro y de las necesidades de nuevos servicios y prestaciones.

### Objetivos del programa de desarrollo evolutivo

La evolución del Sistema 12 tuvo que definirse de forma que fuese compatible con el diseño actual y no comprometiese la flexibilidad del sistema para continuar su evolución y acomodarse a nuevas necesidades. En contraste con otros sistemas digitales, esto no planteó ningún problema, dado que una característica esencial de la arquitectura modular distribuida del Sistema 12 es la de permitir una evolución sencilla. Una de las áreas de investigación más importantes han sido los nuevos requisitos de las administraciones, sobre todo en cuanto a la introducción de RDSI. Además, para planificar los programas de desarrollo evolutivo se ha contado con la experiencia acumulada en la ingeniería, fabricación, instalación y funcionamiento.

El desarrollo ha considerado también los avances en la tecnología de semiconducto-

res, analizando los beneficios que aportan las mejoras introducidas con relación al esfuerzo I + D necesario.

Como resultado se acometieron proyectos de desarrollo en los siguientes campos:

- tecnología y equipo físico
- programación y sus herramientas
- nuevos servicios
- nuevos productos basados en el Sistema 12.

El progreso en los dos primeros campos viene condicionado por los avances en la tecnología de semiconductores y en las técnicas de programación. En los dos últimos, el desarrollo se guía por las recomendaciones del CCITT y los requisitos de administraciones y usuarios.

### Tecnología y equipos

En el diagrama de bloques de una central Sistema 12 (Fig. 1) aparecen sus componentes básicos: la red digital de conmutación con el control distribuido incorporado para la búsqueda y establecimiento de caminos, los módulos terminales provistos de microprocesador, y los elementos de control auxiliar.

Varios módulos terminales han evolucionado ya en su diseño (p. ej., el módulo de abonados analógicos, los módulos de enlaces analógicos y digitales). La compatibilidad con las versiones anteriores de dichos módulos ha quedado asegurada, al mantenerse el interfaz normalizado con la red de conmutación.

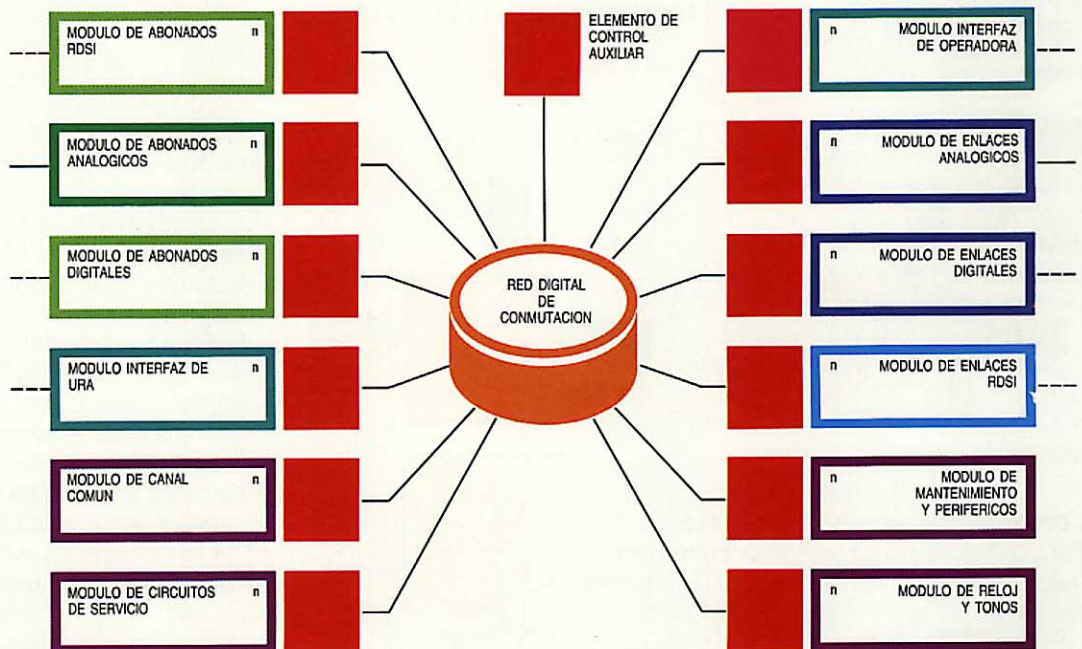
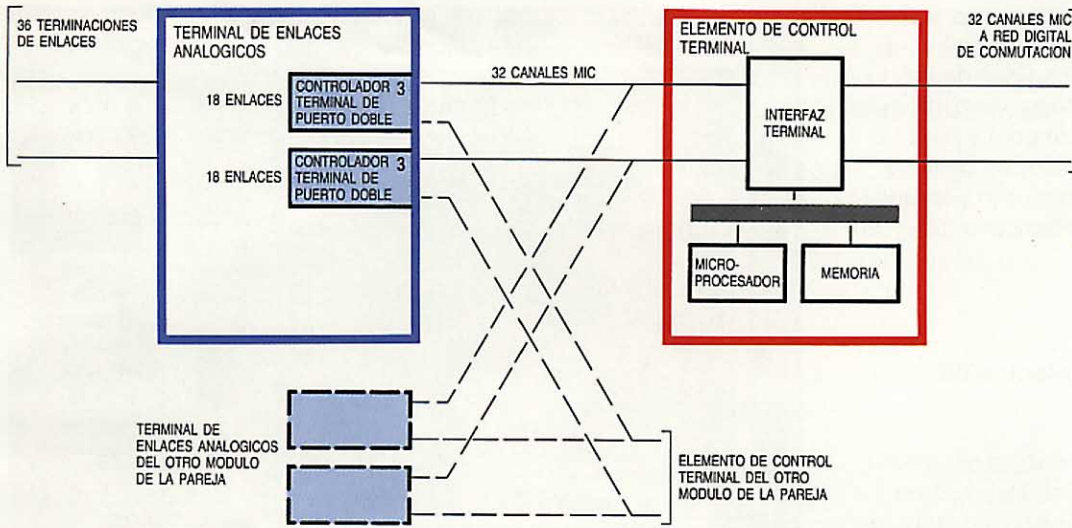


Figura 1  
Arquitectura de una central Sistema 12.





**Figura 2**  
Módulo de enlaces analógicos.

**Circuitos de línea y enlace analógicos**

Se ha dado preferencia a potenciar los circuitos de línea y de enlace, por su gran impacto sobre la totalidad del sistema.

Se han desarrollado nuevos circuitos VLSI a medida para reducir el consumo y el espacio, y aumentar la fiabilidad<sup>1</sup>. Tres de ellos utilizan tecnología CMOS de 3 μm, y sus funciones son:

- proceso digital de señal: muestreo rápido (1 MHz), conversión analógico/digital, filtrado digital, ajuste digital del nivel y equilibrado digital
- cambio de código, del lineal obtenido a la salida del procesador digital de señal, a codificación con ley A o ley μ, para un grupo de 8 líneas ó 6 enlaces.
- control y multiplexación de un grupo de 8 líneas o de 6 enlaces.

Los otros dos nuevos circuitos VLSI utilizan las tecnologías TRIMOS (semiconductor de óxido metálico triac) y BIMOS (combinación de tecnología bipolar y CMOS)<sup>1</sup>. En tecnología TRIMOS se realiza un circuito con conmutadores de estado sólido de alta tensión (300 V), que sustituyen a los relés miniatura utilizados en los anteriores circuitos analógicos de línea y enlace. La tecnología BIMOS se utiliza en un circuito interfaz de línea que proporciona alimentación, supervisión y transformación 2/4 hilos.

La aplicación de esta tecnología permite montar 8 circuitos de línea ó 6 circuitos de enlace en una placa normalizada del Sistema 12, aumentando así la capacidad de un bastidor hasta 1.024 líneas.

**Control de los circuitos terminales**

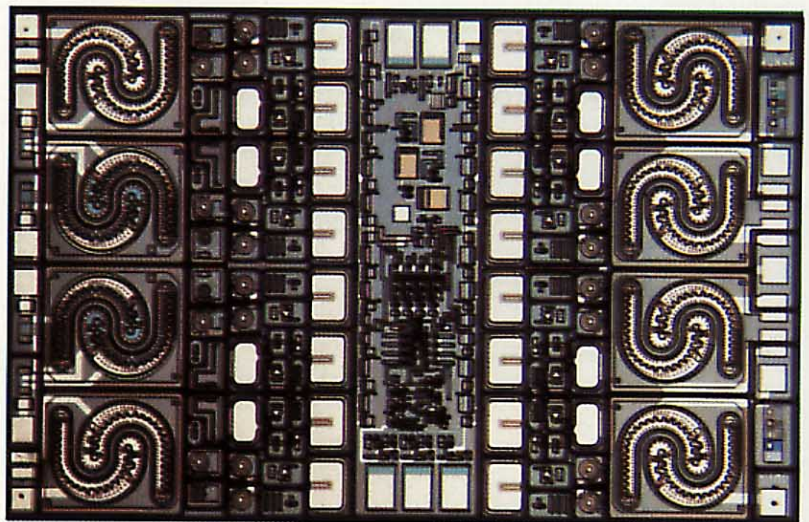
Para controlar los grupos de circuitos terminales de un módulo desde el ECT, a través del canal 16 de la vía MIC, se utiliza un interfaz serie, el controlador terminal de

puerto doble, que reviste la forma de un VLSI a medida (véase la figura 2 para el módulo de enlaces analógicos). Esto permite emparejar los módulos de abonados o de enlaces, y si falla uno de los ECT del par el otro puede asumir el control de ambos terminales. Otra ventaja de esta disposición es que las recargas de programas y el mantenimiento de los ECT pueden realizarse sin afectar al servicio<sup>2,3,4</sup>. Asimismo, ofrece redundancia ante ciertos fallos del equipo, mejorando todavía más la continuidad del servicio.

**Memorias del procesador**

Aunque la RAM de 64 k-octetos hasta ahora utilizada sea muy adecuada para el Sistema 12, se dispone ya de una nueva RAM de 256 k-octetos que permite un empaquetamiento más eficaz y, sobre todo, proporciona a los ECT la memoria suficiente para realizar funciones de control de llamadas además de las de control terminal. Se avanza así hacia una mayor distribución funcional en el

**Conmutador de alta tensión para corriente de llamada y acceso a pruebas, realizado en tecnologías TRIMOS de 300 V y CMOS de 15V.**





Sistema 12. Los módulos de líneas y de enlaces se convierten ahora en "minicentrales", apoyadas por otros tipos de módulos (módulo de circuitos de servicio, módulo de mantenimiento y periféricos) y por los ECA de sistema, para funciones como la señalización, el encaminamiento y la tarificación. Este concepto se aplica también en los módulos RDSI<sup>5</sup>.

### Programación y herramientas de programación

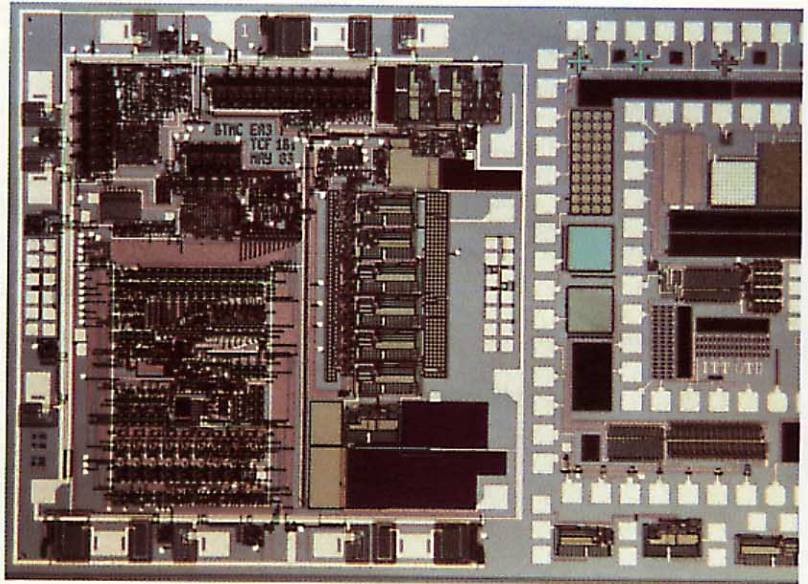
La estructura y realización de la programación del Sistema 12 se diseñaron como complemento de la arquitectura distribuida del sistema. Concretamente, los principios de modularidad y de interfaces por mensajes claramente definidos y controlados, se han mantenido con todo rigor.

En otro artículo de este mismo número<sup>6</sup> se exponen los conceptos de programación del Sistema 12; las herramientas soporte se han descrito ya con anterioridad<sup>7</sup>. No obstante, hay dos temas de programación especialmente vinculados al desarrollo evolutivo: la asignación y la preparación de paquetes de programación para centrales de un determinado sector del mercado.

#### Asignación de los programas

Cuando se decidió incorporar el control de llamadas en los ECT, se sabía que esto era fácil de conseguir desplazando los programas de tratamiento de llamadas de los ECA a los ECT, como indica la figura 3. Y ha podido realizarse gracias al carácter libremente asignable y reubicable de los programas, uno de los primeros objetivos del diseño. Esto también se aplica al definir los paquetes de programación para centrales de un cierto sector del mercado.

Esta libertad de asignación y reasignación no es sino el resultado de utilizar un diseño modular basado en FMM (máquinas de mensajes finitos) que se comunican entre sí mediante conjuntos definidos de mensajes, transferidos siempre de la misma manera, tanto si las dos FMM implicadas residen



Convertor de línea a ley A/ley  $\mu$  y circuito de cómputo remoto para utilización en el transcodificador. Está realizado en tecnología ISO-CMOS de 3  $\mu$ m.

en el mismo como en diferentes procesadores. En el primer caso la transferencia es interna, dentro del propio procesador; en el segundo caso, se realiza a través de la red digital de conmutación. Tras la reubicación en el ECT de los programas de tratamiento de llamadas de un ECA, algunos mensajes seguirán utilizando la red digital de conmutación, mientras que otros se convierten en mensajes internos.

#### Paquetes de programas para sectores del mercado

Con el fin de reducir al mínimo el trabajo de producir cintas de sistema para las centrales individuales, es importante utilizar la misma asignación de programas en todas las centrales con las mismas características y servicios, pertenecientes a un sector del mercado. Para lograrlo, se definen y prueban los programas para cada tipo de elementos de control que se necesite en tales centrales. Estos procesos se llevan a cabo tanto para la programación residente (segmentos genéricos de carga), que está ubicada permanentemente en la memoria de un elemento de control, como para los programas no residentes (segmentos

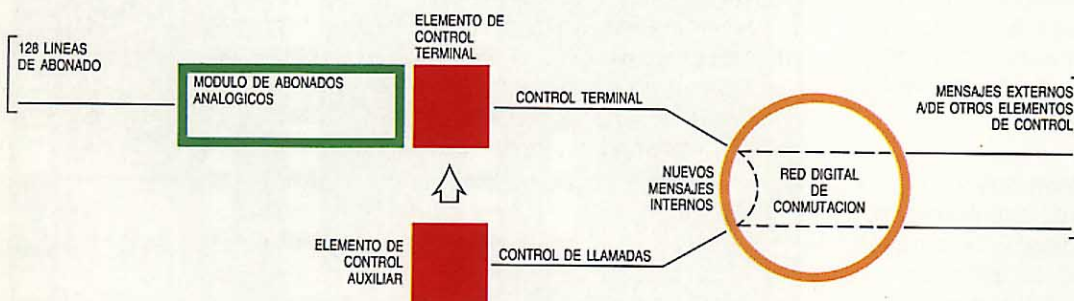


Figura 3 Reubicación de los programas de control de llamadas, del ECA al ECT.



genéricos no residentes), que se cargan desde el disco a la referida memoria. Ambos tipos de programas están constituidos por FMM y SSM (máquinas soporte del sistema). Tras definir los segmentos genéricos de carga y los no residentes para el sector del mercado en cuestión, se integran y prueban dichos paquetes con el fin de garantizar una calidad elevada (es decir, la ausencia de defectos de programación).

Existen herramientas de programación para soporte del desarrollo y la producción de programas para una determinada central, obteniéndose finalmente cintas de sistema que contienen paquetes de programas de gran calidad, previamente probados<sup>6</sup>.

### Nuevos servicios

En la actualidad están ya desarrollados y en uso la mayoría de los servicios telefónicos típicos. El desarrollo evolutivo se concentra en aquellos servicios que son objeto de nuevas recomendaciones del CCITT, ya emitidas o a punto de serlo.

El grupo más importante se refiere a la RDSI, para la cual hay módulos ya terminados y otros en curso de desarrollo que se utilizarán por primera vez en las pruebas de campo de Bélgica, Italia, España y Alemania<sup>8,9</sup>, abarcando, entre otros, los servicios de telefonía digital por conmutación de circuitos, facsímil y teletex por conmutación de paquetes, en los canales B y D. Para estos módulos se están desarrollando circuitos VLSI a medida.

Los módulos de abonados y de enlaces RDSI se conectan a la red digital de conmutación por medio del interfaz normalizado (Fig. 1). Los mensajes definidos para la comunicación entre procesadores son compatibles con los utilizados en los módulos equipados inicialmente para telefonía<sup>5</sup>.

La experiencia adquirida en las pruebas de campo servirá para desarrollar las versiones definitivas de los módulos RDSI.

Otra de las mejoras de diseño se relaciona con la RDSI de banda ampliada. A diferencia de otros muchos sistemas de conmutación, el Sistema 12 puede establecer fácilmente caminos de  $n \times 64 \text{ kbit s}^{-1}$  con integridad de los intervalos elementales de tiempo, utilizando la anchura de banda sobrante en la red digital de conmutación del Sistema 12 para transmitir un identificador de multitrama, que permita al módulo de enlaces receptor restablecer la coherencia de los intervalos de tiempo con el extremo transmisor. Este procedimiento se incorporará en un módulo de abonados de banda ampliada<sup>10</sup>.

### Productos basados en el Sistema 12 y nuevas aplicaciones del mismo

Las soluciones ofrecidas por el Sistema 12 — equipamiento modular, control distribuido, técnicas de programación, programas, herramientas de programación — son también valiosas para el desarrollo de otros productos y para ampliar el campo de aplicación del Sistema 12 hasta límites no contemplados en el diseño primitivo. Las nuevas aplicaciones más importantes son:

- Centro de servicio de red; mediante esta configuración, basada en el Sistema 12, se pueden concentrar en un lugar único de la red<sup>11</sup> las funciones de operación y mantenimiento (comunicación hombre-máquina, registro de la tarificación, gestión de la red) correspondientes a varias centrales del Sistema 12.
- Sistema de comunicaciones de empresa ITT 5630; se trata de una central privada digital que cubre la gama de 60 a 10.000 extensiones<sup>12</sup>.
- Conmutación mediante el Sistema 12 en el sistema de satélite alemán DFS<sup>13</sup>.
- Aplicación del Sistema 12 a sistemas móviles de tipo radio-celular<sup>14</sup>.
- Utilización del Sistema 12 como adjunto digital para prolongar la vida útil de una central analógica existente, técnica que se está utilizando en la red norteamericana<sup>15,16</sup>.

En la mayoría de estas aplicaciones, y en otras similares, el carácter modular del Sistema 12 ha determinado que puedan añadirse nuevos módulos terminales y programas nuevos o modificados, sin alterar la arquitectura del sistema. Ello demuestra claramente la seguridad ante el futuro inherente al Sistema 12.

### Conclusiones

Las mejoras incorporadas al Sistema 12 desde su concepción primitiva, muestran cuán sencilla es la adición de nuevos servicios y la incorporación de las tecnologías que van apareciendo. Los conceptos de interfaz normalizado y de control distribuido garantizan que todo tipo de mejoras es compatible con los diseños anteriores, y que el Sistema 12 mantiene intacta su flexibilidad para ulteriores progresos.

Las necesidades de evolución vendrán dictadas por nuevas necesidades y por el constante avance de la tecnología de semiconductores, así como por el ritmo de introducción del concepto RDSI por parte



de las administraciones. ITT dará cumplida respuesta a este reto, garantizando un bajo coste global y una larga vida útil para el Sistema 12.

**Referencias**

- 1 R. Chea, W. Cochran, J. Danneels y P. Wöhr: Sistema 12 Line Circuit Technology: *Proceedings of the International Switching System*, Florencia, 7-11 mayo 1984, volumen 3, sesión 32A, documento 3.
- 2 R. H. Mauger: Sistema 12: Arquitectura para el cambio: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 35-42 (en este número).
- 3 J. Danneels y A. Vandeveld: Sistema 12: Circuito de línea analógica: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 43-47 (en este número).
- 4 J. J. van Rij y P. Wöhr: Sistema 12: Circuitos de enlace analógicos y digitales: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 48-53 (en este número).
- 5 A. Chalet y R. Drignath: Sistema 12: Arquitectura del módulo de datos incluyendo operación con paquetes: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 112-119 (en este número).
- 6 G. Becker, R. S. Chiapparoli, R. S. Schaaf y C. Vander Straeten: Sistema 12: Programación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 60-67, (en este número).
- 7 C. G. Dennenberg y J. H. Newey: Central digital ITT 1240: Sistemas soporte del producto: *Comunicaciones Eléctricas*, 1982, volumen 56, nº 2/3, págs. 274-282.
- 8 F. Haerens, B. Rossi y J. Serrano: Sistema 12: Pruebas de campo RDSI en las redes belga, italiana y española: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 89-97 (en este número).
- 9 D. Becker y H. May: Sistema 12: Servicio piloto RDSI de la Administración alemana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 98-104 (en este número).
- 10 S. R. Treves y D. C. Upp: Sistema 12: Técnicas de aplicaciones RDSI en banda ampliada: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 131-136 (en este número).
- 11 J. Van Walle y F. Peeters: Centralized Operation, Maintenance, and Call Charge Recording: *Proceedings of the International Switching Symposium*, Florencia 7-11 mayo 1984, sesión 43B, documento 3.
- 12 A. Bessler, M. E. Edelmann y L. Lichtenberg: Sistema 12: Sistema de comunicaciones de empresa ITT 5630: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 179-187 (en este número).
- 13 K. Nigge, K. Rothenhöfer y P. Wöhr: Conmutación para el sistema por satélite alemán: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 137-144 (en este número).
- 14 G. Adams, M. Böhm y K. D. Eckert: Sistema 12: Aplicaciones a radio móvil celular: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 212-219 (en este número).
- 15 J. Cox y R. E. Pickett: Sistema 12: Papel del adjunto digital en el desarrollo de la red: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 195-199 (en este número).
- 16 R. E. Pickett: Sistema 12: Evolución hacia la red 2000 en los Estados Unidos: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 188-194 (en este número).



# Sistema 12

## Arquitectura para el cambio

La arquitectura de control distribuido del Sistema 12 fue concebida en una época en que eran inevitables grandes cambios en las redes de telecomunicación del mundo, probablemente cada vez más aprisa y durante largos años. Esta arquitectura ha demostrado ya su capacidad para adaptarse al cambio a medida que el Sistema 12 evoluciona para satisfacer nuevas exigencias.

**R. H. Mauger**

International Telecommunications Center,  
Bruselas, Bélgica

### Introducción

Cuando comenzó el desarrollo del Sistema 12 al final de los 70, ITT reconoció que en los 80 se iniciaría un periodo de rápida transformación en las redes mundiales de telecomunicación, cambio que continuaría al menos hasta final de siglo, impulsado por los rápidos avances en la tecnología VLSI y las crecientes demandas de servicios más complejos por parte de los abonados. Así, uno de los objetivos primarios en dicho desarrollo fue diseñar una arquitectura "segura ante del futuro", esto es, que admitiese una evolución en tecnología y servicios sin cambios fundamentales en sí misma. En efecto, tan esencial se consideró este objetivo que el diseño del Sistema 12 no tomó como base la tecnología de componentes disponible en aquel momento, sino la tecnología VLSI que ITT esperaba poseer cuando el desarrollo estuviese terminado.

De ello ha resultado la arquitectura de control distribuido del Sistema 12, hoy bien conocida, con su amplia modularidad, interfaces normalizados e inteligente red digital de conmutación, que realmente está diseñada para el cambio. Pueden desarrollarse nuevos módulos para prestar servicios adicionales, o bien rediseñarse los módulos existentes para beneficiarse de la tecnología VLSI avanzada; unos y otros se conectan al sistema mediante interfaces normalizados sin afectar al funcionamiento del resto de la central.

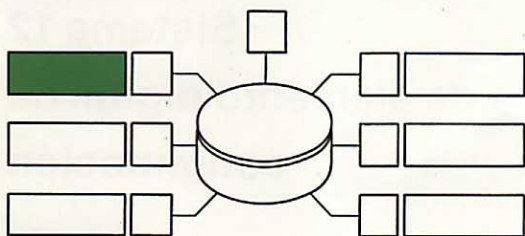
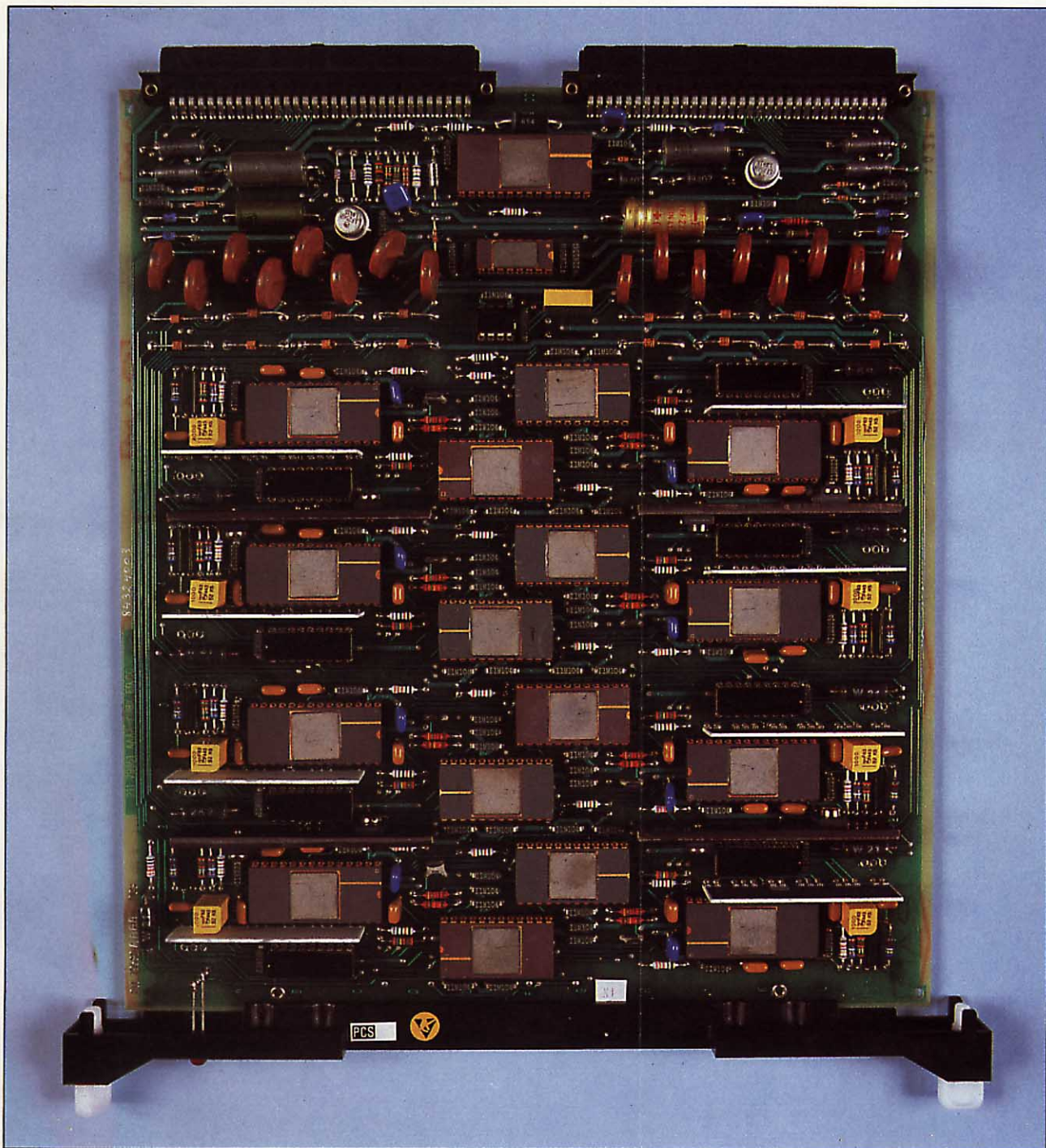
Los conceptos arquitectónicos han demostrado ya su valor al permitir mejorar los módulos de enlaces digitales y abonados analógicos para aprovecharse del diseño, más efectivo en coste, de circuitos VLSI a medida. La red digital de conmutación se ha beneficiado también de la tecno-

logía VLSI de  $3\mu\text{m}$  con el diseño a medida de un nuevo puerto doble de conmutación. Además se han desarrollado módulos nuevos para uso en la futura RDSI, entre ellos el módulo de abonados RDSI, módulo de enlaces digitales y módulo de enlaces RDSI.

De igual modo que los referidos cambios en el equipo físico, se han realizado cambios evolutivos más generales en el Sistema 12, entre los que destacan los siguientes:

- Aumento del número de líneas por bastidor hasta 1.024, utilizando tecnología CMOS. Se mantiene así el liderazgo del Sistema 12 en cuanto a espacio ocupado en la central y disipación de calor.
- Mayor disponibilidad al utilizar una configuración por parejas (control doble) en algunos módulos, con el fin de cumplir lo exigido por las compañías explotadoras de Estados Unidos, que especifican valores mucho más altos de disponibilidad de líneas y enlaces que los recomendados por el CCITT.
- Incorporación de nuevas posibilidades de conmutación digital para RDSI (conmutación de paquetes y conmutación digital de banda ampliada). Aunque el CCITT todavía no ha emitido recomendaciones completas para los servicios basados en estas facilidades, la gran anticipación necesaria para el diseño a medida de los nuevos circuitos VLSI obligó a crear la infraestructura que requieren la conmutación de paquetes y la conmutación digital de banda ampliada. La naturaleza genérica del equipo físico asegura que éste no quedará anticuado frente a futuras recomendaciones del CCITT.

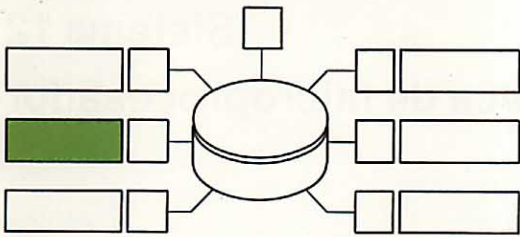
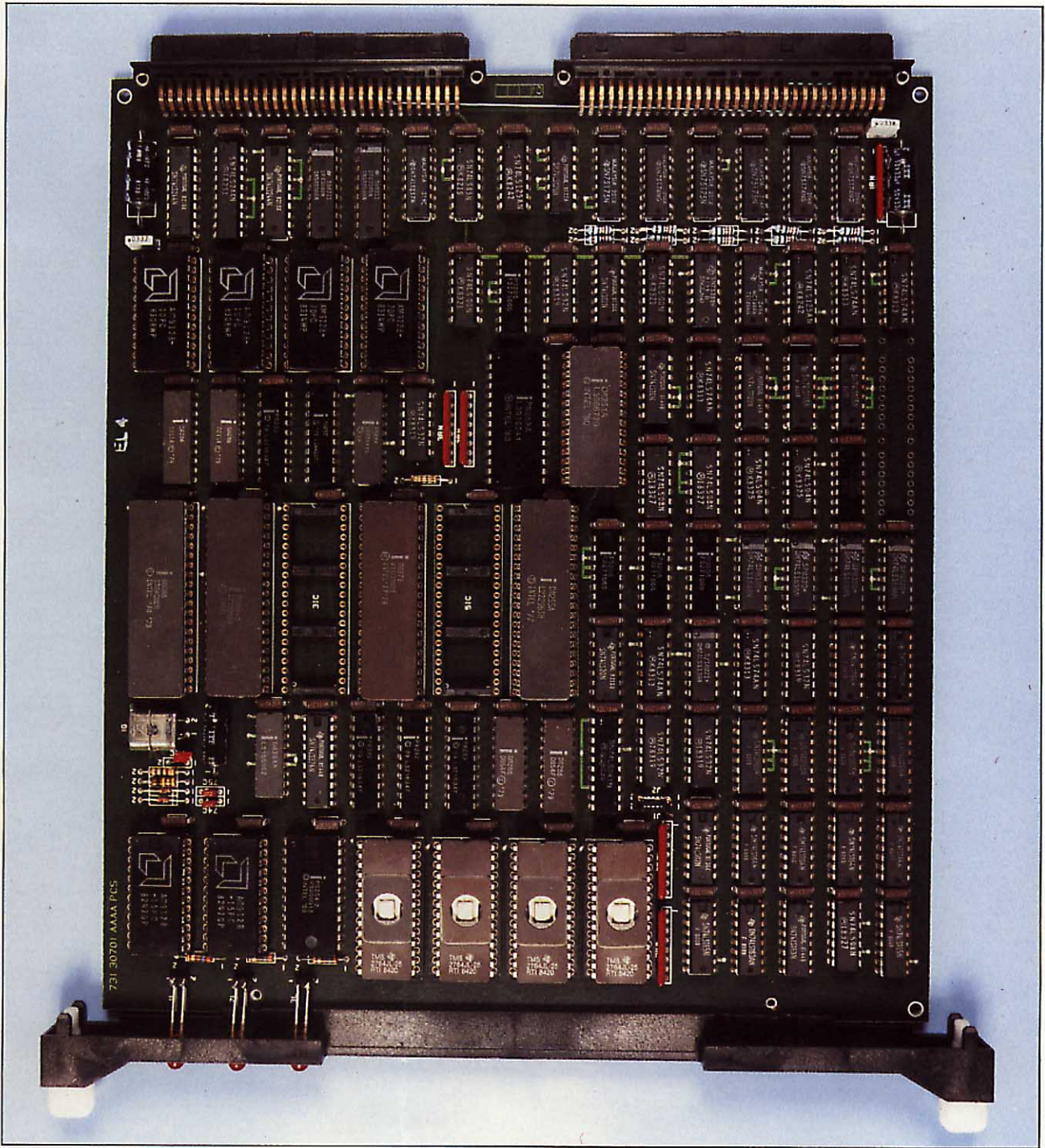




**Sistema 12**  
**Placa de circuito de**  
**línea analógica**

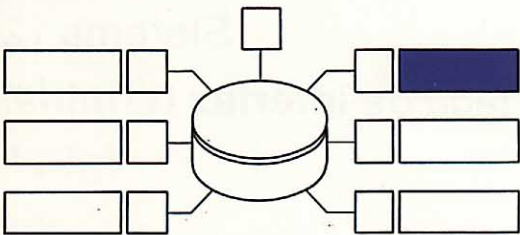
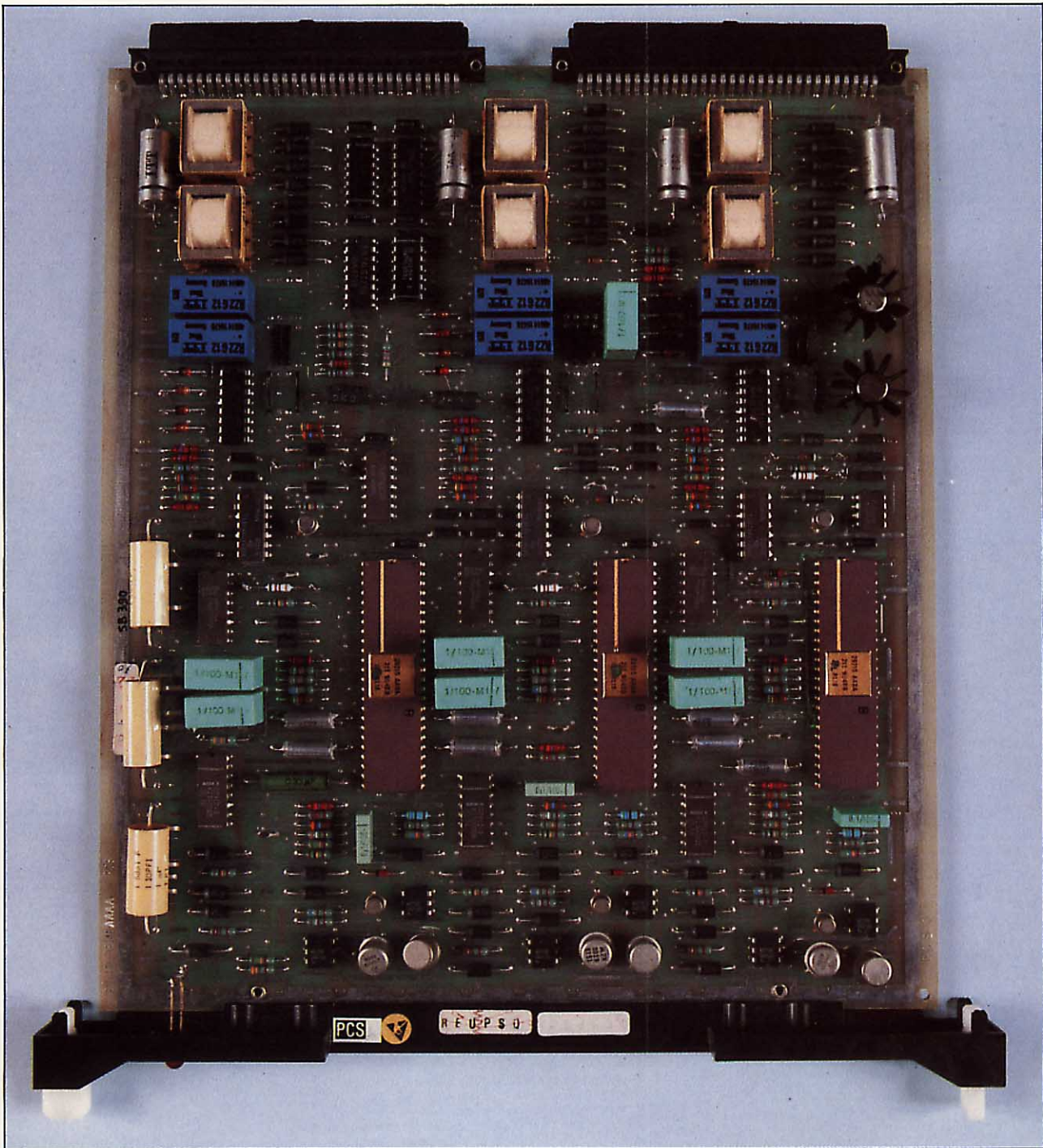
**Ejemplos de placas de circuito impreso**  
**utilizadas en centrales Sistema 12**





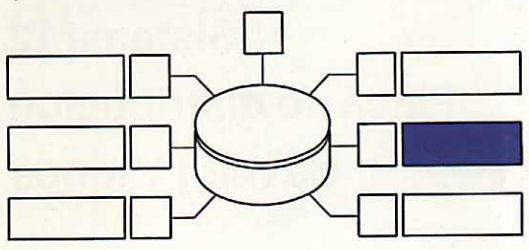
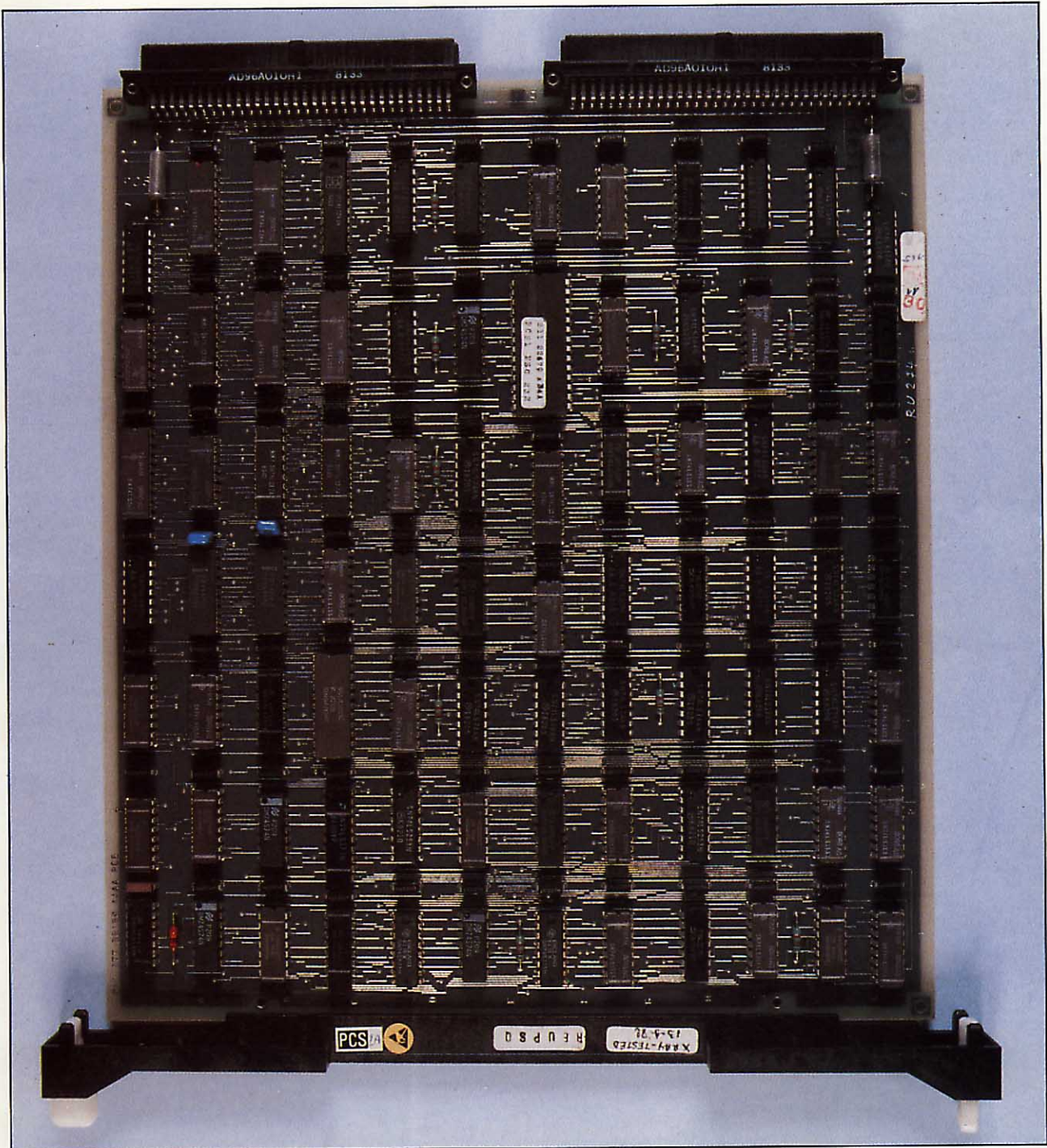
**Sistema 12**  
**Placa de circuito de**  
**línea digital**





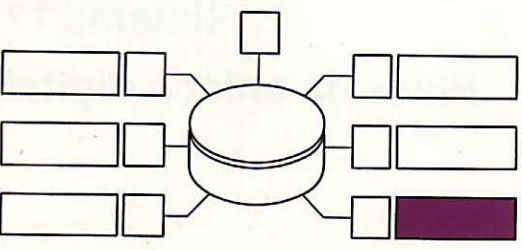
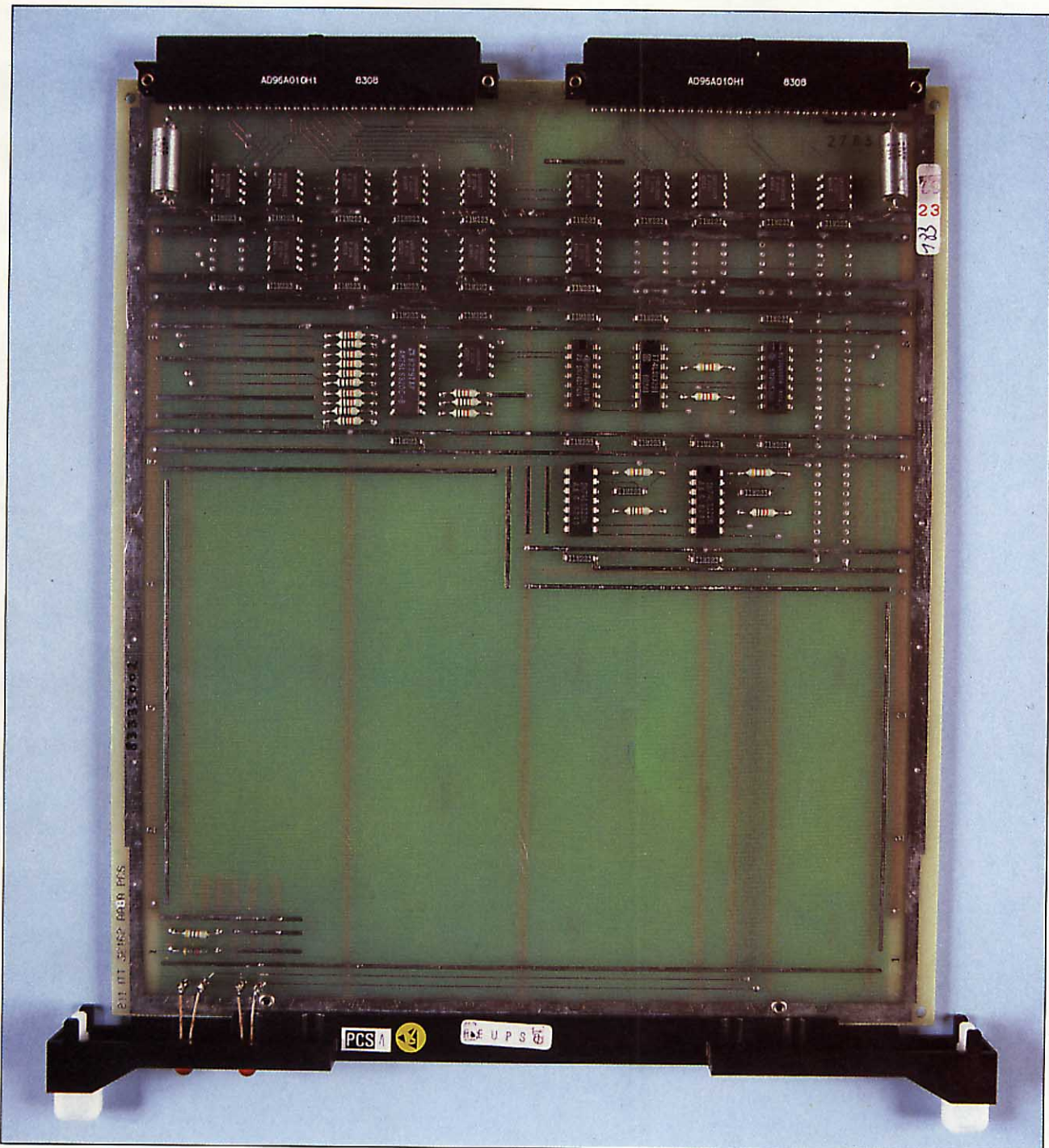
**Sistema 12**  
**Placa de enlace analógico**





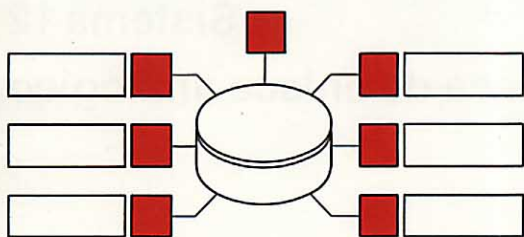
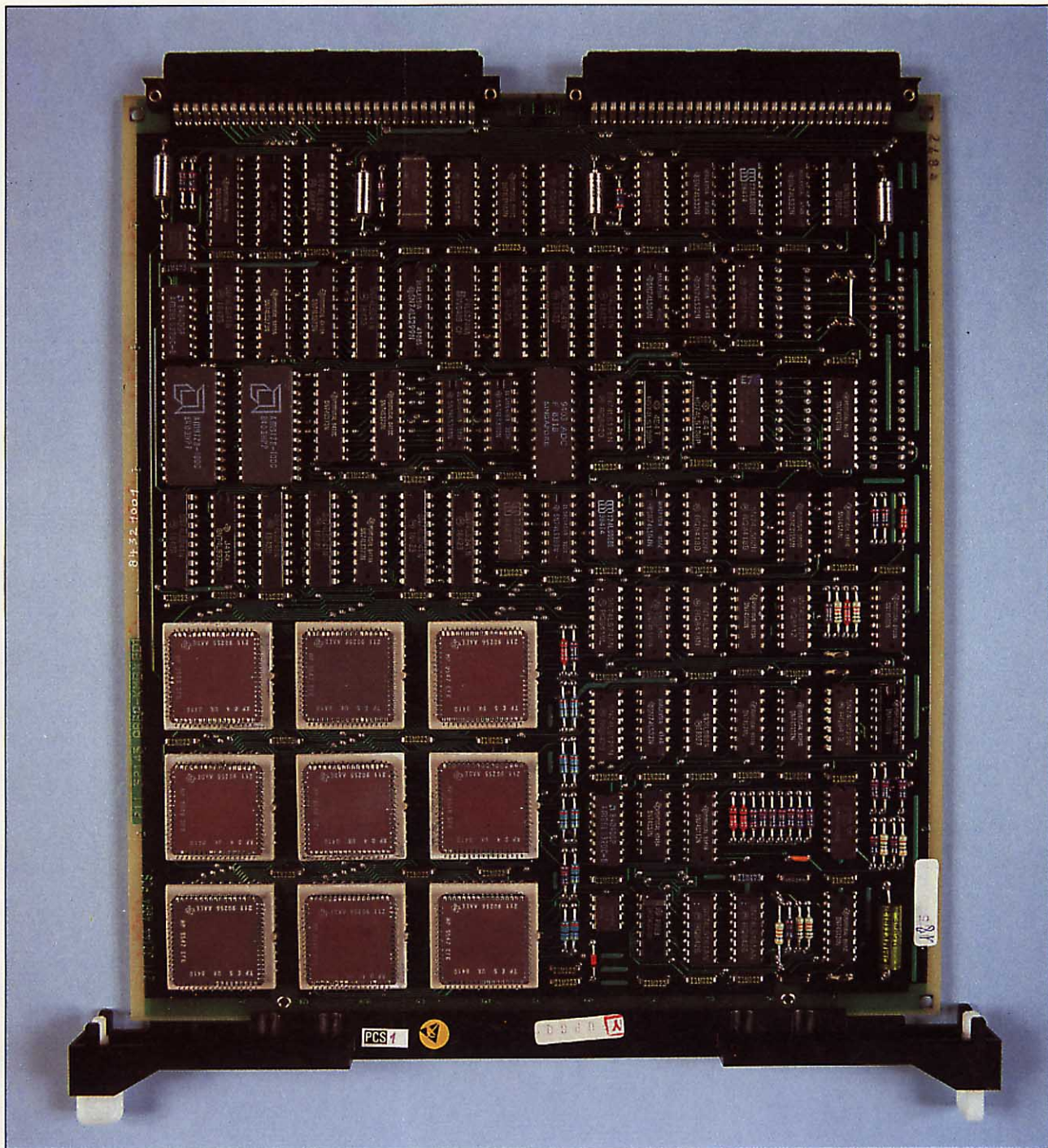
**Sistema 12**  
**Placa de enlace digital**





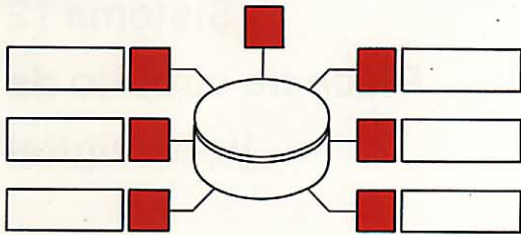
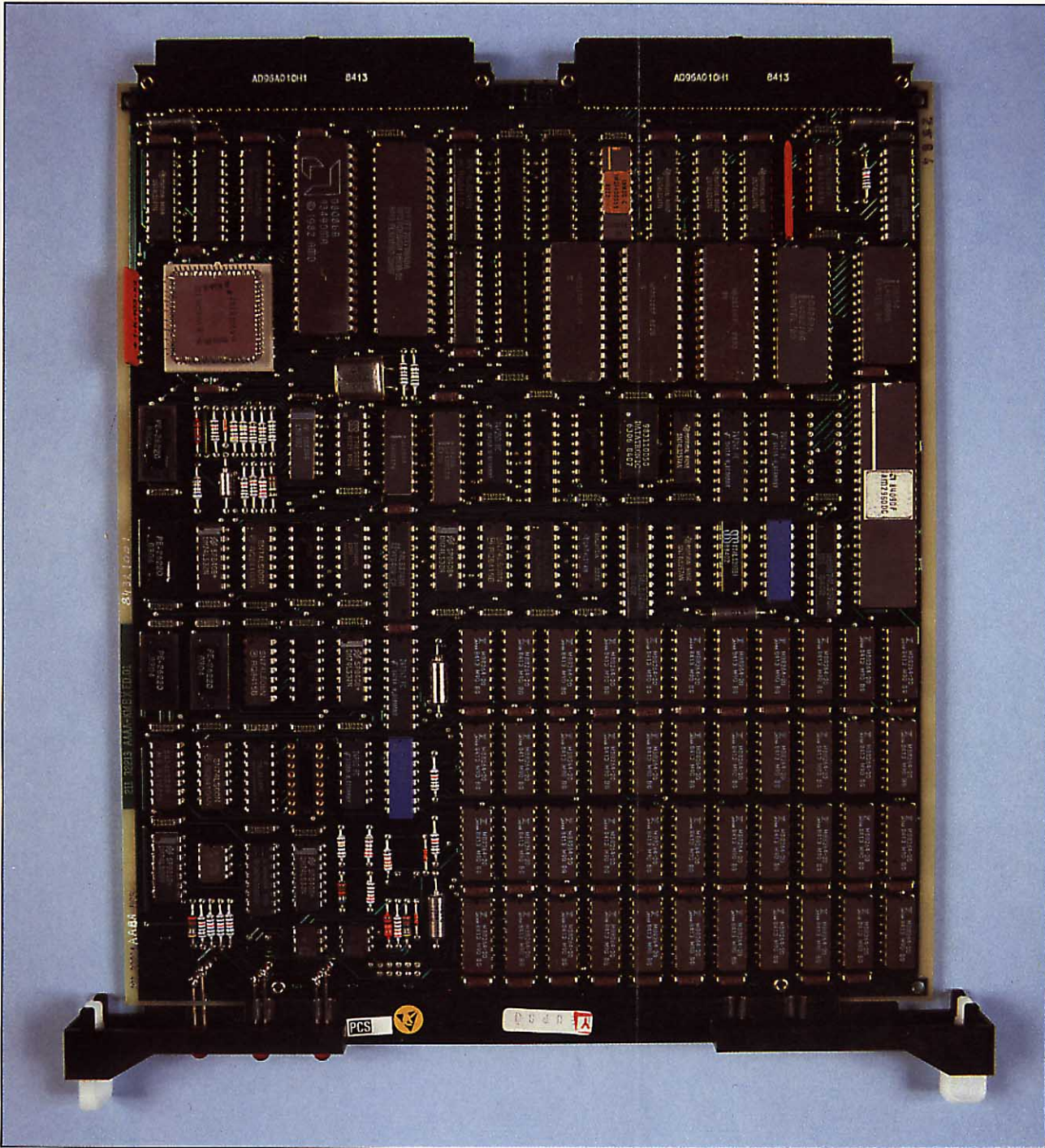
**Sistema 12**  
**Placa de distribución**  
**de reloj y tonos**





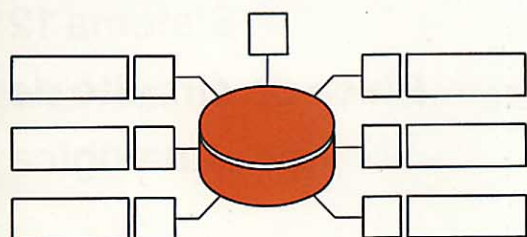
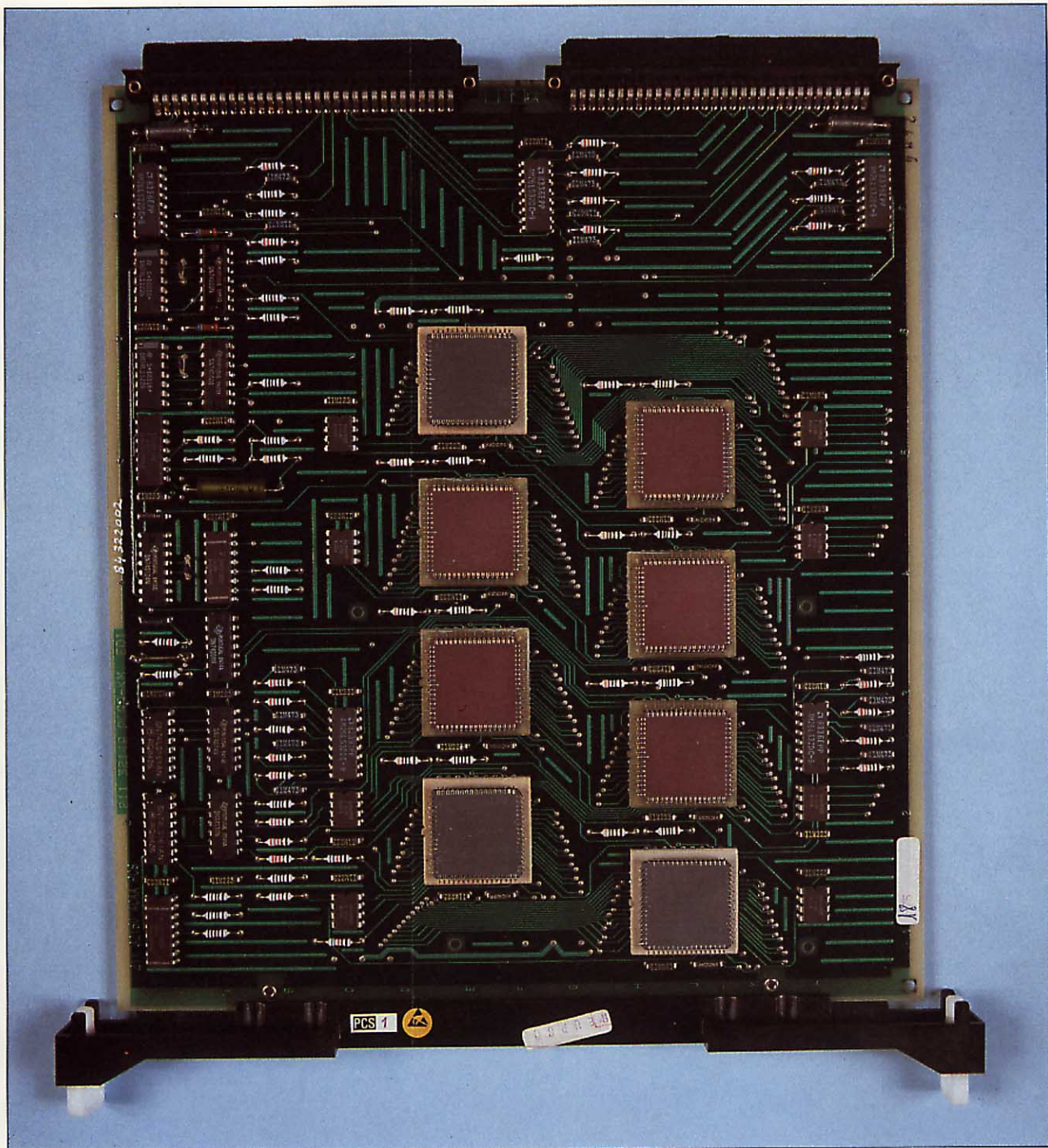
**Sistema 12**  
**Placa de interfaz terminal**





**Sistema 12**  
**Placa de microprocesador**

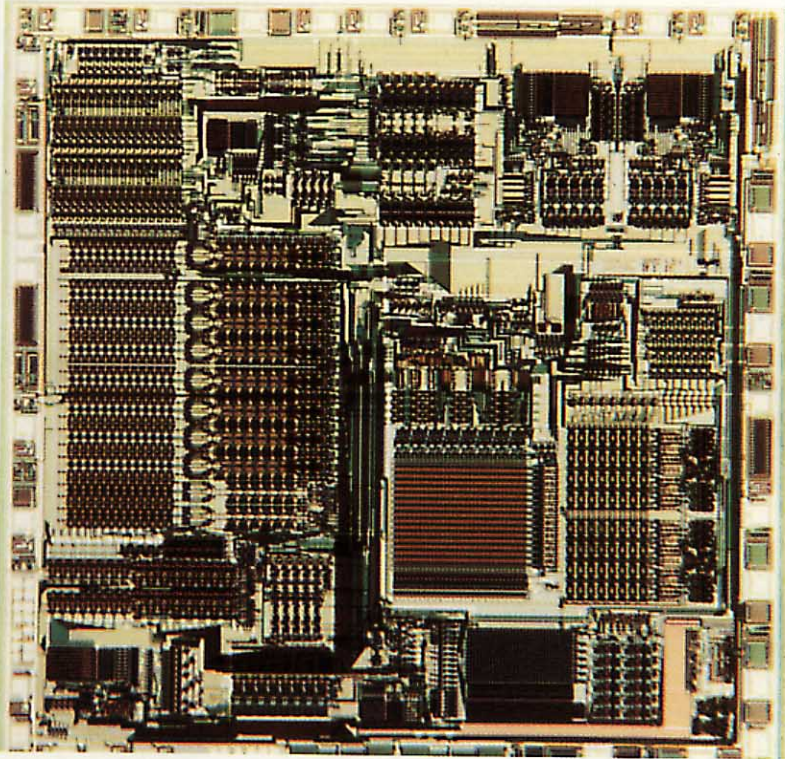




**Sistema 12**  
**Placa de elemento digital de**  
**conmutación**

**Ejemplos de placas de circuito impreso**  
**utilizadas en centrales Sistema 12**





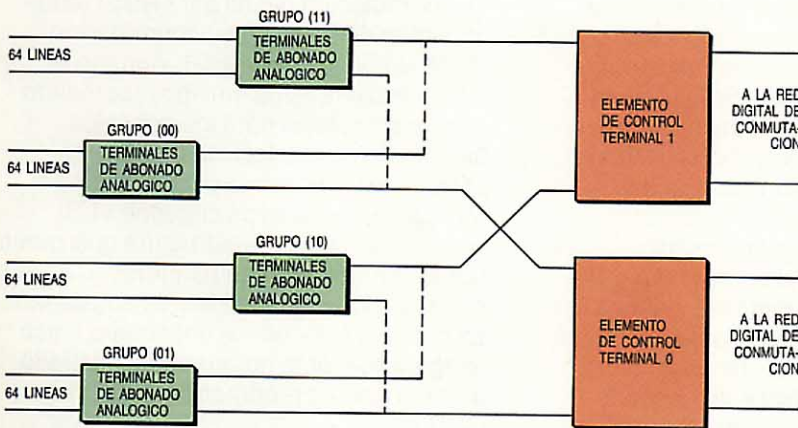
**Controlador terminal de procesador duplicado utilizado en el circuito de línea del Sistema 12. Este dispositivo ISO-CMOS de 3 μm Integra 23.000 transistores.**

La arquitectura digital de control distribuido ha permitido alcanzar todos estos objetivos sin importantes rediseños del sistema, lo cual justifica por entero la confianza que ITT ha depositado en el Sistema 12 para afrontar el futuro.

### Estrategia técnica

Los tres programas anteriormente expuestos son altamente sinérgicos, y juntos han conducido a las tres principales mejoras del Sistema 12: emparejamiento de algunos tipos de módulos en una configuración de control doble, simplificación de la estructura de control y desarrollo de un conjunto de pastillas digitalizadas de función múltiple para los terminales específicos del sistema.

**Figura 1 Organización de control doble de una pareja de módulos de abonados analógicos.**



El programa de aumento de la densidad de líneas a 1.024 por bastidor exigió una reducción sustancial en el número de elementos de control para un grupo dado de líneas. Esto se ha conseguido emparejando algunos tipos de módulos en una configuración de control doble, en la cual dos nuevos circuitos VLSI realizan algunas de las funciones de control de placas de líneas y enlaces, reduciendo así la carga por llamada en los ECT y eliminando problemas de fiabilidad. A consecuencia de esto, ha podido aumentarse de 60 a 128 el número de líneas controladas por un ECT, o hasta 256 en condiciones de fallo. Además, la estructura simplificada de control permite reducir el número de ECA en el bastidor de 1.024 líneas.

### Emparejamiento con doble control

Esta característica permite emparejar ciertos tipos de módulos (p. ej., módulos de líneas y enlaces), de modo que cada terminal se conecte a ambos ECT del par. En el funcionamiento normal cada terminal es controlado por el ECT que le corresponde. Sin embargo, si dicho ECT falla, el control puede transferirse gradualmente, línea a línea, al otro ECT.

El control puede también transferirse a petición, mediante una orden hombre-máquina: por ejemplo, para llevar a cabo el mantenimiento o actualizar los programas sin afectar al servicio. En este caso, se dejan completar las llamadas estables antes de transferir el control de la línea o enlace al otro ECT de la pareja.

La figura 1 muestra cómo se aplica el emparejamiento al módulo de abonados analógicos. Se han constituido cuatro grupos de 64 líneas, y en la operación normal el tráfico procedente de cada grupo se concentra en un interfaz serie normalizado de 30 canales a 4,096 Mbit s<sup>-1</sup>. En el modo de "transferencia", dos grupos de 64 líneas se concentran en un interfaz simple de 30 canales, según indica la línea discontinua. Usualmente un ECT controla 128 líneas (dos grupos), pero en transferencia el mismo ECT controla la totalidad de las 256 líneas.

### Realización

El emparejamiento de módulos está facilitado por dos nuevas pastillas VLSI: un DPTC (controlador terminal de procesador duplicado) y un OBCI (interfaz de controlador incorporado).

El DPTC se utiliza en terminales de líneas y enlaces analógicos, así como en dispositivos misceláneos, tales como placas de



llamada y de alarma, que funcionan mediante puntos de exploración y distribución. El OBCI se acopla directamente a un controlador incorporado, seleccionable dentro de la amplia gama de microprocesadores comerciales. El dispositivo permite conectar al sistema cualquier tipo de terminal inteligente (p. ej., un terminal del Sistema 12 provisto de microprocesador, como el circuito de línea RDSI o el de enlace digital).

Los DPTC y OBCI están equipados con dos interfaces serie normalizados de  $4,096 \text{ Mbit s}^{-1}$  para conexión a los dos ECT de una pareja de control doble. Cada interfaz en serie adopta una disposición en bus, con hasta 32 OBCI y/o DPTC que pueden funcionar de modo compatible.

La figura 1 ilustra el principio del doble control. Los DPTC y OBCI están controlados por paquetes, como norma por el canal 16, aunque el OBCI pueda opcionalmente controlarse por otros canales. El DPTC trata las órdenes de exploración y distribución dirigidas a los dispositivos conectados, y detecta de modo autónomo cambios en los 8 bits de un octeto de exploración (tratamiento de cambios de estado). Las operaciones de conmutación temporal del OBCI pueden controlarse directamente por órdenes del ECT; además, pueden enviarse paquetes de control al controlador incorporado, o bien ser recibidos desde el mismo, para el control de los terminales inteligentes conectados.

#### Transferencias de control

Volviendo a la figura 1, en el funcionamiento normal los grupos de líneas 11 y 10 están controlados por el ECT 1, y los grupos 00 y 01 por el ECT 0. Esta asignación la determinan los programas del ECT, y no es conocida por los grupos de líneas. El DPTC y el controlador incorporado pueden distinguir entre terminales asignados y no asignados, llamando asignados a los relacionados con uno de los dos ECT para fines de control. Una señal recibida desde un terminal no asignado se envía a ambos ECT, mientras que si procede de uno asignado, será enviada sólo al ECT que le corresponda.

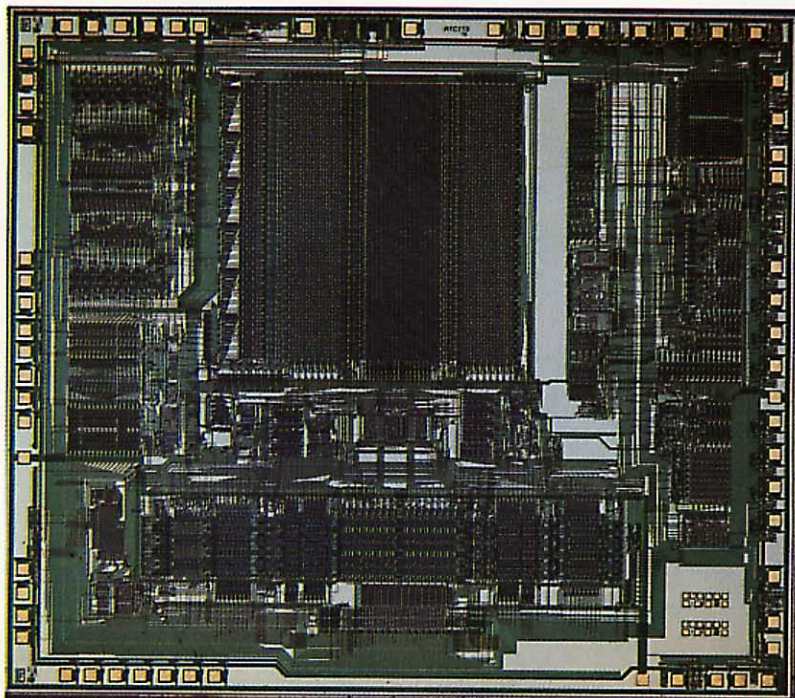
En operaciones de tratamiento de llamadas, una línea o un enlace en reposo están no-asignados, y en cambio se asignan a un determinado ECT cuando están involucrados en una llamada o forman parte de una línea alquilada. Cuando hay que actualizar un paquete de programas en ambos ECT se procede así: en primer lugar se envía un mensaje a ECT 1 para ordenarle que trate todas las nuevas llamadas, y otro a ECT 0 para ordenarle lo contrario. El primer mensaje de una nueva llamada se envía a ambos ECT; en esta situación, ECT 1 acepta todos

estos mensajes y se asigna a sí mismo todas las líneas asociadas.

Cualquier mensaje relativo a una línea todavía asociada con ECT 0 se envía a este ECT, el cual continúa controlando la fase de liberación de esa llamada hasta que el control de la línea haya pasado al otro ECT. Tras un periodo de *espera de liberación de tráfico*, normalmente cinco minutos, todas las líneas alquiladas se transfieren a ECT 1, liberándose ECT 0 para la carga de los nuevos programas.

Una vez cargados dichos programas, ECT 0 recibe orden de tratar todas las nuevas llamadas, utilizándose el mismo proce-

**Interfaz de controlador incorporado para circuitos de línea y de enlace. Comprende 50.000 transistores y es de tecnología NMOS de  $3 \mu\text{m}$ .**



dimiento para liberar ECT 1 y cargarlo con los nuevos programas. Finalmente, en cuanto esté cargado el ECT 1, se ordena a ambos ECT que vuelvan a la configuración normal de control.

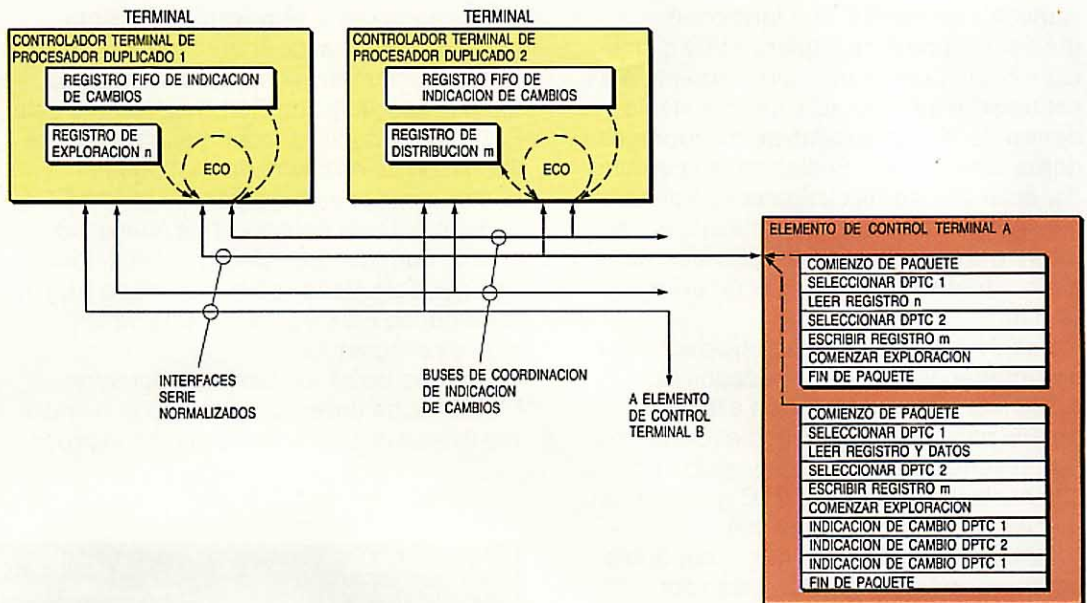
Si el motivo de transferir el control es un fallo en el equipo físico, las líneas se conmutan inmediatamente, sin esperar a la liberación de tráfico.

#### Control en serie de grupo DPTC

Como se indica en la figura 1, 64 líneas están controladas como un grupo único. La figura 2 muestra el funcionamiento de los ocho DPTC que atienden a este grupo. El control de estos DPTC es un proceso continuo en serie. El paquete emitido por el ECT es procesado en serie por todos los DPTC, que pueden responder de cualquiera de las tres formas siguientes:



Figura 2  
Control serie de un grupo DPTC.



- con un "eco" para información común de control
- con el contenido de un registro
- con una serie de informes de cambio de estado.

Consideremos la estructura de paquete mostrada en la figura 2. La palabra *principio de paquete* comienza una transacción e inicia con datos todos los DPTC en un modo de operación de control. Dichos DPTC devuelven (como eco o reflexión) el *principio de paquete* al ECT de origen, lo que prepara a éste para recibir el paquete de vuelta.

La orden *seleccionar DPTC 1* es detectada por el DPTC al que se dirige, pero es reflejada por todos, de forma que se recibe en el paquete de respuesta.

*Leer registro n* es dirigida al DPTC seleccionado. Todos los DPTC la reflejan, con la excepción del DPTC afectado, el cual sobrescribe en el área de datos el contenido del registro de exploración *n*.

*Seleccionar DPTC 2* y *escribir en el registro m* actualizan, similarmente, el registro de distribución de DPTC 2.

*Comenzar la exploración* inicia la recogida de informes indicativos de cambio de estado, que se almacenan en una memoria FIFO (primero en entrar, primero en salir) de cada DPTC. Todos los DPTC del grupo de control se interconectan mediante un bus coordinador de indicaciones de cambio, el cual designa a cada DPTC por turno para que entregue un informe indicativo de cambio, asegurando así un tratamiento igual de todas las líneas del grupo.

*Fin de paquete* se genera automáticamente, bien cuando todos los FIFO están vacíos, o

cuando el paquete de respuesta alcanza el tamaño máximo de 32 palabras, terminando así la operación de control en serie.

#### Transferencia de paquete mediante el OBCI

El OBCI sustenta un extenso conjunto de órdenes que puede utilizarse flexiblemente en una amplia gama de aplicaciones. No es posible describir en este artículo todas las posibilidades de este dispositivo.

En la figura 3 se presenta un ejemplo típico de comunicación entre un ECT y un controlador incorporado, apreciándose el contenido de los paquetes enviados y recibidos en ambas direcciones. Las transferencias, a través de un OBCI, entre un ECT y un controlador incorporado están controladas por un registro de órdenes. En la transferencia mostrada en la figura 3, el paquete del ECT puede ser transmitido por cualquier canal, aunque suele utilizarse el canal 16.

*Seleccionar OBCI 1* elige un OBCI particular y un registro interno de órdenes libre, y conecta dicho registro al canal por el que se recibió la orden. Las siguientes órdenes se dirigen al registro conectado.

*Asignar canal de DMA* selecciona un canal libre de DMA (acceso directo a memoria) en el interfaz con el controlador incorporado y lo conecta al registro de órdenes. Las siguientes palabras de *datos* se transfieren en serie a dicho registro, transfiriéndose luego en paralelo a la memoria del controlador. Debido a la conversión de serie a paralelo, se requiere una orden de *no operación* tras las palabras de *datos*.

*Fin de paquete* libera el registro de órdenes y finaliza la transferencia al DMA con una



interrupción al controlador incorporado. El canal de DMA permanece ocupado hasta que es liberado por una rutina de interrupción de dicho controlador incorporado, la cual cambia la dirección, apuntando a la zona de memoria en que se ha de revisar el próximo paquete.

La transferencia en la dirección opuesta, desde el controlador al ECT, funciona similarmente, como se ve a continuación:

*Seleccionar OBCI:* aunque hay una relación biunívoca entre el controlador y su interfaz, esta orden sigue siendo necesaria, ya que el OBCI tiene la misma operación funcional en todos sus puertos. La orden conecta un registro de órdenes al canal de DMA seleccionado.

*Asignar canal* selecciona un canal hacia el ECT. La orden puede dirigirse específicamente al canal 16, o bien a cualquier canal.

*Comienzo de paquete* es reconocida por el ECT, creándose una zona específica en la RAM de paquetes. Las palabras de *datos* siguientes se transfieren a dicha RAM.

*Fin de paquete* termina la transferencia en el OBCI y el ECT. Se libera el registro de órdenes del OBCI y el controlador incorporado recibe una interrupción. En el ECT, el

contenido de la RAM de paquetes se entrega al programa de la misma forma que en otros desarrollos del Sistema 12.

### Estructura simplificada de control

La disponibilidad comercial de las pastillas VLSI de RAM dinámicas de 256 k-octetos ha conducido al desarrollo de un procesador de 1 M-octeto de memoria en una sola placa. Esto ha permitido simplificar la estructura de control de tratamiento de llamadas del Sistema 12. La estructura anterior constaba de dos niveles: el nivel de ECT, que se ocupaba de la señalización y la operación de dispositivos, y el nivel de ECA, dedicado al tratamiento de llamadas. Merced a la nueva placa de procesador de 1 M-octeto, han podido integrarse en el ECT estos dos niveles de control.

El objetivo principal del cambio es extender la aplicación del control distribuido a las áreas de tratamiento de llamadas, gestión de recursos, tratamiento de errores y faltas, y mantenimiento de la central.

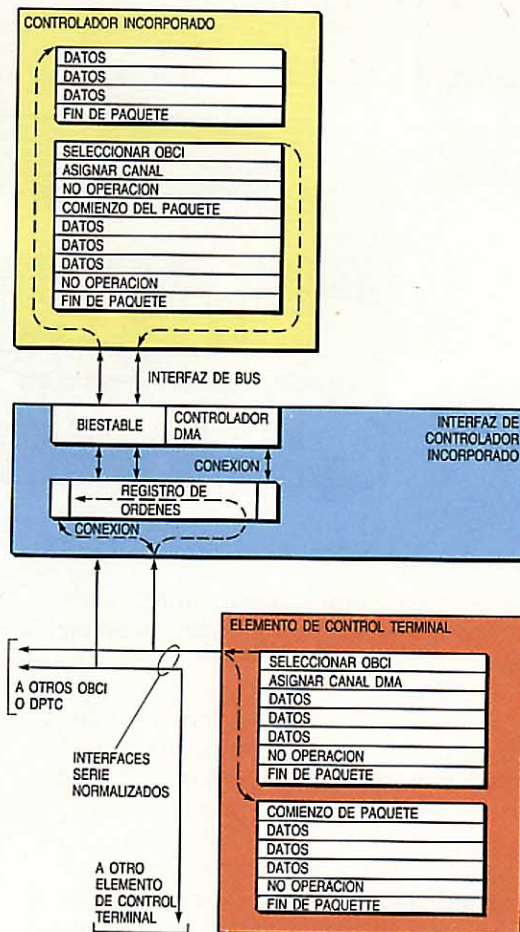
La flexibilidad del concepto de máquina de mensajes finitos permite distribuir ampliamente la programación del Sistema 12, seleccionando módulos ya disponibles cuando se construye un paquete de programas para un elemento de control, en vez de hacer rediseños. Ha podido así simplificarse la estructura de control sin que ello afecte a la capacidad de mejorar los servicios en las centrales existentes con el control organizado en dos niveles.

### Tratamiento de llamadas

El tratamiento de llamadas se realiza actualmente por ECA que atienden normalmente 480 líneas ó 120 enlaces. La principal ventaja de distribuir esta función a los ECT dedicados a líneas y enlaces es la reducción de los trabajos de diseño y pruebas regresivas que se requieren para adaptar a nuevos mercados la ingeniería del Sistema 12, ya que se necesita modificar menos programas de elementos de control.

### Gestión de recursos

La gestión de recursos (líneas, enlaces, receptores y emisores multifrecuencia) no está enteramente distribuida en las centrales actuales. En particular, el estado libre/ocupado de todos esos circuitos se almacena en los ECA que realizan la función de gestión de recursos, así como en el ECT que trata el terminal en cuestión. En la mayoría de las centrales esto no crea problemas, pero el desarrollo de la configuración de la central internacional<sup>1</sup>, con un gran número de rutas alternativas, exigió una nueva estrategia, en la cual la gestión de



**Figura 3**  
Transferencia de  
paquetes utilizando el  
OBCI.



recursos se guiará por los indicadores de libre/ocupado de las rutas y grupos de enlaces, tratándose los estados de los terminales individuales exclusivamente por el ECT asociado.

La estructura simplificada de control permite aplicar esta nueva estrategia de un modo económico a todos los tipos de centrales.

**Tratamiento de errores y fallos**

Estas funciones están en gran medida centralizadas en las centrales actualmente en servicio. La notable estabilidad del Sistema 12 permite la operación centralizada sin dificultad, si bien en las primeras etapas de integración del sistema esta centralización causó algunos problemas. Se han vuelto a diseñar ahora tales funciones con un enfoque distribuido; se reducen con ello las interacciones entre elementos de control dentro del conjunto del sistema, pudiendo probarse independientemente los programas integrados en cada uno de dichos elementos.

**Mantenimiento de los terminales de la central**

El OBCI atiende una amplia gama de terminales inteligentes, cuyo diseño es capaz de auto-prueba. La incorporación de esta capacidad de prueba y diagnóstico, junto con la estructura de control simplificada, hace a los módulos del Sistema 12 totalmente responsables del mantenimiento de sus terminales, sin necesidad de un módulo centralizado de mantenimiento y periféricos que facilite programas adicionales de prueba.

**Conjunto de pastillas de terminal digital con función múltiple**

Este conjunto de pastillas VLSI tiene gran variedad de aplicaciones. Fue objetivo importante del desarrollo el emparejamiento de módulos de enlaces y abonados digitales. Otros objetivos importantes fueron potenciar la unidad remota de abonados para admitir líneas digitales y analógicas (Fig. 4), conmutación de paquetes en líneas RDSI y enlaces CCITT n° 7 ó X. 75, y la conmutación digital de banda ampliada (de  $n \times 64 \text{ kbit s}^{-1}$  hasta  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$ ).

El conjunto de pastillas comprende elementos soporte a niveles 1, 2 y 3 del modelo OSI, y de control.

**Soporte a nivel 1:** incluye la lógica necesaria para conectarse con vías digitales de  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$ . Un circuito de interfaz U aporta la compensación de eco para la transmisión por líneas RDSI de  $144 \text{ kbit s}^{-1}$ ,

así como un interfaz de línea RDSI. Finalmente, el alineador multicanal es un circuito de alineación para conmutación digital de banda ampliada.

**Soporte a nivel 2:** consta de un HDLC (controlador de alto nivel del enlace de datos) comercial, que atiende a los enlaces CCITT X.25 y de señalización por canal común CCITT n° 7, un controlador de enlaces RDSI como soporte de los protocolos de canal D y E, y un servicio de conmutación de paquetes en canal B.

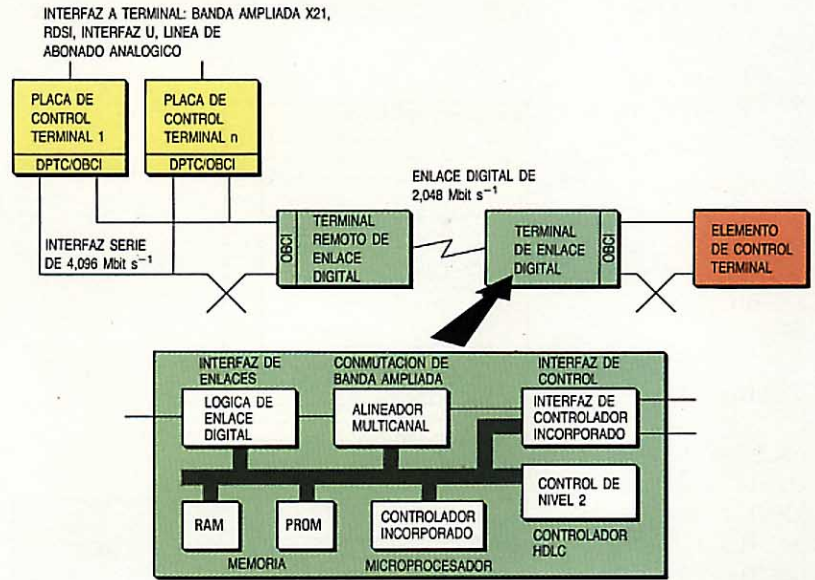
**Soporte a nivel 3:** el OBCI proporciona un interfaz de control y conmutación entre un elemento de control y un terminal inteligente del Sistema 12.

El control está basado en un microprocesador comercial.

**Aplicación básica**

Los principios generales de la arquitectura de terminales digitales de función múltiple se muestran en la figura 4. Las aplicaciones específicas se analizan en otros artículos<sup>2,3</sup>. La aplicación para terminales de enlaces digitales expuesta en la figura 4 tiene tres

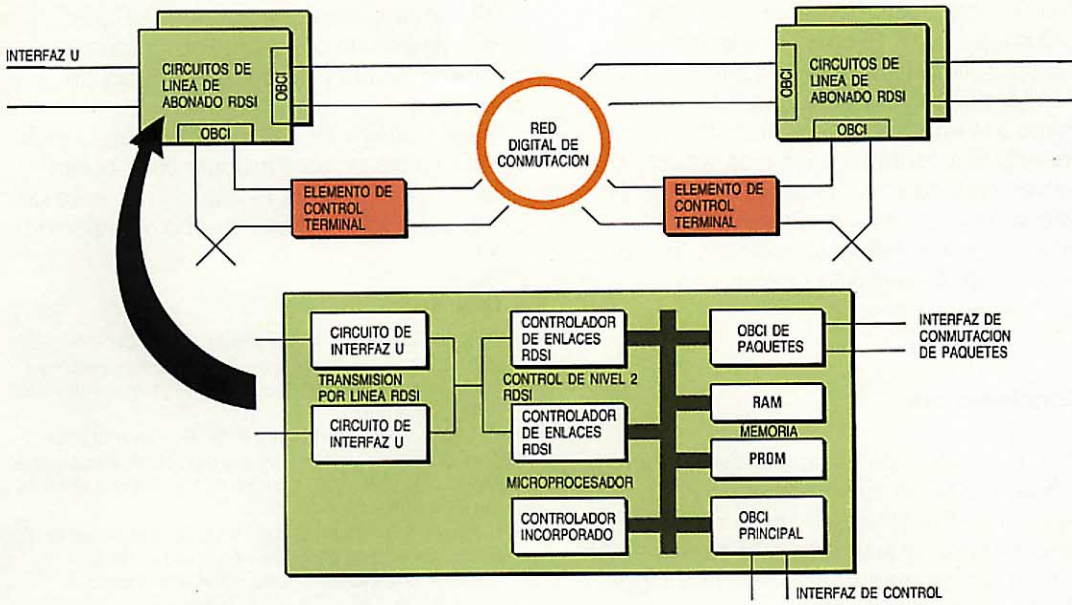
**Figura 4**  
Aplicación de la arquitectura del terminal digital de función múltiple para abonados remotos.



características principales: protocolo de señalización HDLC, conmutación de banda ampliada, y un interfaz de vía digital de  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$ .

El OBCI está diseñado para que pueda actuar como maestro o esclavo en sus interfaces serie de  $4,096 \text{ Mbit s}^{-1}$ . La vía digital de  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$  puede por tanto terminarse en su extremo distante por un terminal remoto de enlace digital similar, que utilice el mismo conjunto de pastillas. El OBCI de este placa está en modo maestro,





**Figura 5**  
Aplicación del conjunto de pastillas para abonados RDSI con conmutación de paquetes.

de modo que las placas de control terminal puedan conectarse directamente y formar así una unidad remota de abonados. En configuraciones diferentes los terminales remotos pueden ser:

- banda ampliada: CCITT X.21 con  $n$  canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  ( $n$  está comprendido entre 2 y 32)
- abonado RDSI: interfaz U
- líneas de abonado analógico.

Dependiendo de la aplicación particular, a través de la conexión de enlace digital puede utilizarse una forma reducida de la señalización por canal común CCITT nº 7, un protocolo HDLC especializado, o señalización por canal asociado.

**Conmutación de paquetes**

En la figura 5 se ilustra la aplicación del conjunto de pastillas de terminal digital de función múltiple para el módulo de abonados RDSI. La realización de estos módulos como soporte a la conmutación de paquetes se describe en otro lugar<sup>4</sup>.

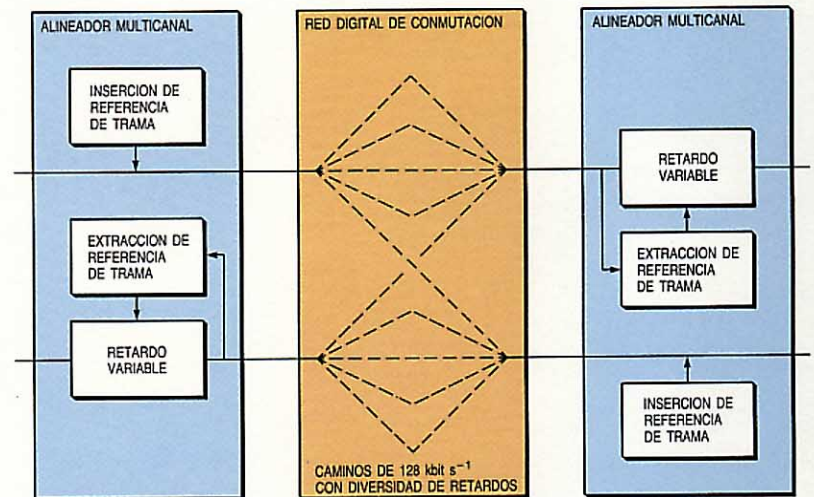
La red digital de conmutación del Sistema 12 es, en esencia, un conmutador de paquetes, ya que la comunicación por mensajes entre elementos de control se basa directamente en los principios de conmutación de paquetes. Para dotar a los usuarios externos de capacidad para la conmutación de paquetes, los controladores de circuitos de línea RDSI tienen acceso directo a la red de conmutación mediante un OBCI que funciona en un modo especial de paquetes.

Durante la fase de establecimiento las llamadas virtuales se procesan de la misma

forma que las llamadas reales por conmutación de circuitos; sin embargo, una vez establecidas, cada controlador de circuito de línea RDSI es capaz de establecer un camino a través de la red para el envío de cada paquete a su destino. Este modo de operación permite la multiplexación estadística de las diferentes llamadas virtuales sobre la misma línea de abonado o de enlace RDSI.

**Conmutación de banda ampliada**

Los principios de conmutación de banda ampliada se muestran en la figura 6. Los caminos individuales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  a través de la red digital de conmutación experimentan un retardo variable que puede conducir a una dispersión de varias tramas entre los caminos que constituyen una conexión de banda ampliada. Sin embargo, los caminos



**Figura 6**  
Principio de conmutación de banda ampliada.



internos de dicha red digital operan a  $128 \text{ kbit s}^{-1}$ , con 16 bitios por trama para transportar cada octeto de 8 bitios externo. Puede, pues, insertarse una referencia de trama a la entrada del conmutador, la cual servirá para controlar a la salida las variaciones en retardo y realinear los canales. En otro artículo de esta publicación<sup>5</sup> se dan más detalles sobre este principio funcional, que ha sido ya probado en el entorno de una central.

### Conclusiones

Una de las principales cualidades atribuidas al Sistema 12 en su lanzamiento era su "garantía ante el futuro", con lo que se quiere expresar su capacidad de evolución y de utilizar plenamente nueva tecnología, ofreciendo la amplia gama de nuevos servicios prometidos por las futuras RDSI. La experiencia hasta la fecha ha confirmado totalmente estas expectativas. En particular, la arquitectura del Sistema 12 ha permitido la evolución sin cambios importantes en las siguientes áreas: control doble, bastidor de

1.024 líneas, acceso a abonados RDSI, conmutación de paquetes, conmutación de banda ampliada y unidades remotas de abonados.

La sencillez y elegancia de las soluciones bosquejadas en este artículo corroboran que la "garantía ante el futuro" no es ya un concepto difuso, sino un hecho establecido.

### Referencias

- 1 M. Della Bruna y F. Minuti: Sistema 12: Central interurbana internacional de Acilia: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 145–153 (en este número).
- 2 K. Nigge, K. Rothenhöfer y P. Wöhr: Conmutación para el sistema por satélite alemán: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 137–144 (en este número).
- 3 S. Husby y B. Vinge: Sistema 12: Aplicación de la unidad remota de abonados en la red noruega: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 174–178 (en este número).
- 4 A. Chalet y R. Drignath: Sistema 12: Arquitectura del módulo de datos incluyendo operación con paquetes: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 112–119 (en este número).
- 5 S. R. Treves y D. C. Upp: Sistema 12: Técnicas de aplicaciones RDSI en banda ampliada: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 131–136 (en este número).



# Sistema 12

## Circuito de línea analógica

La producción de circuitos integrados para circuitos de línea analógica en el Sistema 12 ha aplicado varias tecnologías LSI, logrando un dispositivo normalizado capaz de atender una amplia gama de requisitos de las administraciones. Una placa impresa puede contener ocho circuitos de línea, lo que permite equipar 1024 circuitos en un solo bastidor de líneas.

**J. M. Danneels**  
**A. Vandeveld**

Bell Telephone Manufacturing Company,  
Amberes, Bélgica

### Introducción

El diseño del circuito de línea analógica del Sistema 12 aprovecha los avances logrados en los tres últimos años en tecnología de alta tensión, técnicas complejas de proceso y ayudas al diseño LSI. El resultado ha sido un circuito de línea que utiliza en alto grado los más recientes circuitos integrados para conseguir flexibilidad, dimensiones pequeñas y muy bajo consumo de potencia.

ITT ha trabajado intensamente en definir tecnologías que permitan atender requisitos de telecomunicación concretos (p. ej., nivel de tono de tarificación) de un circuito de línea analógica. Esto condujo a utilizar tres importantes tecnologías avanzadas:

- tecnología para altas tensiones, con aislamiento dieléctrico

- procesos combinados, bipolar de 70 V y CMOS de 15 V
- tecnología CMOS de 3  $\mu\text{m}$  en circuitos digitales y analógicos de pequeño voltaje.

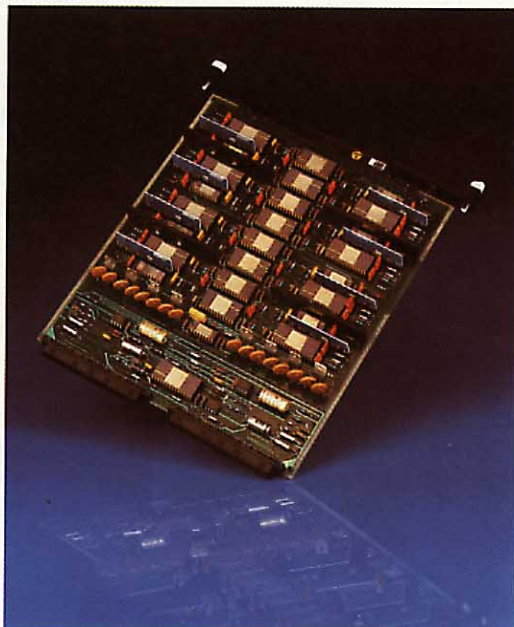
Estas tecnologías han conseguido un circuito de línea totalmente electrónico con conmutadores de estado sólido. Mediante técnicas híbridas digitales se han logrado excelentes características de transmisión.

Unos pocos circuitos LSI proporcionan las funciones del circuito de línea. Denominadas comúnmente BORSCHT, estas funciones esenciales en toda central digital incluyen: corriente de batería, protección de sobretensión, corriente de llamada, supervisión, codificación y decodificación (función codec), conversión 2–4 hilos en bobina híbrida y pruebas. El circuito de línea ofrece además una serie de características telefónicas, que reúnen las condiciones requeridas por las administraciones de todo el mundo.

El comportamiento en cuanto a transmisión y ruido de este circuito de línea cumple o supera las recomendaciones G.712 y Q.507 del CCITT para terminales digitales.

### Criterios de diseño

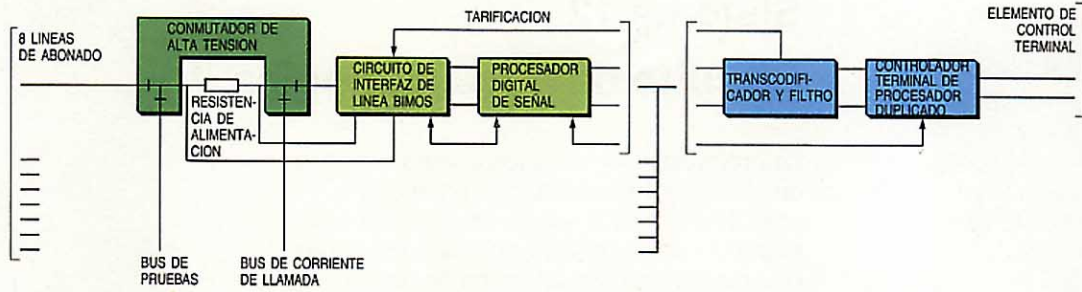
El diseño permite gran flexibilidad de elección de los parámetros importantes, con el fin de cubrir la extensa gama de especificaciones de los diferentes países. Se utilizan bucles de realimentación tanto en CA como en CC para poder conseguir las diferentes características de impedancia y alimentación en CC necesarias, ya sea por una simple elección de componentes o mediante control por programa. Los niveles de transmisión son ajustables en grandes y pequeños pasos mediante la programación.



Placa de circuitos de línea analógica.



**Figura 1**  
Diagrama de bloques del circuito de línea analógica del Sistema 12.



De la misma forma puede seleccionarse también la temporización contra chasquidos (supresión de rebotes) para detección del gancho conmutador, adaptándola a los diferentes requisitos telefónicos. Además, pueden elegirse redes terminales de equilibrio para atender las necesidades específicas.

### Circuito de línea analógica

La figura 1 es un diagrama bloque del circuito de línea analógica; destaca en ella el bus serie que comparte las señales de control y transmisión de varias líneas. Cada circuito de línea consta de tres unidades funcionales, equipándose además dos unidades comunes para los ocho circuitos contenidos en una placa de circuitos de línea. Dichas unidades funcionales son:

- Unidad de alta tensión con conmutadores de estado sólido, que da acceso a los buses de corriente de llamada y de pruebas.
- Circuito de interfaz de línea en BIMOS (denominado BLIC), que controla la ganancia del bucle de CC, determinando así la resistencia sintetizada del circuito de alimentación en continua. Controla también la ganancia del bucle de CA, y de este modo la impedancia en alterna del circuito de línea.
- Procesador digital de señal, que controla la ganancia, la atenuación de equilibrado del terminal, los filtros y las funciones codec. Las especificaciones de diseño de funciones analógicas pueden ser menos severas debido a que las técnicas

digitales son intrínsecamente exactas y estables.

Las dos unidades funcionales comunes a los ocho circuitos de línea son las siguientes:

- Transcodificador y filtro, que cubre al mismo tiempo la función de tono de tarificación y la de transcodificación. La transformación del código lineal del procesador digital a la codificación necesaria en ley  $\mu$  o ley A se realiza en tiempo compartido.
- Controlador terminal de procesador duplicado (DPTC), que proporciona el interfaz del bus MIC y las funciones de control.

Para realizar la síntesis de las impedancias en CC y CA y supervisar la línea de abonado, cada hilo de conversación dispone de una resistencia de alimentación. El circuito BLIC controla continuamente la caída de tensión en estas resistencias; al integrar en él los bucles de realimentación en CA y CC para síntesis de impedancia, los bucles de CC y CA quedan separados. Para lograr la exactitud y estabilidad necesarias, la resistencia de alimentación y los divisores resistivos para supervisión de línea están realizados en un circuito híbrido de película gruesa.

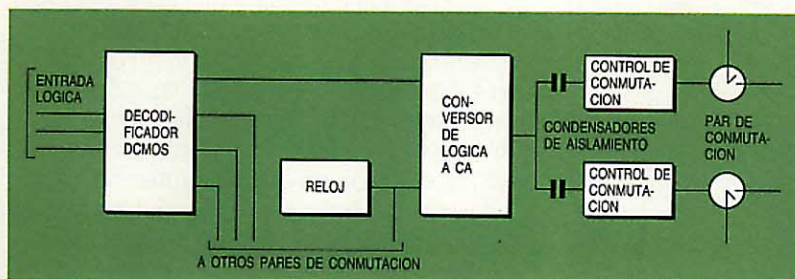
### Funciones y tecnología

#### Conmutador de alta tensión

Este circuito integrado conecta la línea de abonado al bus de corriente de llamada, bus de pruebas o al circuito de línea. También puede conectar el bus de pruebas al circuito de línea y aislar la línea de abonado.

La figura 2 muestra los principales bloques funcionales de este dispositivo de 8 conmutadores. El decodificador DCMOS activa la configuración de conmutadores adecuada a los diversos estados de corriente de llamada, conversación y pruebas, marcados por una entrada lógica de tres bits. Esta señal de entrada puede proceder de un interfaz TTL o CMOS sin ninguna conexión directa a tierra. El acopla-

**Figura 2**  
Principales partes funcionales del elemento conmutador de alta tensión.





miento capacitivo del convertor asegura un completo aislamiento galvánico. En realidad, las salidas del decodificador se convierten en señales de CA de 1 MHz, las cuales se transforman después en tensiones de control de puerta para los conmutadores. Cada conmutador dispone de un circuito de control totalmente flotante.

Los conmutadores de alta tensión son del tipo TRIMOS. Inicialmente tienen características MOS, pero a cierto nivel de corriente se convierten en una etapa TRIAC. Estos conmutadores ofrecen una resistencia de  $6000 \Omega$  cuando la tensión entre terminales es menor de 0,8 V (estado de apertura). Por encima de esta tensión (estado de cierre) la resistencia dinámica cae a  $10 \Omega$ .

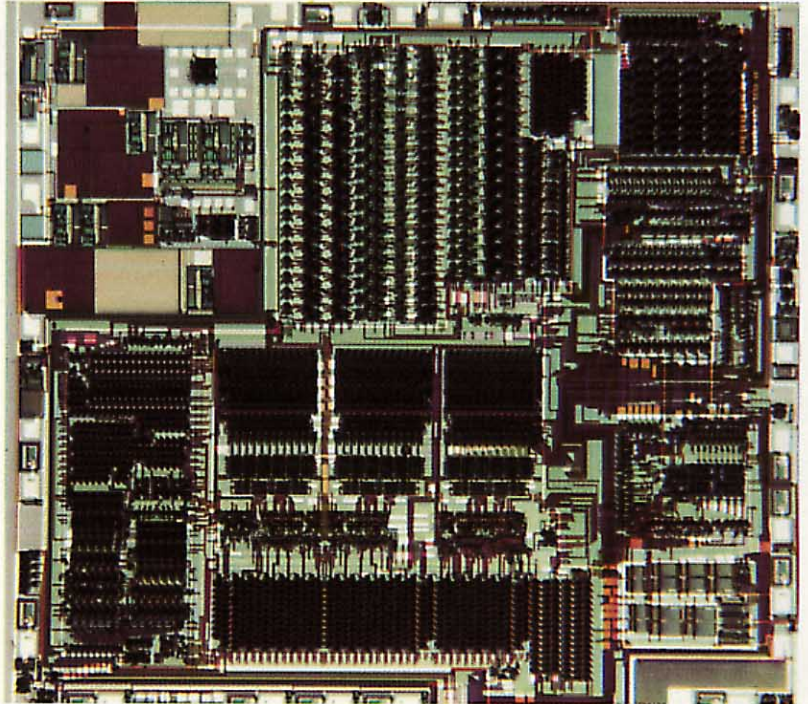
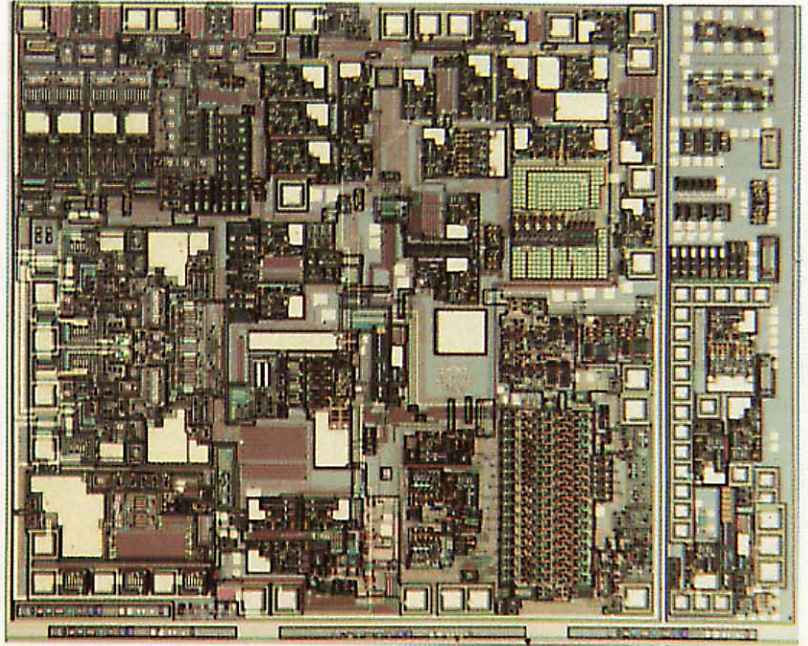
En estado de apertura, la fuga de corriente es de unas pocas decenas de nanoamperios. Es posible conmutar desde el estado de cierre, con baja resistencia, al de apertura caracterizado por una resistencia elevada, incluso aunque haya que cortar corriente CC. La máxima corriente interrumpible es de 250 mA en los conmutadores de corriente de llamada, y de 150 mA en los demás conmutadores.

#### *Circuito de interfaz de línea BIMOS (BLIC)*

El circuito BLIC proporciona a la línea de abonado ambos modos de alimentación, de corriente constante y de batería constante. Los bucles de síntesis de impedancia en CA y CC están diseñados en el BLIC. Este circuito facilita también la inversión de tensión de batería y el control necesario para conectar los dos hilos de conversación a la batería.

El BLIC realiza toda la supervisión de la línea: arranque de bucle o de tierra, detección de tierra en ambos hilos de conversación, corte de la corriente de llamada, impulsos de disco y sobrecorriente. Permite también inyectar el tono de tarificación de 12 ó 16 kHz, realizar la conversión de dos a cuatro hilos y transferir señales gobernadas por programación para funciones externas a la placa (p. ej., distribución/exploración por el hilo c).

En el BLIC se aplican varias tecnologías de circuitos integrados, incluyendo circuitos convencionales bipolares junto a configuraciones analógicas en CMOS. Hay puertas CMOS de tecnología estática normal que se relacionan con lógica CMOS dinámica y con estructuras bipolares de cambio de nivel y de entrada/salida. El tratamiento puramente analógico de señales va acompañado de técnicas de muestreo de datos, tales como el uso de estructuras de condensadores conmutados para las etapas de ganancia y filtros. Todas estas técnicas son necesarias para minimizar el tamaño de la pastilla y la cantidad de componentes exter-



nos, consiguiendo integrar en una superficie de  $30 \text{ mm}^2$ , el equivalente a 22 amplificadores operacionales, 10 comparadores y 200 puertas.

#### *Procesador digital de señal*

El procesador digital de señal incorpora una red transhíbrida analógica elemental para asegurar un valor nominal en las atenuaciones de equilibrado cuando se aplican terminaciones normales, aunque la híbrida digital no esté en activo. Esta híbrida es de coeficientes seleccionables por programa, cuyo valor se fija para adaptarse a las redes

**Dos pastillas LSI utilizadas en el circuito de línea analógica: el circuito BIMOS de interfaz de línea (arriba), y el procesador digital de señal.**



definidas por el cliente, o bien viene determinado por medidas automáticas de la impedancia de línea, posibilidad muy interesante. Puede así ajustarse la atenuación de equilibrado del terminal a las condiciones particulares de la línea conectada.

El procesador digital de señal contiene además filtros analógicos sencillos para las etapas de conversión analógico/digital y digital-analógico. Los filtros digitales aportan las características de transmisión definidas para los sistemas MIC. El procesador también controla digitalmente la atenuación en ambas direcciones de transmisión y recepción. La atenuación se fija seleccionando por programa los coeficientes.

Otras funciones importantes de este procesador son la transferencia de información de control de línea y la supresión en los bitios de estado de la línea de los chasquidos producidos por actuación del gancho conmutador, corte de corriente de llamada y detección de sobrecorriente.

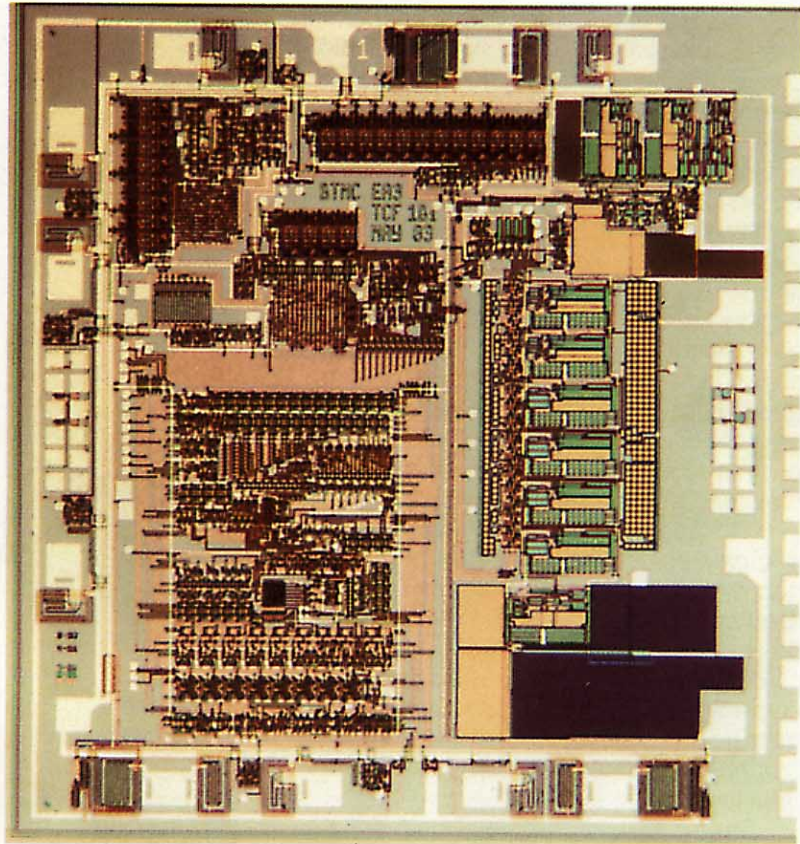
El circuito integrado completo, realizado en tecnología de  $3\ \mu\text{m}$  CMOS de pozo  $n$ , mide 5,3 por 5,8 mm solamente. Con una alimentación de 10 V para las funciones analógicas y 5 V para las digitales, el consumo de potencia es de unos 135 mW a la frecuencia de reloj de 4 MHz, y de 40 mW en condiciones de desactivación.

#### Transcodificador y filtro

El transcodificador y filtro convierte la salida lineal a  $4\ \text{Mbit s}^{-1}$  del procesador digital de señal a código MIC de 8 bitios, en ley  $\mu$  o ley A según los casos. El código lineal se transmite en formato de complemento a dos con todos los bitios invertidos, con objeto de rellenar todos los bitios de canal vacantes con el nivel lógico alto — es decir, el "1" — obtenido mediante una resistencia de accionamiento en la dirección de transmisión. Esta configuración de la señal representa "silencio". Los tres primeros bitios del código lineal son el de signo más dos de amplificación al signo; el último se utiliza sólo para redondear.

El interfaz MIC tiene 32 canales de ocho bitios cada uno. La ley de compresión se selecciona mediante un puente de conexión. En ley A están invertidos los bitios pares, mientras que en ley  $\mu$  están todos invertidos excepto el de signo. Cada 125  $\mu\text{s}$  se realiza la transcodificación de los 32 canales en ambas direcciones de transmisión y recepción.

Un método de tarificación frecuentemente utilizado en telefonía es inyectar a la línea una señal que contenga una ráfaga de onda senoidal de 12 ó 16 kHz, la cual se detecta luego en un contador del aparato de abonado. Debido a que la atenuación de línea es alta en estas frecuencias, el nivel



Pastilla de transcodificador y filtro utilizada en el circuito de línea analógica.

de la señal de tarificación tiene que ser bastante alto con relación al de la señal de conversación. La inyección a la línea no debe producir ruidos audibles. Como estos niveles tan elevados complican el diseño del camino de tarificación, la generación y conformación de las señales de cómputo se sitúa en un punto común en el transcodificador y filtro.

Todos los circuitos de esta unidad son de tecnología dinámica CMOS para conseguir muy bajo consumo de potencia y una superficie mínima de la pastilla ( $9,7\ \text{mm}^2$ ), la cual se aloja en una cápsula cerámica de 16 terminales en doble fila.

#### Controlador terminal de procesador duplicado (DPTC)

El circuito DPTC actúa de interfaz entre el circuito de línea y el ECT asociado, y por tanto con la red digital de conmutación del Sistema 12. Facilita al acceso a dos vías MIC, una de las cuales está conectada al ECT asociado al terminal mientras que la otra lo está al ECT de un "terminal emparejado". En caso de fallo de un ECT o cuando se cargan nuevos programas, el otro ECT de la pareja puede tomar el control de los circuitos de línea asociados a ambos terminales.

Cada vía MIC de 4 MHz consta de 32 canales de 16 bitios que fluyen a la frecuencia normalizada de trama de 8 kHz. El canal 0



contiene normalmente el código de sincronismo, y el canal 16 información de control. El diseño del Sistema 12 es tal que el ECT (asociado a 128 líneas) puede insertar órdenes por el canal 16 y recibir información de los circuitos de línea por el canal 16 de retorno.

El proceso en paralelo a velocidad elevada y la gran eficacia del tratamiento de datos se reflejan en una arquitectura de bus interno multicompartido. La temporización local de 4 MHz se extrae de las señales de reloj asíncronas de la central mediante un circuito analógico de bucle de enganche de fase. De acuerdo con la estrategia de ITT de hacer diseños que puedan someterse a pruebas, se han incorporado al DPTC unos circuitos lógicos que mejoran su facilidad de prueba.

El DPTC contiene una RAM dinámica de 1 k-octeto que almacena los paquetes de control de 8 octetos por línea.

La RAM estática de conmutación se direcciona de un modo asociativo, por el número de canal y dirección de puerto, estableciendo así con eficacia las conexiones simplex o dúplex entre cualesquiera canales de puertos de conmutación. La clave asociativa de esta RAM está controlada por el DPTC. Una asignación dinámica de canales enteramente optimizada y realizada línea a línea, minimiza el retardo en el circuito.

La pastilla del DPTC, con 22.000 transistores, está realizada sobre un sustrato de silicio de 35 mm<sup>2</sup> en tecnología avanzada CMOS de 3 μm, de pozo *n* y dos capas de polisilicio. El consumo de potencia es de 150 mW solamente.

### Placa de circuitos de línea

La gran integración de funciones conseguida mediante los LSI y el reducido

número de componentes discretos por circuito han permitido montar ocho circuitos de línea en una placa estándar del Sistema 12. Debido al pequeño consumo de potencia por línea y a la eficaz circulación de aire, poco obstaculizada por los componentes, un bastidor de líneas del Sistema 12 puede equipar 1.024 circuitos de línea. El conjunto de facilidades incorporadas a los circuitos integrados permiten satisfacer las distintas exigencias de las administraciones con un tipo único de placa de circuitos de línea.

### Conclusiones

Se han aprovechado al máximo los últimos adelantos tecnológicos para desarrollar un circuito de línea analógica del Sistema 12 económico, compacto, fiable y de bajo consumo de potencia. Por su diseño genérico y versátil adaptación a diversas especificaciones, el circuito examinado puede satisfacer los requisitos de las administraciones de todo el mundo.

### Bibliografía

- 1 J. M. Danneels, L. Van den Bossche y L. A. Bienstmann: Monolithic 70 V Bipolar Linedriver IC for PCM SLIC: *Institute of Electrical and Electronics Engineers Journal of Solid State Circuits*, junio 1983, volumen SC-18, nº 3.
- 2 R. Chea: Subscriber Line Interface Circuit with Impedance Synthesizer: *Patente de EE.UU.*, nº 4387273, 7 junio 1983.
- 3 R. Chea: Subscriber Line Interface Circuit Utilizing Impedance Synthesizer and Shared Voltage Source for Loop Current Regulation Control: *Patente de EE.UU.*, nº 4317963, 3 marzo 1983.
- 4 Las funciones del DSP están cubiertas por múltiples patentes. B. P. Agrawal, K. Shenoi y L. Chu: *Patentes de EE.UU.* nºs 4270026, 4270027, 4272648 y 4302631.
- 5 R. Chea, S. Das, D. C. Upp, J. Cornu, J. Danneels y J. Taeymans: Telephone Line Circuit and System: *Patente de EE.UU.* nº 4456991.



# Sistema 12

## Circuitos de enlace analógicos y digitales

Los circuitos de enlace analógicos y digitales son fundamentales en cualquier sistema de conmutación digital. En el Sistema 12 estos circuitos se han diseñado para ser genéricos, de modo que sólo se requieran unos pocos tipos de placas impresas para todas las funciones de interfaz necesarias con tan diversos enlaces existentes.

### J. J. van Rij

Nederlandsche Standard Electric Mij BV,  
La Haya, Holanda

### P. Wöhr

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

### Introducción

Los circuitos de enlace constituyen el interfaz de las centrales con cualquier tipo de medios de transmisión, siendo por ello parte importante de todo sistema de conmutación en los aspectos funcional y de prestaciones. Se utilizan en concentradores y en centrales locales, interurbanas e internacionales en las redes de telecomunicación. La función primaria de los circuitos de enlace es relacionar el sistema de conmutación con los diversos tipos de equipos de transmisión, ya sean éstos analógicos en baja frecuencia, múltiplex en frecuencia, o digitales por multiplexación temporal. Las redes actuales necesitan utilizar numerosas versiones para adaptarse a los canales de conversación y tratar la señalización entre centrales (y en particular, la señalización de línea).

Fue objetivo importante en el diseño del Sistema 12 el de poder cumplir las diversas condiciones de interfaz con la mínima cantidad de circuitos y programas diferentes. La estructura modular y la arquitectura de control distribuido del Sistema 12 han permitido satisfacer todos los requisitos mediante sólo dos tipos básicos de módulos de enlaces: el de enlaces analógicos y el de enlaces digitales<sup>1 a 4</sup>.

Los módulos de enlaces, igual que otros módulos importantes, operan por parejas, lo cual permite a un ECT tomar el control de ambos terminales del par en caso de fallo del otro ECT. En el interfaz de los circuitos de enlace con los ECT de la pareja de módulos se utilizan dos nuevos circuitos VLSI a medida: el controlador terminal de procesador duplicado (en el módulo de enlaces analógicos) y el interfaz de controlador

incorporado (en el módulo de enlaces digitales)<sup>5, 6</sup>.

El circuito de enlaces analógicos utiliza abundantemente circuitos VLSI a medida que se desarrollaron para el circuito de línea de abonado analógica<sup>7</sup>. El circuito de enlace digital tiene un microprocesador incorporado en la placa y un programa permanente que le da gran flexibilidad para adaptar el circuito de enlace a los diversos sistemas de señalización, cambiando únicamente el programa permanente. Debido al proceso previo que ejecuta el controlador incorporado, gobernado por el programa permanente, el interfaz entre este programa y la programación clásica está más normalizado, y el desarrollo de los programas necesarios para adaptar los diferentes sistemas de señalización queda reducido al mínimo.

### Circuito de enlace analógico

El circuito de enlace analógico sirve de interfaz entre la red digital de conmutación del Sistema 12 y su entorno analógico, predominante en la red telefónica. En la práctica, pues, debe trabajar con tipos de enlaces analógicos muy diversos, en lo que respecta a tratamiento de tráfico, señalización entre centrales entrante y saliente, supervisión de enlaces, y conversión analógico-digital.

Para adaptarse a tan diferentes especificaciones, el módulo de enlaces analógicos del Sistema 12 puede equiparse con placas para circuitos de enlaces E y M (entrantes o salientes) a 4 hilos, enlaces de salida a 2 hilos con desconexión de bucle, y enlaces de llegada a 2 hilos con inversión de tensión de batería. Estos circuitos de enlace verifi-



can y controlan las funciones y condiciones de telefonía, transmisión e interfaz. Las funciones telefónicas comprenden la alimentación por batería, señalización de línea, control de señalización de línea, y señalización entre registradores. Las funciones y requisitos de transmisión cubren niveles de transmisión y recepción, impedancia de central, diferentes atenuaciones, respuesta de frecuencia, retardo, ruido, intermodulación y distorsión. Por último, las funciones de interfaz incluyen el interfaz hacia la red digital de conmutación, el interfaz de transmisión, el interfaz digital de conversación, el de señalización y el de pruebas.

Un módulo de enlaces analógicos consta de seis placas, equipadas con seis circuitos de enlace cada una. La configuración del módulo puede admitir enlaces a 4 hilos, enlaces de salida a 2 hilos, enlaces de llegada a 2 hilos, o una combinación de los dos últimos.

#### *Características especiales de señalización*

La función de señalización puede dividirse en dos partes principales. La señalización de línea define los estados de la línea física y controla las señales en la misma línea, mientras que la señalización entre registradores cubre el intercambio de información entre registradores de dos centrales.

La señalización de línea se define como el nivel 7 del protocolo de comunicación entre centrales, proporcionando la función de exploración para detección de señal, y la de distribución para generación de señal (Tabla 1). Puede hacerse como señalización

continua, o bien en forma no continua o impulsiva.

La señalización entre registradores puede ser de multifrecuencia o decádica; esta última utiliza los mismos componentes e híbridas que la señalización de línea. Ambos tipos de señalización operan en dos direcciones: hacia adelante, en el sentido del establecimiento de la conexión, y hacia atrás en sentido inverso.

Los tipos de enlaces del Sistema 12 están basados en la señalización continua (CCITT R2) y en un conjunto básico de principios de señalización decádica.

#### *Realización*

Los circuitos de enlace utilizan híbridas para conseguir las características de transmisión requeridas. La adaptación local sólo exige el diseño de una nueva híbrida que se puede montar en la placa impresa correspondiente.

La figura 1 muestra la configuración del circuito de enlace analógico, formada por una parte común y otra propia del enlace. El interfaz de transmisión aporta la adaptación de impedancias, el ajuste de nivel de la señal, y la introducción de atenuadores para ajustar las pérdidas de inserción de acuerdo con los requisitos del plan de transmisión. Estos atenuadores, seleccionables por programa, se insertan en las dos direcciones de la señal.

En el interfaz de transmisión se incluye un transformador para protección de sobrecargas, aplicable también a los circuitos fantasmas de enlaces a 4 hilos. En caso de enlaces a 2 hilos, es necesaria la conversión para conseguir una vía de información a 4 hilos. La conversión analógico-digital y digital-analógico se realiza por el procesador digital de señal. El transcodificador y filtro convierte la salida de dicho procesador de codificación lineal a código MIC de 8 bits en ley A o ley  $\mu$ . Cada placa de circuito impreso (seis enlaces) utiliza un procesador digital por enlace y un circuito integrado de transcodificador y filtro común.

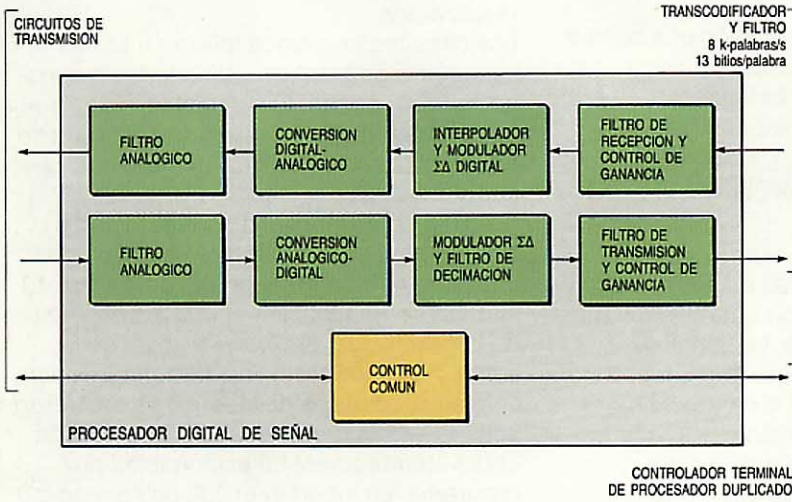
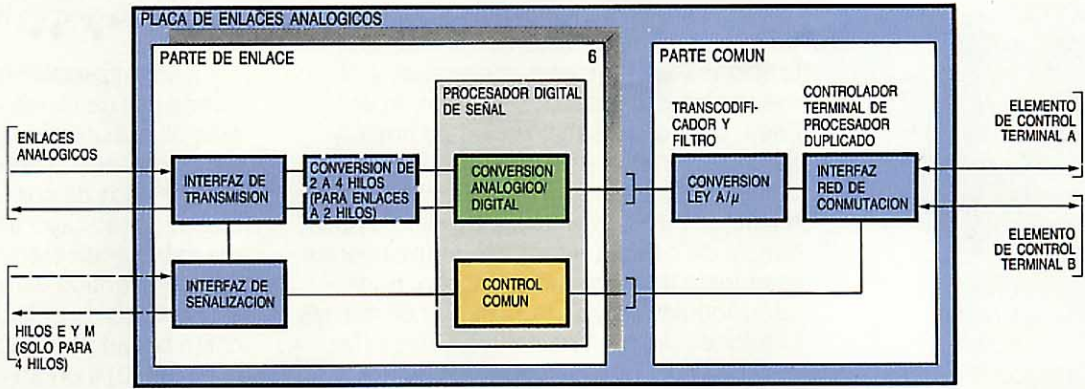
En la dirección de transmisión, la conversión analógico-digital se realiza en el modular sigma-delta. La salida va al filtro de decimación, que atenúa el ruido fuera de banda y reduce la velocidad de transmisión de datos desde 1024 k-palabras  $s^{-1}$  (cada una de un bitio de longitud) a 32 k-palabras  $s^{-1}$  (de 16 bitios). Seguidamente la salida del filtro de decimación se lleva al filtro digital de transmisión, el cual realiza la conformación del espectro y reduce la velocidad a 8 k-palabras  $s^{-1}$  (de 21 bitios). El control de ganancia de transmisión compensa a continuación la tolerancia de ganancia en el extremo analógico y ajusta los niveles de señal, reduciendo además la

**Tabla 1 — Funciones de señalización de línea para diferentes tipos de enlaces analógicos**

Tipo de enlace	Señalización de línea	
	Función de exploración	Función de distribución
Enlace E y M (ambas direcciones)	detección en hilo E detección de señal de control de portadora de grupo permanencia	generación en hilo M bloqueo de enlace después de un fallo o para mantenimiento función de reparto de tonos en banda de canal
Enlace de salida	detección de polaridad (alimentación normal, alimentación de reserva, sin alimentación) permanencia	señalización de bucle por la resistencia (valor óhmico alto, valor óhmico bajo, abierto)
Enlace de llegada	detección de bucle por las corrientes permanencia	alimentación de línea inversión de polaridad con/sin supresión de chasquido función de bloqueo



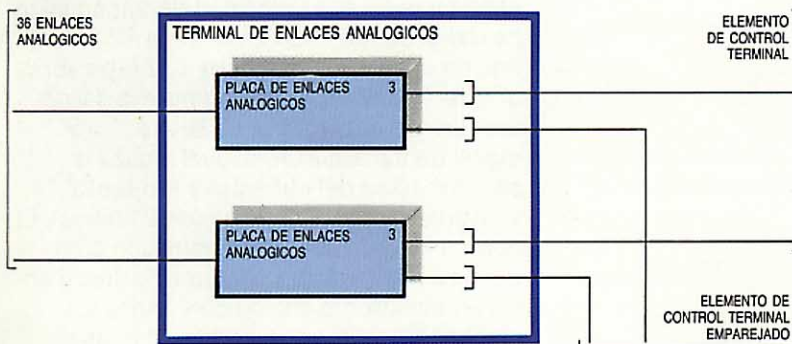
**Figura 1**  
Circuito de enlace analógico, indicando los bloques básicos constitutivos de la placa de enlaces analógicos (a la derecha), y las funciones del procesador digital de señal (abajo).



longitud de las palabras de señal de 21 a 13 bits.

En la dirección de recepción se realiza el proceso inverso a través del control de ganancia de recepción, del filtro digital de recepción y del interpolador. El procesador digital de señal incluye también una híbrida digital, que permite ajustar bajo control del programa las redes de equilibrado definidas por el usuario para enlaces a 2 hilos. Asimismo, este procesador ajusta la ganancia en ambas direcciones de transmisión y recepción. El transcodificador traduce el código MIC de 8 bits (en ley A o ley  $\mu$ ) del canal de conversación a MIC lineal de 13 bits.

**Figura 2**  
Configuración básica de un terminal de enlaces analógicos.



El interfaz de señalización detecta y genera señales para el protocolo de comunicación. En el caso de enlace E y M, explora y gobierna los hilos E y M directamente.

Los módulos destinados a enlaces a 2 hilos incorporan una conexión a la unidad de acceso a pruebas, por el bus dedicado a este fin. En los módulos equipados para enlaces a 4 hilos, hay medios para pruebas de bucle integrados en ambos interfaces, el de transmisión para los hilos de conversación y el de señalización para hilos E y M. También se realizan funciones de señalización dentro de banda del canal para prueba centralizada de enlaces.

Además de las seis placas impresas ya mencionadas, el módulo de enlaces analógicos contiene la configuración estándar de ECT utilizada en todos los módulos del Sistema 12 (Fig. 2). El controlador terminal de procesador duplicado está conectado por uniones MIC de 4 Mbit s<sup>-1</sup> al microprocesador de cada ECT de la pareja de módulos. La programación controla todas las funciones, aplicando el concepto de equipo virtual. Existe una máquina soporte del sistema, el operador de dispositivos, que oculta a los programas de mayor nivel la configuración del equipo físico.

La máquina soporte de sistema del ECT maneja indistintamente los tres tipos de enlaces analógicos antes descritos. La lógica de señalización, estructurada del mismo modo, puede atender simultáneamente diferentes tipos de señalización en un solo programa. El comportamiento de las híbridas y la estructura modular de la programación reducen al mínimo las necesidades de ingeniería de diseño.

### Circuito de enlace digital

El circuito de enlace digital del Sistema 12 conecta los enlaces MIC de 32 canales a 2048 kbit s<sup>-1</sup> a la red digital de conmutación. Debe proporcionar, ante todo, un interfaz MIC de 32 canales que observe las series de Recomendaciones G.700 y Q.500 del



CCITT, a excepción de las que se aplican al propio sistema de conmutación.

Como sucede con los módulos de enlaces analógicos, cada módulo de enlaces digitales está emparejado con otro similar en la arquitectura del Sistema 12, de tal modo que si falla uno de los dos ECT el otro pueda tomar el control de ambos terminales.

Las funciones del terminal de enlace digital incluyen el tratamiento por el canal 16 de la señalización por canal asociado (información de cambios de estado al ECT correspondiente y envío de las señales de acuerdo con las instrucciones de dicho ECT), y el tratamiento a nivel 2 de la señalización por canal común CCITT nº 7. Además, el procesador incorporado y su programa permanente contribuyen a la auto-prueba del terminal de enlace digital después de una activación del mismo o cuando el programa lo solicita.

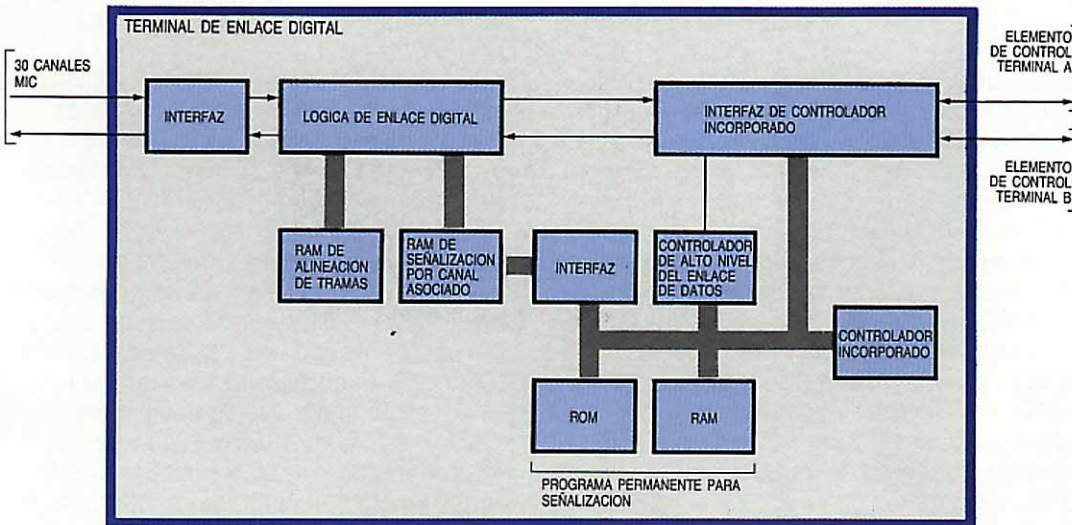
### Realización

El circuito de enlace digital (Fig. 3) está construido en una placa de circuito impreso. Sus componentes esenciales son dos circuitos VLSI de diseño a medida (el inter-

*Interfaz de 2 Mbit s<sup>-1</sup>*: proporciona la conexión al equipo de transmisión, e incluye la extracción de reloj de la señal entrante.

*Lógica de enlace digital*: este bloque desempeña muy diversas funciones, tales como conversión a HDB3, sincronización y supervisión de tramas, control de fluctuación y deslizamiento, control de memoria intermedia de alineación de tramas, y control de la memoria intermedia de multitramas para el canal 16, en la señalización por canal asociado. Lleva también a cabo la detección y señalización de alarmas y la señalización dentro de banda de canal para pruebas de enlaces. La realización utiliza un diseño VLSI parcialmente a medida mediante biblioteca de células estándar.

*Interfaz de controlador incorporado*: es un circuito VLSI a medida que, controlado por programa, realiza la asignación de canales a las conexiones en ambos sentidos con el ECT, así como la conmutación de un canal MIC al controlador de alto nivel del enlace de datos para señalización por canal común CCITT nº 7. Proporciona también el control por acceso directo a memoria para la transferencia de mensajes desde el ECT a la



**Figura 3**  
Diagrama de bloques del nuevo enlace digital, que ocupa una sola placa impresa.

faz de controlador incorporado y la lógica de enlace digital) y un microprocesador (el controlador incorporado). Las pastillas de memoria (RAM y ROM o EPROM) están asignadas al controlador para el almacenamiento de programas y datos, y a la lógica de enlace digital como memorias intermedias para la alineación de tramas y señalización por canal asociado.

### Funciones del equipo físico

Las funciones siguientes corresponden a los diferentes bloques de equipo representados en la figura 3.

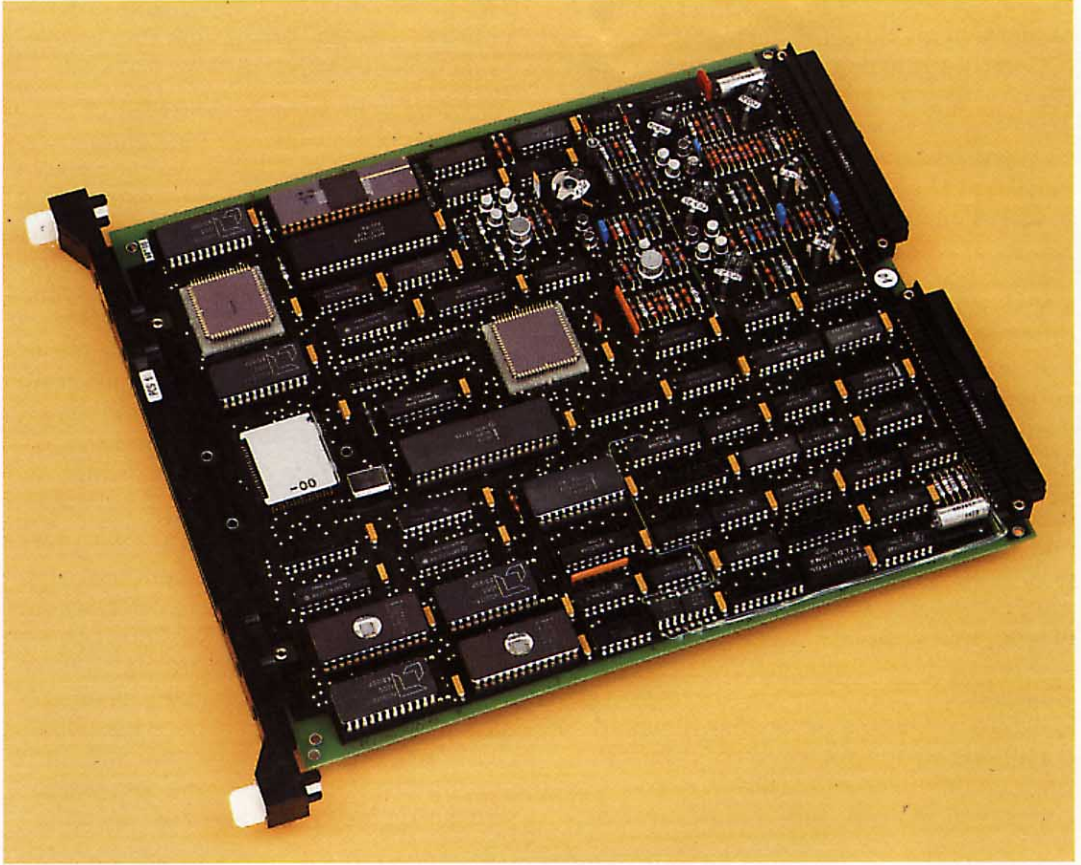
RAM y viceversa, y supervisa las conexiones del ECT.

*RAM de alineación de tramas*: esta memoria intermedia almacena dos tramas con el fin de controlar el deslizamiento (en unión con la lógica de control de deslizamiento incluida en la lógica de enlace digital) en los casos en que se produzca una desviación excesiva entre la fase de la vía binaria de llegada y la del reloj de la central.

*RAM de señalización por canal asociado*: almacena temporalmente la información de señalización por canal asociado contenida



Placa Impresa de  
circuito de enlace  
digital.



en el canal 16 de ambas direcciones de transmisión y recepción, así como la información del canal 0 en las tramas pares e impares. La lógica de enlace digital controla los accesos entre otras centrales y la vía MIC de 2048 kbit s<sup>-1</sup>, en ambos sentidos, de acuerdo con las estructuras de trama y multitrama. Este método permite al controlador incorporado acceder a la RAM referida para leer, escribir, y tratar cambios de estado con mayor independencia del tiempo. La señalización por canal asociado sobre el canal 16 debe tratarse por el controlador a un ritmo de 2 ms, mientras que el tratamiento por el canal 0, (en particular de las alarmas) debe hacerse en menos de 0,25 ms.

*Interfaz de la RAM de señalización por canal asociado:* facilita los circuitos de acceso del controlador incorporado a la RAM en cuestión. Puesto que ésta opera con reloj del circuito de enlace digital, independiente del reloj del controlador, se necesita el interfaz para que el controlador acceda a la RAM con la fase correcta.

*Controlador de alto nivel del enlace de datos:* este controlador maneja parte del nivel 2 del sistema de señalización CCITT n° 7, como es la indicación de la llegada de un mensaje. Se comunica con el controlador incorporado para la transferencia bidi-

recional de datos entre ambos controladores. De esta forma, el controlador de alto nivel del enlace de datos facilita el acceso físico de un canal MIC portador de la señalización por canal común CCITT n° 7.

#### *Programa permanente*

El programa permanente comprende tres paquetes: la rutina general, la de señalización por canal asociado, y la de señalización CCITT n° 7. El primero proporciona las funciones de inicialización del circuito de enlace y de pruebas del equipo físico del circuito, además de las transferencias de mensajes entre el controlador incorporado y el ECT. Actúa también como supervisor y planificador de dicho controlador.

El segundo paquete, la señalización por canal asociado, se ocupa de tratar los cambios en el canal 16 de recepción, generar mensajes en el ECT de recepción, tratar los mensajes en el ECT de transmisión, y enviar señales transmitidas con la temporización correcta. Ejecuta también el tratamiento dentro de banda de las señales para pruebas del enlace (transferencia transparente de la señalización a través de la red para los canales individuales).

El tercer paquete, la señalización CCITT n° 7, trata las funciones de nivel 2 en cooperación con el controlador de alto nivel del enlace de datos, y también realiza la



traducción y transferencia de mensajes desde el ECT al canal MIC asignado, y viceversa.

### Conclusiones

Ambos circuitos de enlace analógicos y digitales han demostrado cómo pueden incorporarse al diseño del Sistema 12 los adelantos de la tecnología de circuitos integrados, sin ningún cambio en el conjunto del sistema.

El desarrollo del circuito de enlace analógico no exigió un gran trabajo, gracias a la utilización común en líneas y enlaces de circuitos VLSI diseñados a medida. El nuevo circuito que aquí se ha descrito ocupa una sola placa impresa, y seis de ellas se equipan en un módulo de enlaces analógicos.

El circuito de enlace digital conecta vías MIC de 32 canales a  $2048 \text{ kbit s}^{-1}$  a la red de conmutación del Sistema 12. Aplicando la última tecnología VLSI se ha podido realizar el nuevo circuito de enlace digital en una sola placa, en lugar de las dos placas que antes se necesitaban. Se utiliza el mismo circuito para ambos tipos de señalización:

por canal asociado y CCITT n° 7. La única diferencia radica en los programas permanentes. La estrategia de diseño adoptada permitirá ampliar las funciones de señalización en los futuros circuitos de enlaces digitales.

### Referencias

- 1 F. Alvarez Casas y F. Casali: Central digital ITT 1240: Planificación de redes y aplicación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 302–314.
- 2 P. Haerle y M. della Bruna: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red interurbana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 235–247.
- 3 R. Bonami, J. M. Cotton y J. N. Denenberg: Central digital ITT 1240: Arquitectura: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 126–134.
- 4 J. M. Danneels y A. Vandeveldde: Sistema 12: Circuito de línea analógica: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 43–47 (en este número).
- 5 R. H. Mauger: Sistema 12: Arquitectura para el cambio: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 35–42 (en este número).
- 6 R. H. Mauger y P. Wöhr: Impact of Advanced Component Technology on HW/SW Interface for Function in a Digital Switching System: *Proceedings of the International Switching Symposium*, 7–11 mayo 1984, Florencia, documento 41 A2.
- 7 R. Chea, W. Cochran, J. Danneels y P. Wöhr: System 12 Line Circuit Technology: *Proceedings of the International Switching Symposium*, 7–11 mayo 1984, Florencia, documento 32 A3.



# Sistema 12

## Puerto doble de conmutación

Se ha utilizado la más reciente tecnología VLSI para integrar dos puertos de conmutación del Sistema 12 en una sola pastilla. Al mismo tiempo se han añadido nuevas características y mejorado su aptitud para prueba. El nuevo elemento digital de conmutación, basado en este puerto doble mantiene una total compatibilidad con la versión anterior.

### **W. Frank**

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

### **M. C. Rahier**

**D. Sallaerts**  
Bell Telephone Manufacturing Company,  
Amberes, Bélgica

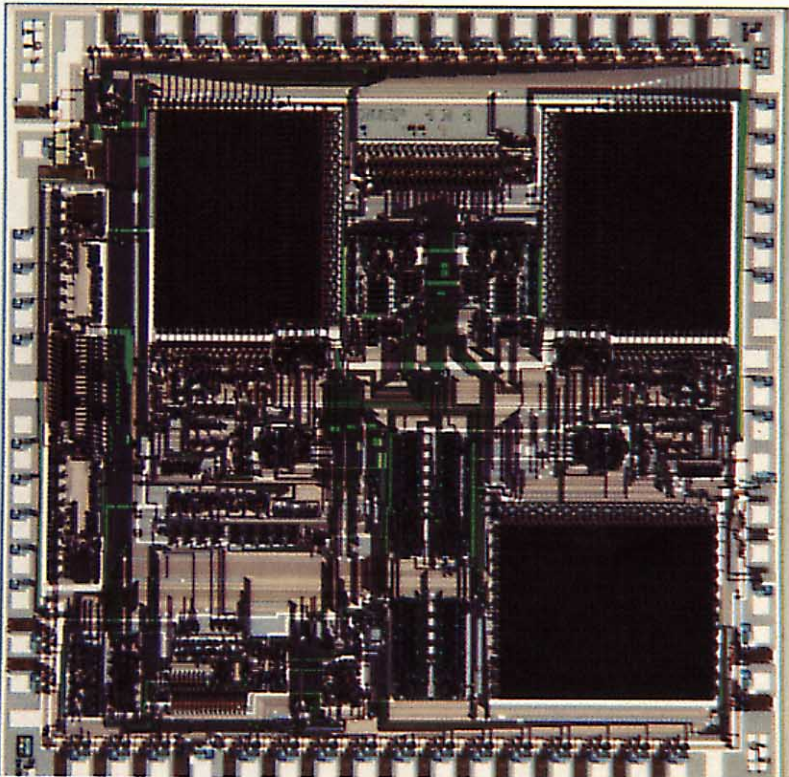
### **D. C. Upp**

ITT Advanced Technology Center, Shelton,  
Connecticut, Estados Unidos de América

### **Introducción**

Al crecer el nivel de integración de las pastillas de semiconductores, la fabricación de sistemas electrónicos mejora su rendimiento económico y se potencian las prestaciones. Esto se debe a la disminución de componentes y de interconexiones entre

**Microfotografía del nuevo VLSI del puerto doble de conmutación, que integra alrededor de 20.000 transistores.**



elementos, y a las menores exigencias de espacio para montar los circuitos integrados. Los avances en niveles de integración obedecen a la continua evolución de la tecnología de semiconductores hacia dimensiones características aún más pequeñas. De aquí que merezca la pena investigar si pueden integrarse aún más los dispositivos LSI existentes.

Se ha realizado un estudio tal en el elemento de conmutación de la central digital Sistema 12<sup>1</sup>. En una central típica de 10.000 líneas basada en la tecnología actual, con 3168 puertos de conmutación, se pueden esperar ventajas importantes al dividir por dos el número de componentes, razón por la cual se ha desarrollado el puerto doble de conmutación.

### **Funciones del elemento de conmutación**

La figura 1 indica la estructura del elemento de conmutación, con 16 puertos conectados por un bus común multiplexado en el tiempo. Cada puerto de conmutación tiene un interfaz bidireccional MIC por donde discurre un tren de bits en serie entrante y saliente de  $4096 \text{ kbit s}^{-1}$ , compuesto por 32 canales de 16 bits por trama. Un circuito de reloj selecciona una de las dos señales de reloj del sistema de 8192 kHz (A o B) y proporciona a los puertos las señales de 8192 kHz, 4096 kHz y una referencia de trama local (8 kHz) para sus opera-



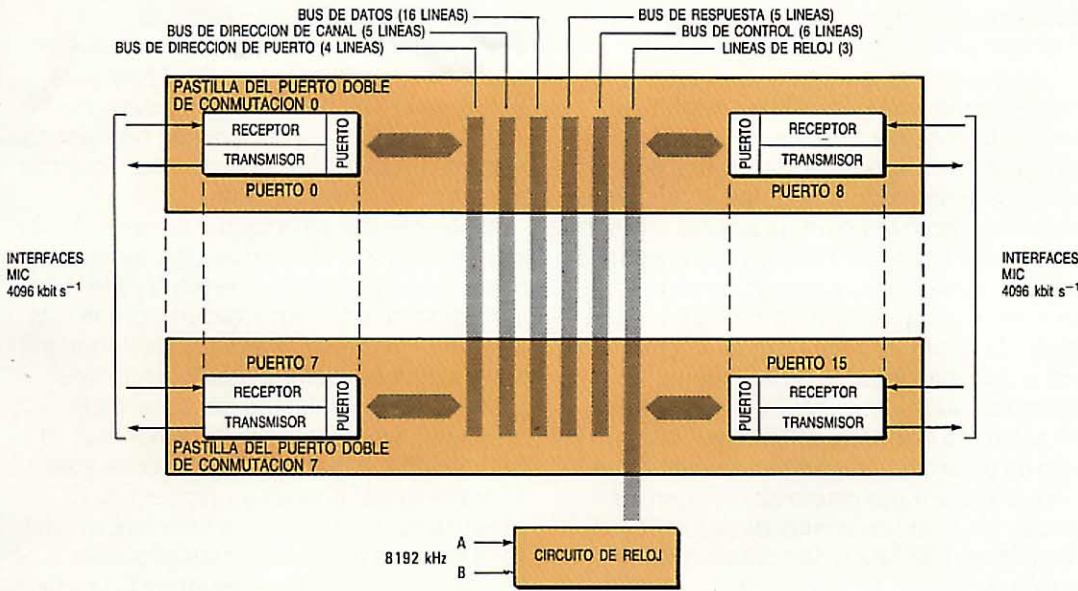


Figura 1 Estructura del elemento de conmutación.

ciones internas del bus y para las vías MIC salientes.

La fase de las señales MIC entrantes no guarda relación alguna con la fase de la señal de reloj del puerto de conmutación, entre otras razones por la longitud física de la vía MIC. Ante todo, pues, hay que adquirir el sincronismo de bitios y la alineación de trama. La sincronización de bitio se consigue detectando los cambios (1 a 0 y 0 a 1) en la vía MIC de entrada.

La alineación de trama se basa en la detección de una configuración de sincronismo en el canal 0 de la vía MIC entrante. Si no se detecta tal palabra de sincronismo se envía un mensaje de alarma de *pérdida de sincronismo* por las vías MIC salientes de los puertos  $N$  y  $N + 8$ . La detección de la palabra de sincronismo en el tren de bitios marca el comienzo (canal 0) de la trama.

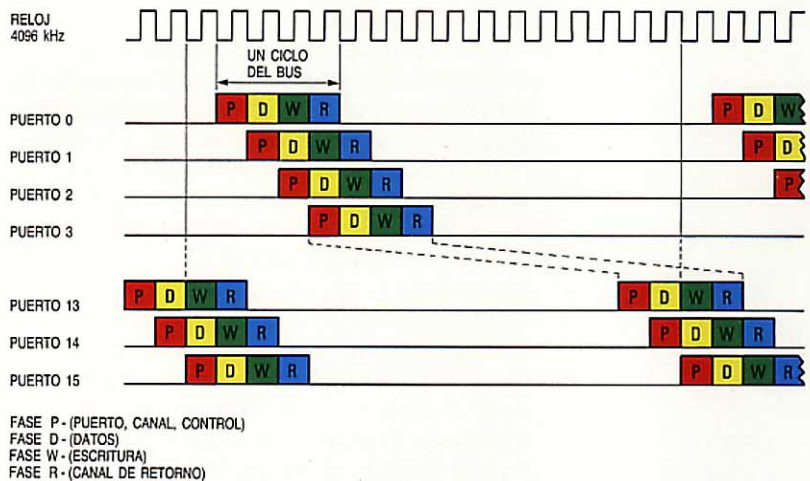
Los siguientes canales se convierten a palabras de 16 bitios en paralelo. Los dos bitios más significativos, denominados de protocolo, definen el formato de la palabra, que puede ser *idle* (libre), *select* (selección), *spata* (voz o datos) o *escape*. El formato *idle* designa un canal sin utilizar, no realizándose más operaciones. En cambio, el formato *select* denota que la palabra corresponde a una orden de selección, y se ejecutan las acciones oportunas para establecer un camino. Si no hay canal libre disponible para tal establecimiento, se devuelve un mensaje de NACK (reconocimiento negativo) al puerto inmediato del elemento de conmutación anterior. El envío de NACK en dirección de retorno, hasta el origen, libera el camino existente.

Si los bitios de protocolo corresponden a un formato *spata*, entonces se envía esta palabra por el camino existente usando dos puertos de conmutación y el bus de multi-

plexación en el tiempo TDM. Cada parte receptora de los puertos de conmutación tiene acceso al bus TDM durante un ciclo de bus fijado por tiempo de canal de  $3,9 \mu s$  (32 veces por trama). Un ciclo de bus se divide en cuatro fases *P*, *D*, *W* y *R* (Fig. 2), cada una cubriendo un intervalo de 244 ns. Los ciclos de bus de los puertos 0 y 15 están desplazados en un intervalo para evitar solaparse en el bus TDM.

Durante la fase *P* se envía, desde una parte receptora de puerto doble de conmutación, una dirección de puerto al bus de puertos. Cada parte transmisora compara esta dirección con su propia identidad de puerto, para comprobar si debe procesar la información en los buses activos en la fase *P* y en la fase *D*. Después, la información se procesa en la fase *W* por la parte transmisora seleccionada; durante la fase *R* se puede devolver una señal de reconocimiento. La identidad de puerto, fijada mediante puentes en los terminales del puerto doble

Figura 2 Diagrama de tiempos en el elemento digital de conmutación del Sistema 12.



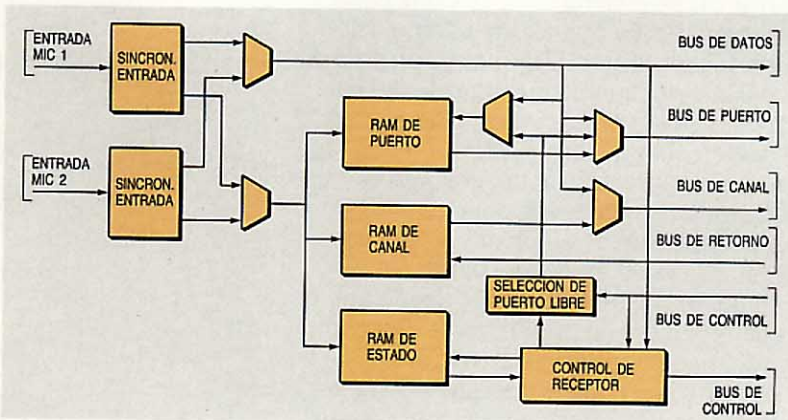


de conmutación, define la asignación de intervalo a cada parte receptora (Fig. 2).

Los puertos de conmutación están dotados de cierta inteligencia para permitir un control distribuido a través de las vías serie MIC. Las direcciones de los puertos pueden escogerse de modo autónomo en la parte receptora, pero también es posible extraerlas de órdenes *select* recibidas en la entrada serie. Ambos tipos de selección se utilizan en el establecimiento de camino a través de la red de conmutación. Todos los receptores almacenan independientemente el estado de sus canales MIC y pueden detectar acciones erróneas, tales como la aparición de un protocolo *spata* en un canal libre.

En la parte transmisora se recogen los datos y los bits de control de sus respectivos buses. Los bits de control indican la acción a realizar. En el caso de una orden *select*, se asigna un canal y se comprueba

**Figura 3**  
Diagrama de bloques de la parte receptora del puerto doble de conmutación.



si está libre, viniendo el canal determinado por el tipo de orden. Si ésta es de selección libre, el transmisor elige un número de canal, pero si designa una selección específica, el receptor que originó la orden coloca la identidad del canal en el bus de canal y el transmisor selecciona ese canal concreto. En ambos casos, la dirección del canal seleccionado se devuelve al receptor durante la fase *R*.

Si la operación de selección tuvo éxito, se devuelve una señal de reconocimiento al receptor. La transmisión de las siguientes órdenes *select* y palabras *spata* es análoga, pero en este caso el número de canal se toma siempre del bus de canal. La parte transmisora dispone de un mecanismo protector que supervisa la transmisión en los canales seleccionados: si hay un cruce de dos caminos, ni uno ni otro son reconocidos y ambos se liberan. Otra función del transmisor es procesar el contenido del canal 0. Este canal se trata por separado: transporta la palabra de sincronismo y puede contener distintas órdenes para

mantenimiento. Tales órdenes permiten enmascarar un puerto para mantenimiento, de modo que no se le pueda utilizar para establecer llamadas; también sirven para inhibir o provocar la generación de alarmas, suprimir la palabra de sincronismo o solicitar el estado de mantenimiento.

No es posible seleccionar el canal 0. Hay un camino dúplex fijado para los códigos del canal 0, a través de los puertos *N* y *N* + 8 de los elementos de conmutación y de las vías MIC entre las distintas etapas. Se denomina túnel a esta trayectoria dúplex entre dos ECT. Todas las palabras del canal 0 se propagan a lo largo de dicho túnel hacia un ECT, donde se generan las órdenes y se interpretan las alarmas y respuestas. El canal 16 tiene también una función especial: lleva la información de NACK al puerto inmediato en la etapa anterior de la red de conmutación y así, etapa tras etapa, se devuelve hacia el ECT.

### Estructura del puerto doble de conmutación

Los diagramas de bloques de los puertos de conmutación sencillo y doble son muy similares, puesto que las dos versiones son funcionalmente equivalentes. A continuación se explican los aspectos funcionales más importantes, así como las diferencias más relevantes con el puerto sencillo.

#### Parte receptora

La figura 3 muestra el diagrama de bloques de la parte receptora del puerto doble de conmutación. Dos vías de entrada MIC, tras la sincronización y la conversión serie-paralelo, se intercalan en un bus interno (a ocho periodos de reloj cada una). El contenido del bus interno se puede interpretar como: libre, datos u órdenes. Si es de datos, la palabra de 16 bits se coloca en el bus TDM, junto con una dirección de puerto de 4 bits (almacenada en la RAM de puerto) y una dirección de canal de 5 bits (en la RAM de canal). Estas direcciones indican el destino de la palabra de datos. Además, se envía al bus una palabra de control adecuada.

Cuando se detecta una orden de establecimiento de camino, la palabra de 16 bits se procesa por la parte de control del receptor. Se interpreta el código *select* y, si en él se dan las direcciones de puerto y canal, se extraen éstas de los campos correspondientes de la orden. También puede la parte receptora elegir libremente la dirección de puerto, utilizando para ello los circuitos de selección de puerto libre, que guardan registro de la disponibilidad de todos los puertos transmisores de un elemento de



conmutación. Las direcciones de puerto y canal elegidas se colocan en los respectivos buses, junto con una palabra de control. Asimismo, la dirección de puerto se almacena en la RAM correspondiente para utilizarla en la transmisión de las sucesivas palabras *spata*. La RAM de canal se carga con la dirección cuando ésta es devuelta desde el transmisor de destino. La función de la RAM de estado es guardar información de los cambios de estado de los canales de la vía MIC de entrada.

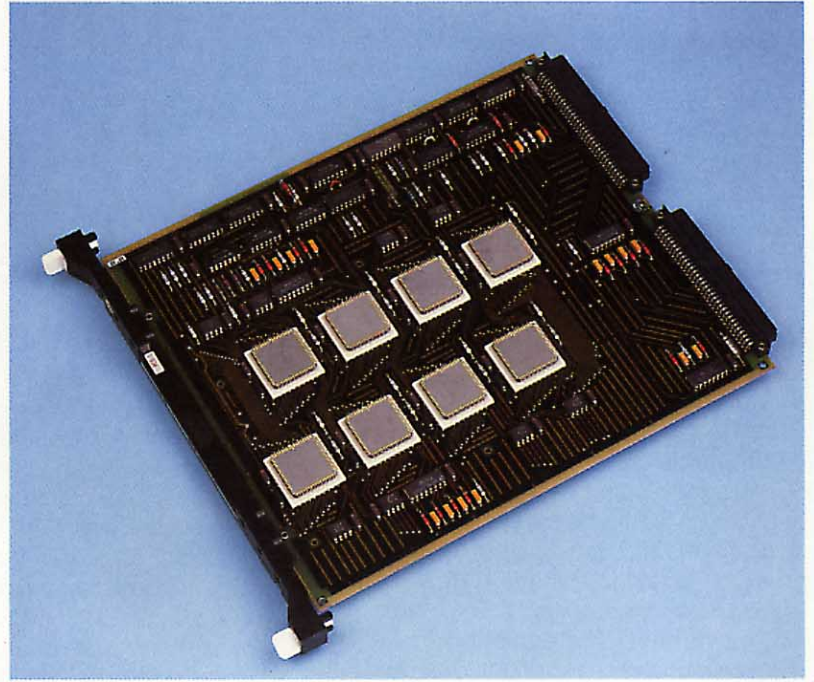
Si bien no hay diferencia funcional entre los receptores del puerto sencillo y del doble (todas las órdenes se interpretan y ejecutan exactamente igual en unos y otros), surge una diferencia de realización significativa por el hecho de que las operaciones del receptor puedan ejecutarse en siete ciclos de reloj, aunque haya 16 ciclos disponibles. Es posible, por lo tanto, tratar dos canales de recepción en los 16 ciclos de reloj disponibles, y multiplexar en un bus interno los dos receptores del puerto doble. Para que sea idéntico el tiempo de proceso para ambos receptores, los 16 ciclos de reloj se dividen en dos grupos de 8. Puesto que un receptor se procesa ocho ciclos de reloj después del otro, sus respectivas fases de bus (*P, D, W, R*) se deben también separar en ocho ciclos. Esta es una razón para agrupar los puertos de la red con identidades  $N$  y  $N + 8$  en un puerto doble de conmutación. Puede así omitirse el puente para el bitio más significativo de la dirección de puerto, o bien sustituirse por una señal interna que distinga el puerto  $N$  del  $N + 8$ .

No todas las partes de los receptores pueden o deben multiplexarse. Los circuitos de sincronismo de entrada deben ser completamente independientes, ya que no hay relación entre las señales MIC. Todas las secciones RAM se han de separar por igual motivo. Las otras partes de los dos receptores son comunes a ambos.

Como resultado se han ahorrado varios centenares de transistores, reduciendo así el consumo y el tamaño de la pastilla (aproximadamente en  $3 \text{ mm}^2$ ).

#### Parte transmisora

En la figura 4 se presenta un diagrama de bloques del transmisor. Ambos transmisores del puerto doble son idénticos. Cada uno de ellos tiene su propia dirección (diferenciadas en 8), que se emplea para detectar si hay datos que procesar en el bus TDM. Si el número de puerto en el bus de puerto coincide con la dirección de un transmisor dado, se aceptan los datos presentes en los buses. Para determinar la acción a realizar se evalúan los datos situados en el bus de control. Si hay que ejecutar una orden *select*, se actualiza la RAM de estado y se

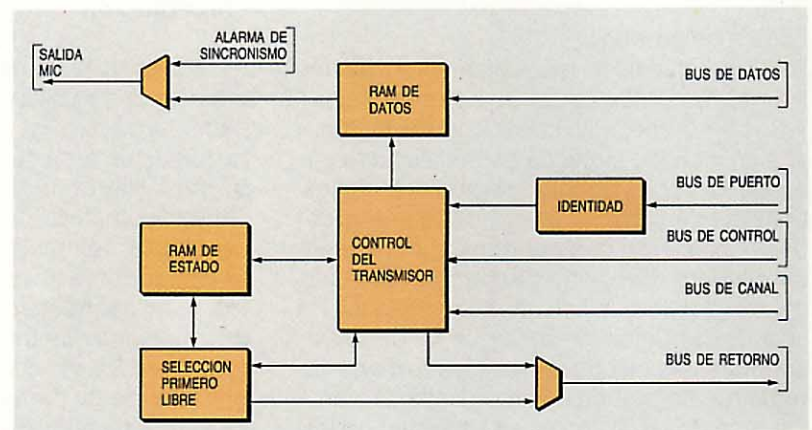


**Nueva placa de elemento digital de conmutación del Sistema 12 basada en puertos dobles.**

escoge un canal, lo cual puede hacerse por búsqueda libre o seleccionando un canal específico, que en tal caso vendría fijado por la dirección de canal presente en el bus de canal. En ambos casos, la dirección de canal se devuelve al receptor de origen a través del bus de respuesta.

La selección de un canal libre se realiza mediante un circuito de "selección de primer canal libre", que guarda un registro de tres canales susceptibles de ser elegidos para establecer un camino. El registro se actualiza de modo que se minimice el retardo entre la aceptación del canal desde el bus TDM y la salida de datos por la vía MIC. Cuando se toma una palabra *spata* del bus TDM, ésta se almacena en la RAM de datos en una posición definida por la dirección de canal contenida en el bus de canal. Los canales se leen secuencialmente de la RAM de datos y se sacan en serie por la línea MIC.

**Figura 4 Diagrama de bloques de la parte transmisora del puerto doble de conmutación.**





El control del transmisor detecta si hay cruce entre los caminos, si la búsqueda de camino termina con NACK, o si se libera un canal. Asimismo emite alarmas (pérdida de sincronismo, error de escritura), ejecuta órdenes de canal 0 e inserta el código de sincronismo. Si el receptor colateral (es decir, el que recibe el tren de bits MIC) perdiera el sincronismo, se eliminaría la información de la RAM de datos, enviando solamente bits de protocolo y código de sincronismo por el canal 0. Ello garantizará la sincronización correcta de dicho receptor colateral.

Como los dos transmisores son independientemente direccionables por los datos que proceden del bus TDM, pueden estar implicados al mismo tiempo en procesos diferentes. Esto impide que pueda compartirse una cantidad sustancial de equipo entre ambos transmisores. Sin embargo, ha podido lograrse un cierto ahorro en el llamado circuito de paso: como los puertos  $N$  y  $N+8$  están en la misma pastilla, no es necesario incluir un circuito de conexión externo. La conversión paralelo-serie se ha omitido asimismo, y los bits de paso se intercambian directamente entre los puertos.

Comparado con el puerto de conmutación sencillo, el conjunto de órdenes se ha ampliado con la orden de interrogación de reloj del canal 0. Esto permite a los programas comprobar si los dos relojes del sistema en un determinado elemento de conmutación están operacionales o en falta, y cuál está en ese momento seleccionado. Asimismo se ha incluido un circuito de *power on reset* (puesta a cero al conectar alimentación). Después de dar alimentación, todos los puertos dobles de un elemento de conmutación se ponen en un estado que no les permite aceptar órdenes *select* ni enviar alarmas antes de haber sido correctamente inicializados por los programas del sistema.

Salvo los anteriores cambios, no hay diferencia funcional entre los transmisores del puerto doble y del sencillo.

### Lógica de prueba

La posibilidad de pruebas plantea un reto en los circuitos VLSI, cada vez más complejos. A fin de potenciar su capacidad de prueba, se han incluido circuitos especializados en el puerto doble de conmutación, los cuales consisten en un conjunto de 16 registros de desplazamiento que pueden conectarse a los circuitos del puerto de conmutación bajo control de medios físicos. Es posible así acceder a puntos internos que no podrían supervisarse de otra forma. Cuatro de estos registros de prueba están en cada uno de los receptores, y cuatro en cada uno de los

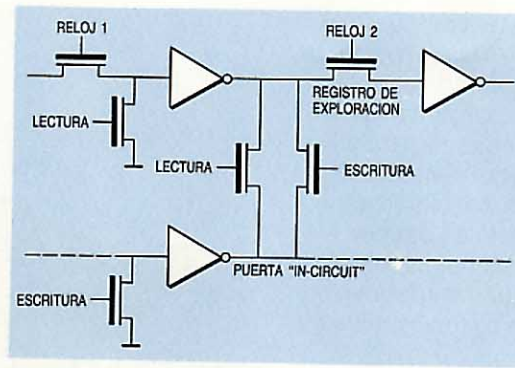


Figura 5  
Circuito típico incluido en la pastilla para mejorar la capacidad de prueba del puerto doble.

transmisores. Los datos se pueden desplazar en estos registros y después ser escritos en una posición específica. En la figura 5 se indica un circuito típico. Además, es posible recuperar los datos desde esa misma posición y desplazarlos al exterior para su análisis. Los datos introducidos y el registro de prueba utilizado para este fin pueden controlarse por separado. Un tercer conjunto de entradas de prueba (lectura y escritura) permite elegir cuándo ha de realizarse una acción de prueba específica.

Pueden intercambiarse datos entre la lógica de prueba y el circuito conectando juntas, en una configuración AND alambrada, la puerta "in-circuit" y la puerta del registro de desplazamiento. Simultáneamente, la puerta que va a escribirse se fuerza a la condición lógica 1 al poner a tierra su entrada. El equipo adicional ocupa aproximadamente el 5% del área total de la pastilla. Para poder usar todos los registros de prueba se necesitan siete conexiones más de entrada/salida. Cuando se monta el componente VLSI en la placa de circuito impreso, no se utilizan los registros de prueba: el circuito de pruebas está inhabilitado y con baja alimentación. La posibilidad de comunicación entre los puertos  $N$  y  $N+8$  sin utilizar las estructuras de entrada/salida, ofrece una nueva modalidad de prueba.

### Características del puerto doble de conmutación

El circuito VLSI se ha realizado en tecnología NMOS de polisilicio mono-capa de  $3 \mu\text{m}$ . La pastilla mide  $6,08 \text{ mm} \times 6,16 \text{ mm}$ , lo que da un área de aproximadamente  $37 \text{ mm}^2$ . Hay unos 20.000 transistores en el circuito completo, incluyendo los que se destinan a mejorar las facilidades de prueba. El componente necesita sólo una fuente de +5 V, en contraste con el puerto sencillo que funciona con tres alimentaciones (+5 V, +12 V y -3 V). Los +12 V servían principalmente para alimentar los circuitos de entrada/salida, mientras que los -3 V se



empleaban en la polarización del sustrato. El puerto doble de conmutación disipa alrededor de 650 mW, con un máximo de 900 mW, y está encapsulado en un portador de circuito de 68 salidas desprovisto de terminales.

### **Nueva placa de elemento de conmutación**

Al reducirse el elemento de conmutación de 16 puertos sencillos a 8 puertos dobles, se ha simplificado considerablemente el trazado de la nueva placa, desarrollada en tecnología de cuatro capas. Las pistas del bus común TDM son mucho más cortas, disminuyendo así la carga capacitiva. La disipación de la placa se ha reducido en un factor cercano a 1,7.

El mencionado portador de circuito de 68 salidas, que sustituye al portador de circuito con 64 terminales, utiliza un nuevo elemento de interconexión, llamado marco de terminales (*pin frame*). Este marco de poliéster reforzado de cristal, moldeado por inyección y con terminales de interconexión embutidos<sup>2,3,4</sup>, permite adherir portadores de circuitos cerámicos sin terminales a circuitos impresos de fibra de cristal normalizada, de un modo fiable, sencillo y no costoso.

La nueva placa de elemento de conmutación con puertos dobles es totalmente

compatible (en sentido ascendente) con la placa actual, a la cual puede por lo tanto sustituir. La orden de interrogación de reloj que ahora se añade puede utilizarse en redes de conmutación equipadas con el nuevo elemento digital de conmutación.

### **Conclusiones**

Se ha desarrollado un puerto doble de conmutación en un circuito VLSI con tecnología NMOS de 3  $\mu\text{m}$ , el cual realiza las mismas funciones que el puerto sencillo, ofreciendo nuevas facilidades y mejorando su aptitud para las pruebas. Este puerto doble de conmutación sirve de base para una nueva placa de elemento de conmutación del Sistema 12.

### **Referencias**

- 1 J. M. Cotton, K. Giesken, A. Lawrence y D. C. Upp: Central digital ITT 1240: Red digital de conmutación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 148–160.
- 2 W. Hartl: "Pin Frame" Provides Economic Alternative to Surface – and Socket – mounting of Leadless Chip Carrier.
- 3 J. Lyman: Low-cost Plastic Frame Reliably Mates Leadless Chip Carrier and Printed-circuit Board: *Electronics*, diciembre 15, 1983, págs. 50–51.
- 4 W. Hartl: Chip Carrier Socket Provides Integral Soldered Connections: *Electronic Packaging and Production*, marzo 1984, págs. 140–141.



# Sistema 12

## Programación

Muchas de las características más importantes de la central digital Sistema 12 dependen enteramente de la programación, que tiene que controlar la arquitectura de equipo distribuida y permitir la introducción de cambios sin trastornos significativos. Los conceptos de máquinas virtuales, máquinas de mensajes finitos y máquinas soporte del sistema han posibilitado el logro de dichos objetivos, para lo cual, además, se diseñó una base de datos distribuida.

### G. Becker

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

### R. S. Chiapparoli

### R. S. Schaaf

ITT Advanced Technology Center, Shelton,  
Connecticut, Estados Unidos de América

### C. Vander Straeten

Bell Telephone Manufacturing Company,  
Amberes, Bélgica

## Introducción

En el Sistema 12, como en muchos otros productos de telecomunicación, la programación consume la mayor parte del trabajo de desarrollo y mantenimiento. Para que esta actividad cubra las necesidades de administraciones y fabricantes, hay que satisfacer una serie de requisitos básicos: los costes de desarrollo y mantenimiento se han de reducir al mínimo, el producto debe

adaptarse fácilmente a cambios en los requisitos y, naturalmente, la lógica debe ser correcta y completa tanto en funcionalidad como en prestaciones. Estos objetivos sólo pueden alcanzarse si el producto se desarrolla sobre una firme base conceptual.

La estructura de la programación del Sistema 12, basada principalmente en el concepto de máquina virtual, en bloques constructivos y en técnicas punteras de programación para la gestión de la base de datos, ha permitido cumplir todos estos objetivos.

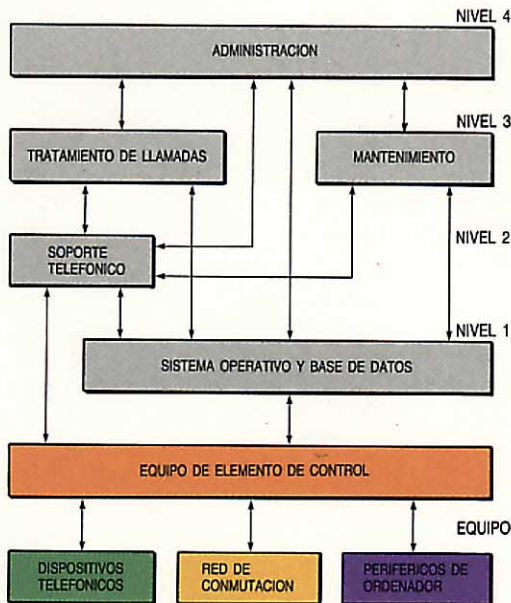


Figura 1  
Estructuración de las funciones de programación según el concepto de máquina virtual.

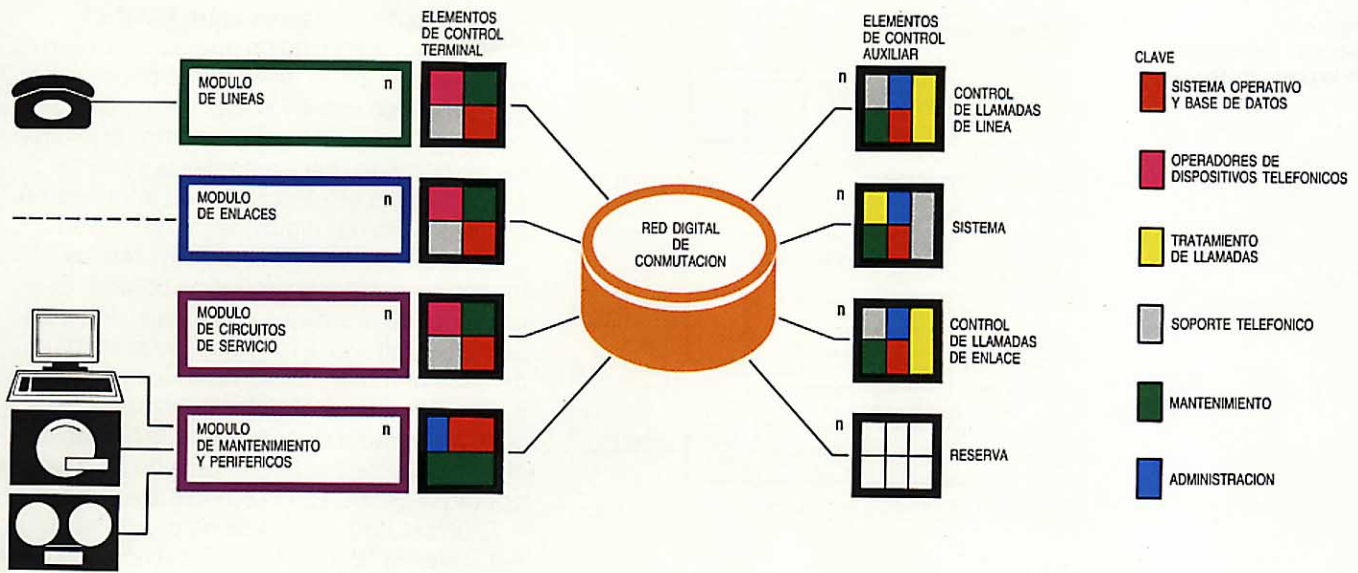
## Concepto de máquina virtual

Las máquinas virtuales constituyen una técnica bien conocida de diseño de programación, que permite estructurar las funciones de un sistema de tal modo que los programas de los niveles más altos no necesiten saber cómo se realizan las funciones en los niveles inferiores.

### Visión lógica del concepto de máquina virtual

Desde los comienzos del diseño, las funciones lógicas del Sistema 12 se estructuraron en un anidamiento de varios niveles de máquinas virtuales. La figura 1 muestra cómo se organiza la programación del Sistema 12 en máquinas virtuales.





**Figura 2**  
Asignación típica de las funciones de programación a elementos de control. Debe advertirse que la figura muestra una configuración de central particular.

Los programas de nivel 1 (ej., el sistema operativo, el operador de red, los operadores de dispositivos y la base de datos) son los más próximos al equipo físico. El nivel 2 contiene funciones telefónicas elementales, como la conversión de señales en mensajes telefónicos y viceversa, la gestión de recursos de enlaces y la tarificación. Las funciones de aplicación, tales como el tratamiento de llamadas, se realizan en el nivel 3; se dispone de una máquina virtual para ejecutar directamente las funciones telefónicas. Las funciones de tratamiento de llamadas del nivel 3 generan datos útiles para administración, sobre los cuales trabajan los programas de administración de nivel 4, separados así por completo de los programas de tratamiento de llamadas.

La realización de este concepto limita la influencia de los cambios de equipo a pequeñas zonas de la máquina virtual. Esto es de suma importancia para los sistemas de conmutación, debido a los frecuentes cambios provocados por innovaciones tecnológicas en semiconductores. El sistema operativo y el operador de red aíslan las FMM (máquinas de mensajes finitos) de aplicación de la mayoría de las características del equipo no telefónico. Así, por ejemplo, los cambios en el procesador requieren solamente modificar los programas de nivel 1, y no afectan a los programas de aplicación.

Durante el desarrollo, estos niveles de definición se convierten en programas CHILL y se agrupan en FMM, con la ayuda de una biblioteca contexto de interfaces que garantiza los estándares de comunicación del Sistema 12. Como los niveles 2 a 4 son transparentes a las propiedades de la máquina física, las FMM de estos niveles pueden asignarse a cualquiera de los muchos elementos de control por micropro-

cesador que se extienden por toda la estructura del Sistema 12, considerando a un tiempo las prestaciones y la economía.

*Visión física del concepto de máquina virtual*

La figura 2 muestra diversos tipos de elementos de control junto a las funciones de programación que en ellos residen. En el Sistema 12, no sólo están distribuidas las funciones de tratamiento de llamadas, sino también las partes principales de los programas de mantenimiento, administración, sistema operativo, operador de red y base de datos.

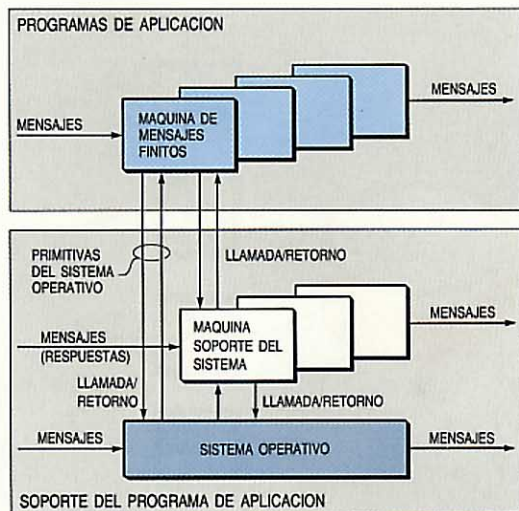
La flexibilidad del concepto de FMM permite distintas asignaciones de los programas, para adaptarse a las configuraciones de centrales concretas. Además, durante el diseño detallado y la codificación los diseñadores no necesitan saber dónde se ubicarán finalmente los programas; esta información sólo se requiere al producir el paquete de programas para un tipo de central particular, según tamaño y requisitos de mercado. Por ejemplo, en una central pequeña, se pueden concentrar las funciones en unos pocos tipos de elementos de control. Por el contrario, en una central grande, estas funciones se pueden distribuir en una diversidad mayor de elementos de control del modo óptimo para cumplir las prestaciones requeridas.

**Bloques constitutivos de la programación del Sistema 12**

La figura 3 muestra los tres tipos de bloques físicos que constituyen la programación: sistema operativo, FMM para los programas de aplicación, y SSM (máquinas soporte del sistema) como apoyo de las FMM. Las FMM



**Figura 3**  
Bloques constitutivos de la programación.



se comunican por medio de mensajes; cualquier otra comunicación dentro del sistema se realiza por llamadas a procedimientos de las SSM y del sistema operativo.

El sistema operativo da el soporte básico para la ejecución de los programas de aplicación, realizando funciones tales como la comunicación entre módulos, planificación y temporización de procesos, acceso a unidades periféricas, y recuperación autónoma.

El concepto básico de las FMM asegura un diseño de la programación modular, flexible y bien estructurado. Cada FMM se define como una entidad singular, lo que significa que los diseñadores de otras FMM no necesitan conocer su estructura interna. El interfaz entre una FMM y el resto de programas del sistema consiste en un conjunto de mensajes enviados y recibidos, y el comportamiento funcional de la FMM está totalmente caracterizado por la secuencia de mensajes que recibe y los que envía como respuesta (Fig. 4).

Este concepto permite distribuir las funciones de programación entre un gran número de elementos de control; como ya se explicó, esta distribución puede aplazarse hasta el momento de la producción del paquete de programas para una central específica. En tal ocasión se populan una serie de tablas de distribución donde se contiene la asignación elegida de los componentes de la programación en la central.



**Figura 4**  
Concepto de máquina de mensajes finitos.

El envío de mensajes entre FMM se controla por medio de un operador de mensajes, que es parte del sistema operativo, y que reside en todos los elementos de control del sistema. Cada uno de estos elementos dispone de una vía de datos serie de  $4 \text{ Mbit s}^{-1}$  para el intercambio de información a través de la red digital de conmutación.

La figura 5 muestra cómo circulan los mensajes entre elementos de control. El operador de mensajes consulta su tabla de encaminamiento para identificar el destino de cada mensaje. Si dicha tabla indica un elemento de control distante, el mensaje se pasa al operador de red, el cual lo encamina al elemento de control de destino, donde el operador de mensajes completa el envío.

El tercer tipo de bloque de programación del Sistema 12 es la SSM. Los módulos de programación de uso frecuente, que tienen interfaz con el equipo, se realizan como SSM (Fig. 6). Una SSM consta de uno o más procedimientos, que se invocan mediante llamadas a procedimiento. Por ejemplo, una SSM puede contener los siguientes: procedimientos de interfaz, procedimientos activados por reloj o por interrupciones, y operadores de eventos. Los procedimientos de SSM pueden compartir datos comunes, a los que unos monitores garantizan acceso controlado. La llamada a estos procedimientos se realiza por un mecanismo que utiliza interrupciones de programación, con el soporte del sistema operativo. De esta manera las SSM no necesitan montarse fuera de línea junto con las FMM que las llaman.

### Sistema operativo

Mientras que las FMM han de ser activadas por mensajes y representan una definición de proceso, las SSM representan rutinas incorporadas, definidas por la realización concreta, para atender funciones de control relativas al equipo. El sistema operativo del Sistema 12 apoya esta modularidad, proporcionando un entorno en el que pueden coexistir FMM y SSM, así como los mecanismos que permiten activar el sistema por medio de mensajes.

El sistema operativo es multitarea, distribuido y en tiempo real. Cada elemento de control se considera como una unidad autocontenida, y por tanto contiene básicamente el mismo sistema operativo, con las siguientes características:

- soporte de la operación concurrente de muchas instancias de definiciones de procesos (FMM) que se ejecutan en el mismo elemento de control



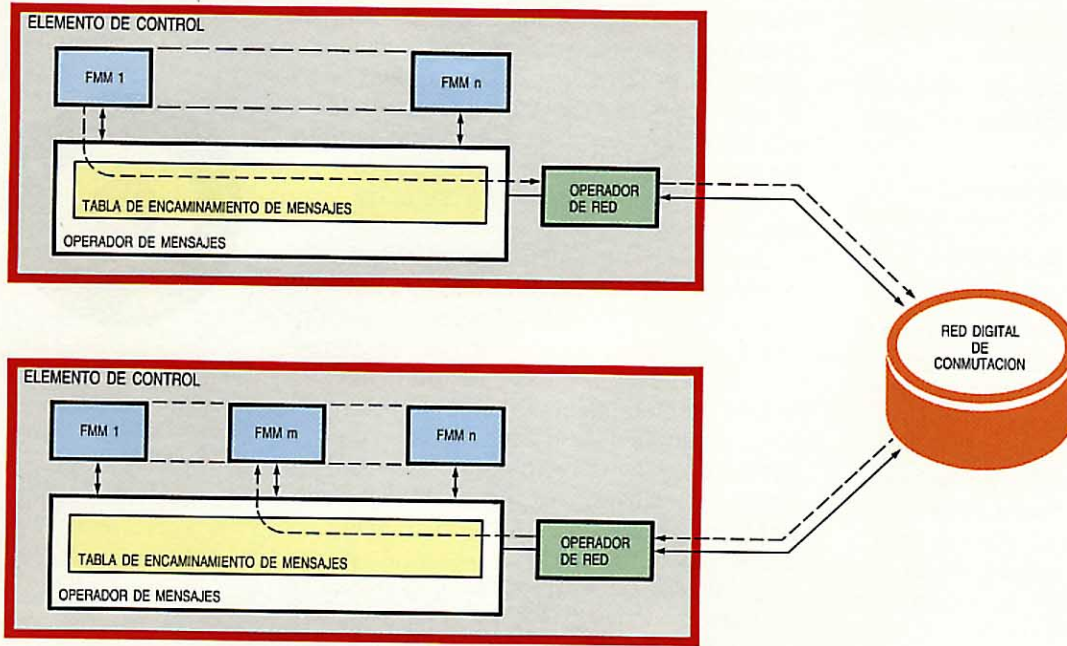


Figura 5  
Circulación de mensajes entre elementos de control.

- mecanismo para que los procesos concurrentes se comuniquen mediante mensajes (incluyendo la transferencia a elementos de control remotos cuando sea preciso)
- una serie de facilidades de temporización
- funciones misceláneas de soporte, tales como informe del uso de tiempo real, gestión del temporizador de consistencia, gestión de memoria y recuperación de fallos del equipo y la programación.

Desde el punto de vista del equipo, el Sistema 12 es completamente distribuido. La utilización de una red digital de conmutación inteligente, y de módulos terminales basados en microprocesadores, ha sido la clave para la construcción de un potente sistema distribuido. Cada módulo terminal contiene un elemento de control terminal (compuesto de interfaz terminal, microprocesador y memoria), que a su vez controla el equipo terminal. Esta estructura dió como resultado una red flexible y ampliable.

Merced a la arquitectura distribuida del Sistema 12, el sistema operativo proporciona un mecanismo que se adapta a las necesidades del equipo terminal especializado, ya sea de líneas y enlaces telefónicos, RDSI, entrada/salida, o simplemente elementos de control de referencia de datos.

El sistema operativo puede configurarse en tiempo de producción y en tiempo de ejecución, de modo que ofrezca los recursos necesarios para sustentar programas de aplicación y funciones del equipo del sistema. Este procedimiento elimina almacenamiento innecesario de código y datos en los elementos de control y sólo atiende aquellas funciones específicas al código de

aplicación del usuario. En esto difiere del diseño centralizado, que produce sistemas operativos con todas las características contenidas en un paquete de programación. El Sistema 12 está diseñado para poder cambiar y adaptarse a nuevas líneas de productos sin sobrecargar todos los elementos de control con todas las funciones pasadas y futuras.

El sistema operativo está construido del mismo modo que las aplicaciones de usuario (FMM y SSM). Los módulos de programación de funciones de apoyo al sistema operativo y el subsistema de interfaz terminal están presentes en todos los elementos de control.

El soporte del sistema operativo contiene las siguientes funciones:

- operador de mensajes, que encamina la comunicación del usuario

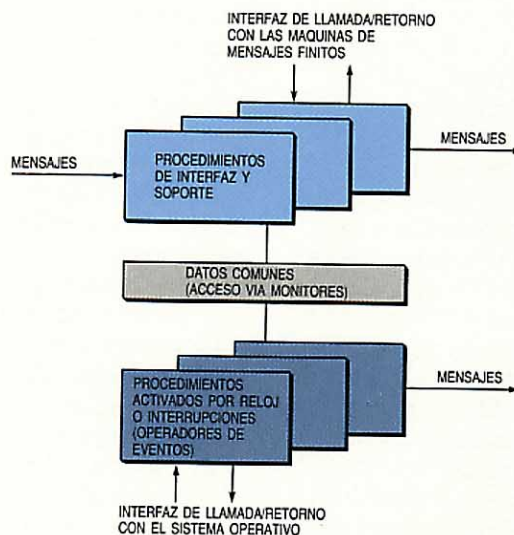


Figura 6  
Estructura básica de una máquina soporte del sistema.



- gestor de procesos, que provee los algoritmos de planificación
- gestor de áreas intermedias, que proporciona el esquema de asignación de recursos
- servicios de tiempo, que proveen el mecanismo de temporización del sistema
- gestor y supervisor de programas no residentes.

El subsistema de interfaz terminal ofrece el mecanismo básico para interfaz del elemento de control con la red digital de conmutación inteligente.

En contraste con estos módulos del núcleo, existen otros módulos de programas que se incluyen solamente en determinados elementos de control, por ejemplo, para atender ciertas necesidades de equipo y para facilidades de control de sobrecarga.

En el núcleo se necesita un método para añadir o suprimir módulos de programación. La inclusión de FMM y SSM a nivel de usuario se hace por medio de los bloques de control de FMM y SSM, que describen al sistema operativo todos los atributos relevantes del módulo. Mediante este método se informa al núcleo de los módulos de programación contenidos en el procesador, siendo también aplicable para las partes no fijas del sistema operativo.

### Manejo de datos

Como el principio de control distribuido conduce a repartir los datos entre diversos elementos de control, se ha desarrollado para el Sistema 12 una base de datos relacional con su correspondiente sistema de control. Cada elemento de control contiene una sección de dicha base de datos y un sistema que controla el acceso y actualización de los datos. Para asegurar flexibilidad y evitar que los mismos datos se almacenen en más de un elemento de control, el referido sistema de control oculta al programador la ubicación física y la realización concreta de los datos, no necesitando saber, a la hora de codificar, el elemento de control que guardará los datos requeridos.

Una FMM del elemento de control maneja la comunicación con la base de datos (es decir, con todas las secciones de la base de datos que residen en todos los elementos de control) usando órdenes sencillas, como *get* y *modify*. Los mecanismos de acceso a la base de datos residen también en todos los elementos de control. El sistema de control de la base de datos apoya dichas peticiones, dando acceso local o global a los datos. Por acceso local se entiende la posibilidad de acceder a los datos desde la

sección de la base de datos que reside en el mismo elemento de control que el sistema de control petionario; acceso global significa que es necesario acceder a parte de una base de datos ubicada en otro elemento de control. La selección del método de acceso se le oculta al programador de aplicaciones.

Una importante faceta del tratamiento de datos es la seguridad, que se logra por duplicación de los datos. La sincronización entre las copias y las acciones de recuperación en caso de fallo debe ser parte integrante del sistema de tratamiento. El sistema de gestión de la base de datos del Sistema 12, compuesto por el sistema de control y el sistema de seguridad, satisface todos los requisitos de seguridad de los datos. La operación de las funciones de seguridad se oculta a las FMM, igual que la distribución física de los datos. Los aspectos de seguridad se definen fuera de línea; en línea, es el sistema de seguridad de la base de datos quien se encarga de ellos. Una vez más, durante el proceso de producción se identifican los niveles de seguridad en las tablas de distribución.

### Clasificación de los componentes de programación

Los paquetes de programación del Sistema 12 están diseñados para ser lo más genéricos posible. El paquete básico es el núcleo del sistema, idéntico en todas las aplicaciones (Fig. 7), cuyos componentes son el sistema operativo con el operador de red, el sistema de gestión de la base de datos, el de mantenimiento, el de entrada/salida, el de comunicación hombre-máquina, y otros que determinan que el equipo y el núcleo del sistema se comporten como máquinas ampliables tolerantes a fallos, de tiempo real, capaces de multiproceso y con procesadores múltiples.

El siguiente paquete de programación en jerarquía es la capa intermedia, que contiene los operadores de dispositivos telefónicos. Estos programas están escritos de tal modo que todos ellos tienen un interfaz estándar con los programas de aplicaciones en torno suyo, que constituyen los paquetes restantes. Entre las funciones que sustentan se encuentran el tratamiento de llamadas, administración y tarificación.

La ingeniería de diseño para clientes está relacionada con dicha capa intermedia y con los programas de aplicaciones. Si un tipo dado de central se va a instalar de nuevo en una red, sin ningún cambio en sus características, sólo se necesita la ingeniería de aplicaciones para clientes, la cual se

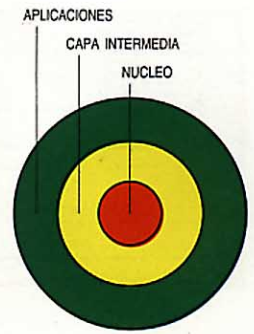


Figura 7  
Clasificación de los componentes de programación.



limita a la preparación de los datos para la aplicación específica y a la integración de éstos en el sistema de programación existente.

### Diseño de datos del Sistema 12

En el Sistema 12 se usa el concepto de base de datos relacional. Los datos se representan mediante relaciones, cada una de las cuales es una organización bidimensional de elementos de datos interrelacionados. Se obtiene así independencia de los datos (es decir, separación entre la visión lógica que el usuario tiene sobre los datos y su representación física), flexibilidad (las operaciones relacionales permiten diferente tratamiento de los datos según las necesidades del usuario) y claridad.

Como se ilustra en la figura 8, durante el diseño se usan modelos lógicos y físicos de datos. El modelo lógico describe la estructura lógica de los datos del Sistema 12: contiene las definiciones de submodelos de datos para las FMM y SSM que utilizan la base de datos, los modelos de derechos de acceso, y las definiciones de relaciones reales y virtuales.

El modelo físico de datos describe la disposición física y los atributos de cada relación. Además define el elemento de control en el que ha de aparecer cada relación física, de lo que se deduce la definición de los segmentos de carga de datos en cada procesador.

El desarrollo de los datos consta de dos fases principales: especificación y diseño. Para el proceso de especificación de datos deben aportarse los requisitos del sistema, las especificaciones funcionales, ideas de los diseñadores y programadores, y la destreza de los diseñadores de la base de datos. Durante la especificación, el diseñador de la base de datos ayuda al diseñador de programas a identificar elementos de datos y a analizar las relaciones entre los mismos (dependencias funcionales). Se consulta el diccionario de datos para los elementos de datos ya existentes, y se incorporan las descripciones de elementos nuevos, describiendo en caso necesario los modos requeridos para cada elemento de datos. Finalmente, se prepara un documento de población de datos, que describe las reglas aplicables.

El diseño de los datos exige aportar la presente versión de los modelos lógico y físico de datos, las nuevas definiciones de modos de datos (en el sentido del CHILL), las descripciones de los elementos de datos, los documentos de población, y la definición del paquete de programación para una

aplicación (por ejemplo, un tipo de central). Durante este proceso se identifican y solucionan todos los conflictos de requisitos de datos; se definen los submodelos de datos y los modelos de derechos de acceso, así como las relaciones físicas y su distribución entre los elementos de control; también se revisan los documentos de población de datos y se definen los algoritmos finales de población. Finalmente, se crean las nuevas versiones de los modelos lógico y físico de datos. Estos dos modelos, junto con las definiciones de modos de datos, constituyen la llamada metabase de datos, la cual se toma como entrada para producir la cinta de sistema destinada a un grupo de centrales de iguales características (p. ej. tamaño, sector de mercado).

El diseño de datos implica a dos equipos con diferente especialización: los diseñadores de programas, que comprenden las funciones a realizar por las FMM y SSM, y los diseñadores de datos, quienes conocen el contenido concreto de las metabases de datos existentes, el sistema de gestión de la base de datos y las herramientas empleadas para la producción de las cintas de sistema.

### Producción y fabricación de programas

El ciclo de vida del Sistema 12 como producto se apoya en un conjunto integrado de sistemas soporte de las actividades de ingeniería. La mayor parte de estos sistemas soporte se ejecutan en IBM370 y ordenadores compatibles, bajo el sistema

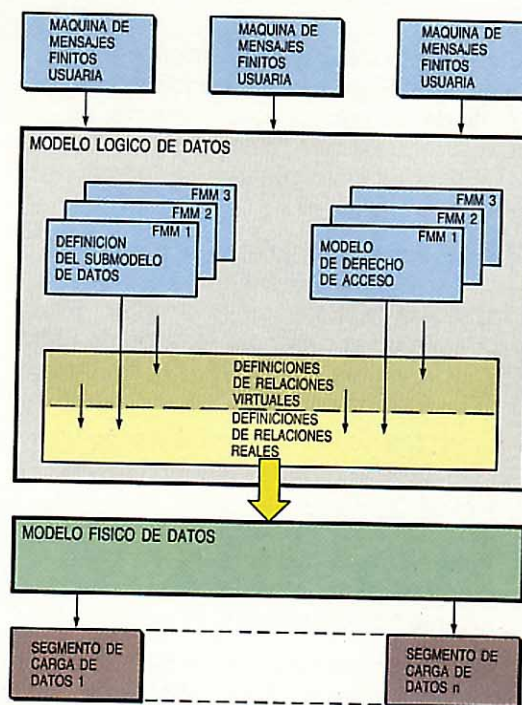
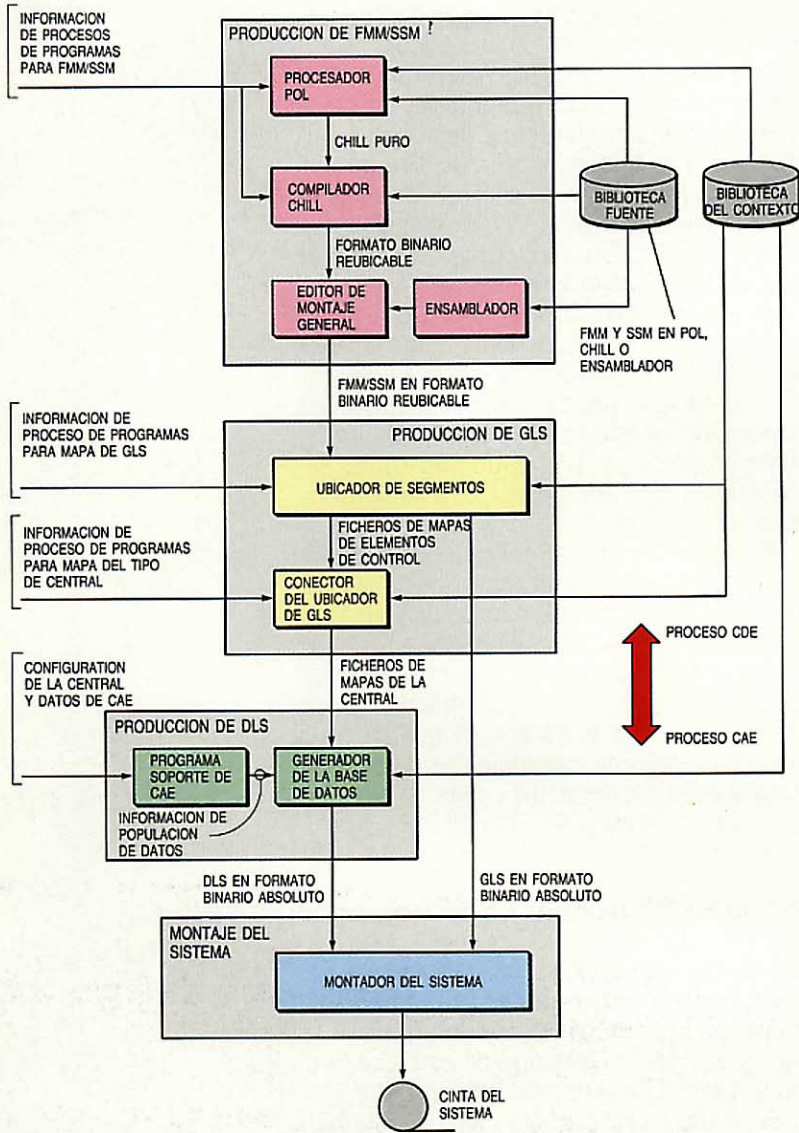


Figura 8 Modelo de datos lógico y físico.





**Figura 9**  
Producción y fabricación de la programación.

- CAE - ingeniería de aplicación a clientes
- CDE - ingeniería de diseño para clientes
- DLS - segmento de carga de datos
- POL - lenguaje orientado al problema.

operativo MVS (almacenamiento virtual múltiple).

La generación de la cinta de sistema para una central Sistema 12 depende intensamente de algunos de estos sistemas soporte, como se muestra en la figura 9.

Se pueden distinguir dos categorías de procesos:

- Procesos de producción de programas, que crean los componentes comunes a todas las centrales del mismo tipo. Se pueden clasificar en generación de FMM y SSM, y generación de GLS (segmentos genéricos de carga).
- Procesos de fabricación de la programación, que crean los componentes específicos de una central, y que por tanto deben ser ejecutados para cada central. Pueden a su vez dividirse en los que generan segmentos de carga de datos, y los que construyen el sistema.

La producción se basa en dos bibliotecas, la biblioteca fuente de FMM y SSM (escrita en

un lenguaje orientado al problema, en CHILL o en ensamblador) y la biblioteca de contexto que contiene la metabase de datos, descripción de mensajes entre FMM, etc. Los procesos de producción comienzan con FMM y SSM. La información aportada a este proceso define cuáles FMM y SSM tienen que traducirse, y cómo ha de realizarse el proceso.

Dependiendo del tipo de programa fuente, se activan diferentes traductores. Los procesadores de lenguajes orientados al problema traducen los programas fuente codificados en dichos lenguajes a instrucciones CHILL puras; el compilador CHILL traduce las instrucciones CHILL a un formato objeto binario reubicable intermedio, y en lenguaje ensamblador.

Después de la producción de FMM y SSM, se usa el editor de montaje general que prepara las FMM y SSM en formato objeto reubicable, de modo que puedan utilizarse para producir GLS. Un GLS contiene todas las FMM y SSM que van a cargarse en un tipo particular de elemento de control (varios elementos de control de una central ejecutarán los mismos programas). Esta disposición de un tipo de elemento de control se introduce en el ubicador de segmentos, que toma las FMM y SSM adecuadas y las combina para obtener los GLS en formato objeto binario absoluto.

En una segunda etapa, se activa un generador del mapa de ingeniería de diseño con objeto de procesar la información relativa a una aplicación particular (un tipo de central). Añade también a la información contenida en los ficheros del mapa del elemento de control, información sobre todos los tipos de elementos de control de que consta esa aplicación específica. Todos los componentes descritos antes, el contexto, los datos de configuración y los datos de ingeniería de aplicación de esa determinada central, constituyen la entrada al proceso de fabricación de la programación y, en particular, al proceso de producción de los segmentos de carga de datos. Esta entrada, junto con la configuración y otros datos típicos relativos a la central, se procesa por medio de un sistema soporte de ingeniería de aplicación y de un generador de base de datos, obteniéndose entonces los segmentos de carga de datos en formato objeto binario absoluto.

En la etapa final, el montador del sistema combina los GLS y los segmentos de carga de datos en una cinta de sistema, la cual queda preparada para cargarse en una central Sistema 12. Es interesante subrayar que en la ingeniería de aplicaciones (producción de una cinta de sistema para una central existente) sólo han de aplicarse los procesos de producción de los segmentos de carga de datos y el montador de sistema;



la producción de GLS se requiere una sola vez por cada tipo de central, y la de FMM y SSM sólo se necesita en cada traducción de FMM y SSM. El proceso completo de generación y las herramientas asociadas se han concebido de modo que las intervenciones e interferencias manuales sean mínimas. En cada proceso se valida automáticamente la información de entrada y salida, asegurando así la elevada calidad de las cintas de sistema enviadas a los laboratorios o a las centrales.

### Conclusiones

Las avanzadas técnicas de estructuración de la programación aplicadas al Sistema 12 ofrecen una serie de ventajas respecto a facilidad de ampliación, gran fiabilidad del sistema y capacidad de control casi ilimitada. El desarrollo y la fabricación de la programación se apoyan en potentes sistemas de ingeniería. Todo esto ha permitido alcanzar, con entera garantía, los objetivos funcionales y de prestaciones del Sistema 12 en

numerosas aplicaciones de campo. Las experiencias han demostrado también la alta fiabilidad, la flexibilidad y la seguridad ante los cambios futuros del diseño del Sistema 12.

### Bibliografía

- 1 L. Katzschner y F. Van den Brande: Central digital ITT1240: Conceptos y realización de la programación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 173-183.
- 2 R. Arranz, R. Conroy y L. Katzschner: Structure of the Software for Switching Systems with Distributed Control: *Proceedings of the International Switching Symposium*, 21-25 septiembre 1981, Montreal, sesión 41 A, documento 3.
- 3 R. Cohen, K. Hamer-Hodges, G. De Wachter y H. Weisschuh: System 12: Integration and Field Experience: *Proceedings of the International Switching Symposium*, 7-11 mayo 1984, Florencia, sesión 32 A, documento 1.
- 4 K. J. Hamer-Hodges, G. De Wachter y H. Weisschuh: Sistema 12: Integración y experiencias de campo: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 12-19 (en este número).
- 5 G. Becker, C. Kammire, C. Vander Straeten y R. Schaaf: System 12: Programming Aspects: *Proceedings of the International Switching Symposium*, 7-11 mayo 1984, Florencia, sesión 32 A, documento 4.



# Sistema 12

## Garantía de calidad para programas de ordenador

Al comienzo del desarrollo del Sistema 12, se determinó que las medidas para la garantía de calidad de programas eran esenciales para la generación de programas con buena calidad, así como para elevar la productividad de programación. Los objetivos principales fueron la prevención de defectos durante el diseño, la posterior identificación de cualquier defecto remanente y su eliminación en la fase de desarrollo más temprana posible.

### J. Nenz

Standard Elektrik Lorenz AG, Berlín,  
República Federal de Alemania

### Introducción

Los productos modernos de telecomunicación, como la central digital del Sistema 12, deben alcanzar exigentes objetivos de prestaciones y fiabilidad, a fin de satisfacer las severas normas fijadas por la mayoría de las administraciones.

Dado que el desarrollo de los programas representa más de la mitad del trabajo total de desarrollo de un sistema complejo de telecomunicación, es esencial definir y llevar a cabo medidas que ayuden a asegurar que los programas, una vez finalizados, posean la calidad exigida. La disciplina que proporciona estos métodos, procedimientos, herramientas y recomendaciones organizativas, se denomina GCP (garantía de calidad de programación).

Se consideró imprescindible, desde el inicio del desarrollo del Sistema 12, un amplio programa de GCP, cuyos métodos y técnicas han jugado un papel importante en el logro de un producto de alta calidad.

### Características de la calidad de programación

La calidad de programas se puede definir como la suma de todas las características y atributos de los productos y procesos de programación, así como el grado en que satisfacen los requisitos y expectativas del usuario. Fiabilidad, eficacia y comodidad de manejo son ejemplos de estas características, debiendo subrayarse que no sólo se refieren a los atributos del producto, sino también a todos los aspectos que puedan influir en la calidad del producto final dentro de un cierto proyecto. Así, deben compro-

barse los aspectos tecnológicos del desarrollo de programas (métodos, herramientas, conceptos), y los aspectos organizativos (planificación, coordinación, control), a fin de ver si contribuyen a la calidad.

Las características de calidad relevantes de un producto de programación, pueden deducirse de la especificación de requisitos del producto, lo cual permite utilizar patrones (sistemas de medición) para definir los objetivos de calidad capaces de comprobación para cada característica. Sólo cuando se hayan fijado objetivos claros, tanto para el producto como para los procesos de desarrollo, será posible planificar, controlar y evaluar la calidad del producto a lo largo del ciclo de vida de los programas.

### Elementos de la garantía de calidad de programas

Una vez definidos en detalle los objetivos de calidad, hay que adoptar medidas para su consecución. La GCP ofrece las medidas técnicas y organizativas necesarias para alcanzar los objetivos especificados de calidad del producto, de una forma económica. Estas medidas se pueden clasificar en cinco actividades principales:

*Planificación de la calidad de programas*, que define las características de calidad del producto, los objetivos y criterios de aceptación. También define todas las actividades GCP a realizar, incluyendo la planificación de recursos y los puntos verificables.

*Construcción de la calidad de programas*, que cubre la definición y puesta en práctica de conceptos de desarrollo orientados hacia la calidad, así como de técnicas de



prevención de defectos, garantizando que se aplican los métodos y herramientas de la ingeniería de programas, y se siguen las normas del proyecto.

*Control de la calidad de programas*, la cual incluye realización, coordinación y supervisión de todas las actividades GCP, aceptación de cada una de las fases del producto, información del estado de la calidad de programas, y la iniciación de medidas que contrarresten las amenazas a la calidad del producto (debidas a elevada tasa de defectos, prestaciones pobres, baja disponibilidad de partes componentes o del sistema como conjunto operativo).

*Prueba de la calidad de programas*, que afecta a la prueba del producto en fase de diseño (revisión de requisitos, inspección de diseño y código, etc.), a la planificación y especificación de pruebas, y a la eficacia de las mismas, así como a las auditorías del proyecto.

*Evaluación de la calidad de programas*, que supervisa permanentemente la calidad de los productos de programación y los procesos de desarrollo de programas; proporciona medidas de defectos y análisis de costes de la calidad, y evalúa herramientas, métodos y conceptos aplicados.

Durante el desarrollo del Sistema 12, se advirtió que para alcanzar la calidad de producto requerida de modo controlado y con mínimo coste, había que combinar actividades de estos cinco sectores de GCP. Las actividades se escogieron de acuerdo con los objetivos de calidad del

producto, constituyendo entre todas el programa GCP, y especificándose en el plan GCP del proyecto.

En la figura 1 se muestran las relaciones entre el sistema de calidad de una compañía, sus normas GCP, y el plan y programa GCP de un proyecto.

### Planificación de la calidad de programas

La calidad del producto es un objetivo primordial del desarrollo de programas, por tanto se debe redactar cuidadosamente un plan sobre cómo proceder a partir de los objetivos de calidad especificados en la fase de definición del proyecto, hasta la obtención de un producto final que satisfaga dichos objetivos.

El plan GCP define estos procedimientos y todas las actividades que llevan asociadas, dando instrucciones claras sobre las actividades que deben realizarse en cada fase de desarrollo, y referenciando los procedimientos (herramientas) y pautas establecidas en las normas, ya sean del proyecto o de la Compañía. El plan también especifica qué grupo es responsable de la GCP, y qué otras funciones deben participar en dichas actividades. Asimismo, el plan incluye criterios de aceptación a los que debe responder el producto en sus distintas fases, antes de ser enviado al control de configuración, permitiendo el paso a la siguiente fase de desarrollo.

La tabla 1 perfila un plan de GCP similar al utilizado en el desarrollo del Sistema 12.

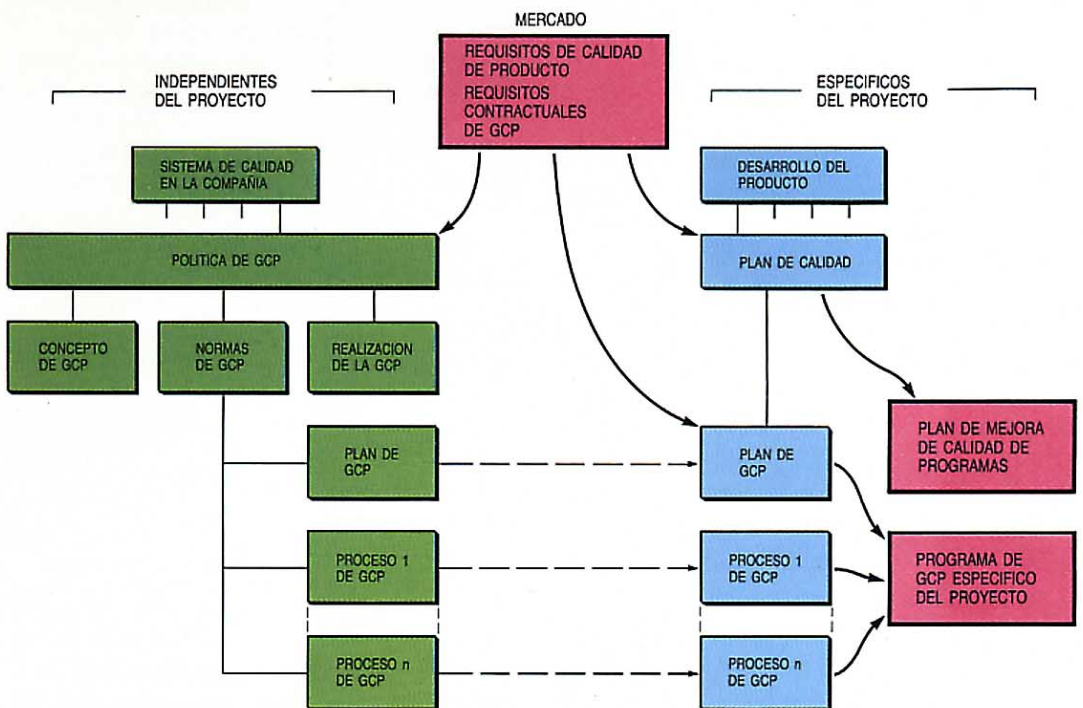


Figura 1 Sistema de GCP e interfaces asociados.



Tabla 1 — Esquema del plan GCP

<p><b>Introducción</b></p> <p>Objetivos Alcance Referencias al plan del proyecto, sistema de calidad de la Compañía, etc.</p> <p><b>Requisitos</b></p> <p>Pre-requisitos para GCP Características de calidad prioritarias Definición de los objetivos de calidad/criterios de aceptación</p> <p><b>Actividades</b></p> <p>Actividades GCP dentro del proyecto Normas/métodos GCP (sólo referencia) Herramientas GCP de aplicación (sólo referencia)</p> <p><b>Organización</b></p> <p>La GCP dentro de la estructura de la organización del proyecto Asignación de responsabilidades para las actividades GCP Interfaces con otras funciones Estimación de carga de trabajo Partes de información</p>
---

- herramientas adecuadas para diseño y prueba.

“Hágalo bien la primera vez” ha sido un eslogan utilizado por ITT en campañas dirigidas a mantener y reforzar la calidad del equipo, pero es igualmente aplicable para el desarrollo de los programas, y una recomendación válida para todos los participantes en proyectos de este tipo.

### Pronta detección y corrección de defectos

Inadvertidamente se introducen defectos en los productos de programación durante todas las fases y actividades del desarrollo. Esto sucede en especial durante las primeras fases del desarrollo de programas, teniendo origen en el diseño el 60% de todos los defectos.

Tradicionalmente, los defectos han subsistido hasta el comienzo de las pruebas, siendo detectados en las primeras pruebas o en otras posteriores, e incluso en la propia instalación del cliente. Ciertamente, éste no es un modo eficaz de eliminar defectos; la GCP ofrece métodos más avanzados y económicos. Si no es posible evitar un defecto por medio de técnicas preventivas, el método que sigue en eficacia es detectarlo tan pronto como sea posible, y eliminarlo en cuanto se haya finalizado la fase de diseño.

Todas las revisiones, inspecciones de diseño y de código, entran dentro de esta categoría. Básicamente, estos procedimientos definen la inmediata inspección de los productos de desarrollo (la documentación de diseño), por miembros independientes del equipo del proyecto, una vez que el autor ha entregado el producto como completo. El fin principal de estas actividades es evitar que los defectos latentes lleguen a crear fallos “en avalancha”, lo cual exigiría nuevas pruebas, aumentaría los costes del proyecto, causaría retrasos, e inevitablemente ocasionaría problemas de calidad del producto.

Como indican muchas de las experiencias de GCP publicadas, las técnicas de pronta detección de defectos son el medio más eficaz para evitar fallos, y tienen un gran impacto en la reducción del trabajo de prueba y mantenimiento (trabajo total/total de defectos encontrados).

### Verificación y validación independientes

La detección de defectos por la persona que diseña el producto, conduce a resulta-

### Calidad intrínseca

Ya desde el comienzo del proyecto del Sistema 12 se reconoció que los elevados niveles de calidad exigibles a un producto de telecomunicación tan complejo y sofisticado, no podrían alcanzarse por el simple uso, a lo largo del ciclo de desarrollo, de técnicas exhaustivas de eliminación de defectos y otros métodos analíticos orientados a la prueba. Estaba claro que la calidad tenía que ser *intrínseca* al diseño del producto, por medio de la selección de una arquitectura de programas idónea para ese fin. Los programas del Sistema 12 lo han conseguido utilizando principios como los siguientes:

- concepto de máquina de mensajes finitos
- concepto de máquina virtual
- separación de datos (base de datos)
- programas básicos reutilizables.

Como complemento, se han aplicado prácticas de programación moderna, incluyendo:

- diseño de arriba-abajo, prueba de abajo-arriba
- control por puntos (milestones) a lo largo del ciclo de vida
- lenguajes orientados al problema
- normas de desarrollo (prácticas y pautas de programación)
- documentación basada en ordenador
- estricto control de configuración



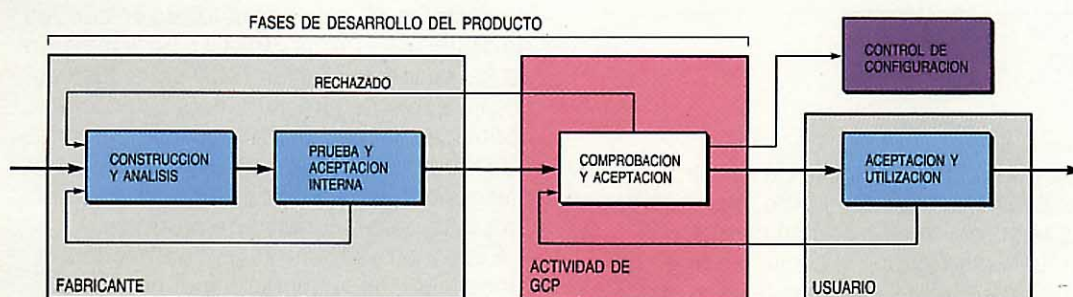
dos frustrantes en cuanto a la eliminación de defectos latentes. Para esto hay, pues, que recurrir a miembros de grupos separados, con conocimientos suficientes del objeto de la prueba y de las técnicas de supresión de defectos.

En el proyecto del Sistema 12, cada fase de desarrollo fue seguida por una verificación y validación (llevada a cabo por miembros independientes del grupo de desarrollo), a fin de detectar en cada etapa tantos defectos como fuera posible, y llevar a cabo una aceptación formal de todos los productos en todas las fases de proyecto. También fue posible evaluar y controlar la calidad del

## Medida y análisis de la calidad

Los problemas que conlleva la evaluación y medida de características de calidad como la facilidad de mantenimiento y la facilidad de uso, y el encontrar las interrelaciones entre los atributos de calidad, dan a entender que la medición de la calidad de programación no es aún una técnica madura.

El principal criterio para la evaluación y análisis numéricos de la calidad de programas, es el número de defectos encontrados en los diferentes productos de programación durante revisiones, inspecciones y pruebas. Un simple recuento del número



**Figura 2**  
Aceptación y entrega de productos en las distintas fases.

producto a lo largo del ciclo de desarrollo (Fig. 2). A cada fase de diseño le siguió una inspección del diseño y un procedimiento de aceptación para cada producto. Después de cada fase de prueba se realizó un procedimiento de aceptación adecuado, en el que se revisó la cobertura de la prueba y la calidad de la documentación.

El concepto de separación de responsabilidades de diseño y de prueba/aceptación, en el que se basa la verificación y validación independiente, se ha ampliado en el desarrollo del Sistema 12, estableciendo una nueva función encargada de la integración programas/equipo y su prueba. Esta nueva función abarca:

- la aceptación de los productos del diseño de programas
- la integración de las partes de programación y equipo
- la prueba de los subsistemas de programación/equipo
- la prueba final del sistema
- el control de cambios
- la entrega del producto final para su instalación.

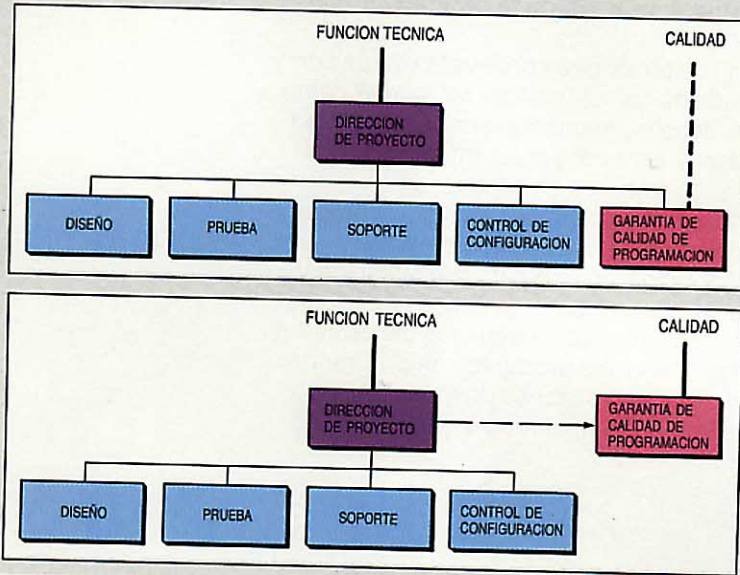
La asignación de estas responsabilidades a una organización separada presenta importantes ventajas.

de defectos sería engañoso, y por ello a cada defecto se le debe dar un "peso", según sea su impacto en el sistema. Sólo así pueden compararse las medidas de las distintas partes de programación, y aislarse aquellas que sean "propensas a error". Para obtener una clara indicación de dónde son necesarias las mejoras, se deberían recoger y analizar muchas características de los defectos, incluyendo su tipo y origen, en qué fase se introdujeron y en cuál fase se eliminaron.

En los proyectos grandes, la medición de defectos (registro, recopilación y análisis) sólo tendrá éxito si el personal de prueba está asistido por herramientas que le ayuden (e incluso le obliguen) a registrar defectos. Se necesita un conjunto completo de datos de defectos para obtener resultados de análisis correctos y tomar las contramedidas necesarias.

Los resultados de estas mediciones indican claramente dónde se generan los defectos, y cómo se podrían haber evitado (o al menos minimizado); o en qué fase del ciclo de desarrollo de los programas se detectaron y cuándo se deberían haber detectado. Así, la medición de defectos tiene un impacto triple. Primero, conduce a analizar la calidad de los métodos y herramientas aplicadas al diseño, y el grado en





**Figura 3**  
Distintas estructuraciones de la GCP dentro de un proyecto.  
Arriba: función GCP específica del proyecto.  
Abajo: función GCP más autónoma.

que cumplen el requisito de ayudar a la calidad intrínseca. Segundo, evalúa todas las técnicas de eliminación de defectos, así como la disciplina y eficacia con que son aplicadas. Tercero, analiza las partes propensas a error del sistema de programación, las cuales debieran ser rediseñadas o, al menos, probadas exhaustivamente.

Además, los indicadores de la calidad del producto se pueden usar para el análisis de tendencias de los defectos, y para valorar la fiabilidad del producto final. Son útiles para avisar de los riesgos de calidad con antelación suficiente para poder emprender acciones correctoras, evitando por tanto las penalizaciones de altos costes de mantenimiento, insatisfacción del cliente, y otras.

No obstante, sólo hay unas pocas características de calidad de posible medición y útiles para análisis y comparación. Existe por tanto un amplio campo de investigación dirigida a obtener más y mejores sistemas de medición de calidad, y a incrementar la visibilidad de la calidad del producto y el control de los objetivos de calidad, a lo largo del ciclo de vida de los programas.

### Aspectos organizativos de la GCP

No todas las actividades de GCP necesitan ser realizadas por una función independiente. Puesto que la calidad del producto total es responsabilidad del director del proyecto, es él quien debe decidir cómo organizar la GCP (p. ej., asignando al proyecto una función GCP específica, o utilizando los medios de una organización de

calidad existente). En la figura 3 se presentan dos posibles estructuras organizativas. La de arriba, con una GCP específica del proyecto y bajo control de su director, implica en general una mayor aceptación de esta función por el equipo del proyecto y que el personal de GCP conozca mejor los productos de programación implicados.

Por otra parte, la propuesta presentada en la parte inferior conlleva una mayor independencia de las actividades GCP, y posiblemente que el personal dedicado a ellas tenga conocimientos más amplios por haberse dedicado a otros proyectos; también permite compartir recursos y experiencia entre varios proyectos. Sin embargo, salvando los posibles inconvenientes, ambas estructuras han demostrado su eficacia durante el desarrollo de programas del Sistema 12, y se han utilizado en centros de diseño de Europa y EE.UU. En la mayoría de los casos, la función GCP se ha hecho responsable de tareas como planificación, control, y evaluación de la calidad, mientras que la construcción de la calidad y su prueba han continuado asumidas en el diseño del proyecto o en la función de prueba.

Estas dos estructuras han permitido a la función GCP el actuar con independencia de las otras funciones del proyecto, lo cual es condición previa para actividades tales como aceptación y evaluación del producto.

La existencia de una función GCP separada no debería disminuir el afán por la calidad dentro del grupo de desarrollo, sino más bien demostrar la importancia de los objetivos de calidad del producto y de las medidas de GCP.

### Calidad y productividad de programación

En los actuales proyectos de programación, más del 50% del trabajo total de desarrollo se dedica a actividades de prueba. La detección y corrección de defectos son los factores de coste más importantes dentro de estos proyectos. El trabajo de eliminación de defectos y los costes asociados dependen de la calidad de los productos desarrollados (la baja calidad de éstos significa una escasa productividad).

La experiencia en proyectos de programación de ITT (incluyendo el desarrollo del Sistema 12) enseña que cuanto antes se detecten los defectos, menos cuesta su eliminación. Las actividades de corrección de defectos durante la fase de diseño (p. ej., inspección de diseño) han reducido considerablemente el trabajo de prueba total en etapas posteriores del proyecto.



**Conclusiones**

Al comienzo del desarrollo del Sistema 12, se inició un completo programa GCP que aún continúa. Tal programa ha servido de provechosa experiencia, demostrando claramente el papel que corresponde a la GCP en proyectos de programación futuros, cómo se debería organizar ésta y qué actividades de GCP pueden contribuir al éxito final de un proyecto.

Por ser una disciplina relativamente reciente, la GCP progresará continuamente con más investigación y experiencia práctica en nuevos métodos y herramientas. En particular, se está trabajando de ese modo en las siguientes áreas:

- técnicas de prevención de defectos
- medición de la calidad de programas
- herramientas soporte para GCP.

Las mejoras en estas áreas garantizarán que los futuros proyectos de programación se aprovechen cada vez más de la aplicación sistemática de las técnicas de GCP.

**Bibliografía**

- 1 E. H. Bersoff y col.: *Software Configuration Management*: Prentice Hall, 1980.
- 2 B. W. Boehm: *Characteristics of Software Quality*: TRW Series of Software Technology 1, North Holland, 1978.
- 3 B. W. Boehm: *Proceeding of the TRW Symposium on Reliable, Cost Effective, Secure Software*: TRW Software Series, Report TRW-SS-74-14, 1974.
- 4 B. W. Boehm: *Software Engineering Ergonomics*: Prentice Hall, 1981.
- 5 R. Dunn: *Quality Assurance for Computer Software*: McGraw-Hill Book Company, 1982.
- 6 G. Myers: *Software Reliability – Principles and Practises*: Wiley Interscience Publication, 1976.
- 7 D. Freedmann y G. M. Weinberg: *Ethnotechnical Review Handbook*: Etnotech, 1979.



# Sistema 12

## Control de sobrecarga de tráfico

El control de sobrecarga del Sistema 12 asegura un alto número de llamadas cursadas con un buen grado de servicio, incluso en situaciones de sobrecarga intensa. El mecanismo de control tiene una estructura distribuida capaz de afrontar sobrecargas en la red de procesadores.

**G. Morales Andrés**  
**M. Villén Altamirano**

Centro de Investigación de Standard  
Eléctrica, Madrid, España

### Introducción

Debido a su arquitectura de control distribuido y a su red inteligente de conmutación digital, las centrales Sistema 12 poseen muy buenas características de tráfico. La red de conmutación, prácticamente sin bloqueo, provee los caminos para el tráfico de voz y la comunicación entre procesadores. Su probabilidad de bloqueo es despreciable, tanto con el tráfico normal como en situaciones de sobrecarga o de desequilibrio<sup>1</sup>.

El equipo de control de la central está totalmente distribuido y organizado en una red de microprocesadores, cuya programación es modular y estructurada. Esto permite tener una relación lineal entre el tráfico que se ha de tratar y la cantidad de equipo requerido, de modo que el tamaño del control pueda ajustarse al tamaño de la central y al tráfico, proporcionando la capacidad de llamadas necesaria en condiciones normales y de fuerte carga.

La programación se estructura en módulos bien diferenciados, que realizan funciones específicas y se intercomunican mediante interfaces normalizados. Este diseño ofrece una gran flexibilidad para adaptar cada módulo a los requisitos de las administraciones. La gestión de red, las medidas de tráfico y el control de sobrecarga se materializan en tres módulos independientes, donde se aprovecha tal flexibilidad. El módulo de gestión de red, por ejemplo, puede ser adaptado a la filosofía de gestión que se aplique en la red circundante.

El módulo de medidas de tráfico se divide en partes dedicadas a recogida de datos y generación de informes. La de recogida de datos está distribuida entre los diferentes procesadores, recopilando a ese nivel los

sucesos de interés estadístico y actualizando los correspondientes contadores. La parte de generación de informes solicita de la recogida de datos la información necesaria para generar los informes de salida pedidos por el operador. Debido a esta organización, el módulo de medidas es muy flexible y permite obtener las medidas de tráfico definidas por el usuario.

El módulo de control de sobrecarga tiene por finalidad garantizar que la central mantenga una elevada capacidad de tratamiento, con un buen grado de servicio para las llamadas aceptadas, incluso cuando se somete a fuertes sobrecargas de tráfico.

En los sistemas anteriores de control por programa almacenado, los controles de sobrecarga tenían que actuar sobre configuraciones centralizadas<sup>2,3</sup>. La estructura distribuida del Sistema 12 reclamaba una nueva concepción del control de sobrecarga. El Centro de Investigación de Standard Eléctrica se encargó de diseñar este nuevo control para atender a una red de procesadores, en la cual puede haber sobrecargas dirigidas que afecten sólo a unos pocos procesadores. En consecuencia, el control de sobrecarga también tiene estructura distribuida, dividiéndose entre los procesadores apropiados los mecanismos de detección y las acciones resultantes.

### Objetivos del control de sobrecarga

El efecto de una fuerte sobrecarga en una central que no esté diseñada para enfrentarse con ella, es un descenso del número de llamadas cursadas con grado de servicio aceptable. Las razones pueden ser:

- esperas mayores que las correspondientes al mínimo grado de servicio aceptable



- uso ineficaz de recursos al perderse llamadas después de su tratamiento parcial por el sistema; la pérdida puede ser debida a memoria insuficiente, a tratamiento incorrecto o a liberaciones prematuras y vencimiento de temporizaciones por esperas excesivas.

El Sistema 12 ha sido diseñado para soportar sobrecargas intensas sin incurrir en este tipo de problemas. La propia estructura del sistema y un eficaz mecanismo de control de sobrecarga consiguen mantener un elevado número de llamadas cursadas en *cualquier* situación de sobrecarga, seleccionando las llamadas a tratar conforme a prioridades especificadas.

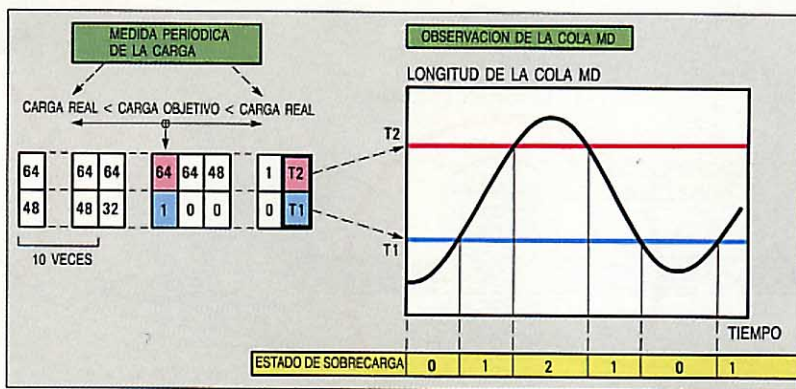
### Estrategia del control de sobrecarga

La estrategia del control de sobrecarga tiene en cuenta la estructura distribuida del Sistema 12. Así, cada procesador posee sus propios mecanismos de detección y reacción; éstos dependerán del tipo de procesador<sup>4,5</sup>, que a efectos de sobrecarga puede clasificarse en uno de los tres siguientes:

- Procesadores de control de llamadas, asociados a un grupo de terminales (líneas o enlaces) y que tienen el control global de las llamadas generadas o terminadas en esos terminales.
- Procesadores de sistema, que trabajan como un grupo con reparto de carga y/o de funciones y que dan servicio a toda la central. A estos procesadores se les solicita realizar funciones específicas para cada llamada (p. ej., análisis de pre-fijo o asignación de enlace saliente).
- Procesadores de servicio, cada uno de los cuales controla un determinado grupo de circuitos de servicio: receptores de teclado o emisores/receptores multifrecuencia.

En el establecimiento de una llamada, el control global lo asumen dos procesadores de control de llamadas, uno en el lado de origen y otro en el lado de destino. Si la llamada requiere circuitos de servicio, intervienen también uno o dos procesadores de servicio, y se piden funciones específicas a algunos procesadores de sistema cuando ello sea necesario.

En este contexto, la detección de sobrecarga y las reacciones subsiguientes suceden de la siguiente forma: cada procesador tiene su propio mecanismo de detección, idéntico para todos ellos, el cual le permite dar una indicación de su estado de sobrecarga. Las acciones de respuesta dependen del tipo de procesador: cuando



**Figura 1**  
Detección de la sobrecarga.  
MD - mensajes disponibles.

un procesador de control de llamadas o uno de servicio están sobrecargados, el propio procesador ejecuta la acción correctiva. Sin embargo, cuando se sobrecarga un procesador de sistema, éste lo comunica a los procesadores que le están enviando mensajes, para que ellos actúen oportunamente.

### Detección de sobrecargas

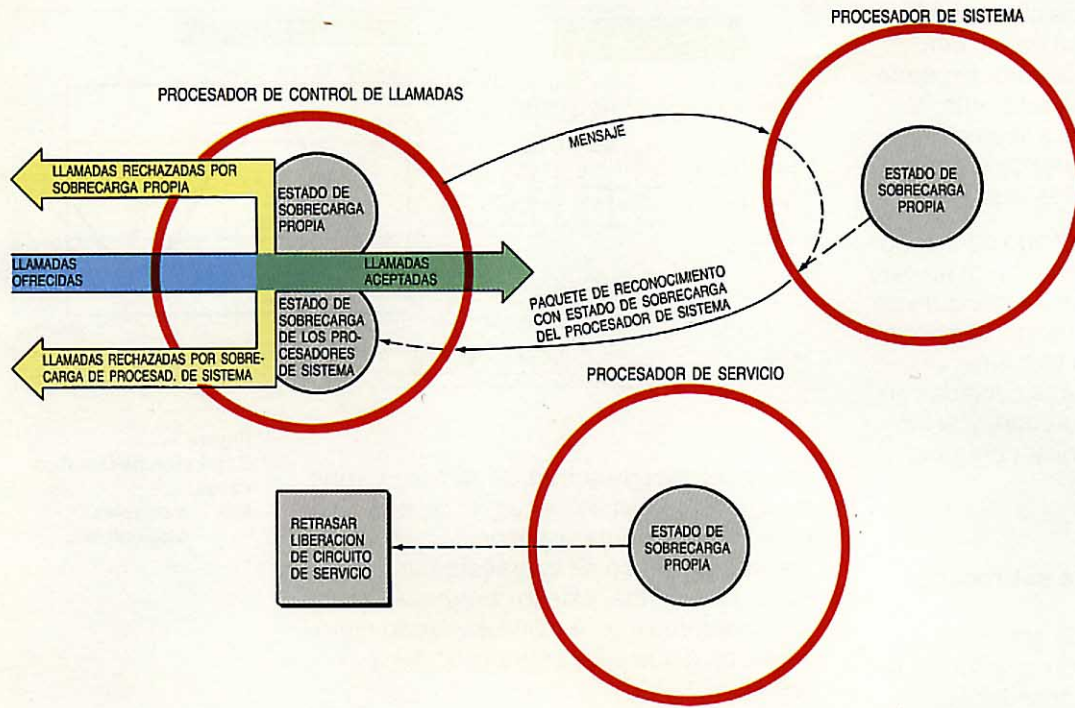
Cada procesador dispone de un "indicador de estado de sobrecarga". Para poder aplicar los controles de acuerdo con las prioridades de tráfico, se han definido tres niveles: el 0 (sin sobrecarga), y los 1 y 2 de sobrecarga.

El estado de sobrecarga se determina comparando la longitud de la cola de mensajes en espera de procesamiento (cola de mensajes disponibles), con dos umbrales T1 y T2 (véase la figura 1, a la derecha). Los valores de estos umbrales se actualizan dinámicamente para asegurar que, en cualquier situación de sobrecarga, la carga del procesador sea igual a una determinada "carga objetivo", tal que cumpla las especificaciones de número de llamadas cursadas y de tiempos de respuesta durante la sobrecarga.

La carga real del procesador se compara durante sucesivos periodos de un segundo con la carga objetivo, y el resultado determina el aumento o disminución del valor de los umbrales desplazando un puntero sobre una tabla (a la izquierda de la figura 1). Si la carga del procesador durante ese periodo es mayor que la carga objetivo, el puntero se mueve un paso a la derecha, apuntando a un par de valores de umbral más bajos; lo contrario ocurrirá si la carga es menor que la carga objetivo. De esta forma los umbrales se ajustan automáticamente al valor apropiado, asegurando que los procesadores trabajen a la carga objetivo para cualquier nivel y tipo de sobrecarga, y manteniendo el número de llamadas cursadas y el grado de servicio óptimos.



**Figura 2**  
Acciones del control de sobrecarga.



Si el tráfico es normal, el puntero está a la izquierda de la tabla, apuntando a los valores más altos de los umbrales, los cuales se repiten 10 veces consecutivas en la tabla. Esto hace que el indicador de sobrecarga no alcance los niveles 1 ó 2 hasta que la sobrecarga sea un hecho contrastado, evitando así que picos transitorios durante el tráfico normal provoquen la operación prematura del control de sobrecarga.

### Acciones del control de sobrecarga

La figura 2 muestra las acciones que ejecuta cada tipo de procesador cuando detecta una sobrecarga.

#### Procesadores de control de llamadas

Cuando un procesador de control de llamadas está sobrecargado, inicia él mismo las acciones defensivas rechazando las llamadas cuyo tratamiento ha comenzado en ese momento (en concreto, aquéllas para las que todavía no se ha creado el bloque de control de proceso de la máquina de mensajes finitos "control de señalización"). Las prioridades de rechazo dependen del tipo de llamada y de qué lado de la misma (origen o destino) está tratando el procesador. En particular, si el estado de sobrecarga del procesador está a nivel 1, se rechazan todas las llamadas cuyo lado de origen trata este procesador, así como las llamadas de línea-a-enlace a las que trate su lado de destino. Si la sobrecarga está a nivel 2, se rechazan todas las llamadas.

A petición de la Administración, ciertas líneas o enlaces pueden definirse como de alta prioridad, no rechazándose nunca las llamadas dirigidas a ellas.

El principio utilizado para asignar el nivel en el que debe rechazarse una llamada consiste en dar prioridad a llamadas tratadas previamente por otros procesadores de la central (llamadas que el procesador trata en lado de destino), o por otras centrales (llamadas enlace-a-línea o enlace-a-enlace), así como a las llamadas de líneas o enlaces con alta prioridad.

Cuando se rechace una llamada, se liberará cualquier recurso que estuviere utilizando, enviándose un "mensaje" a la correspondiente línea o enlace, de acuerdo con los requisitos de la Administración (p.ej., locución grabada, tono especial o de congestión, línea aparcada). El tiempo de proceso invertido en tal rechazo se ha reducido al mínimo con el fin de mantener un adecuado número de llamadas cursadas, incluso con sobrecargas intensas en las que haya que rechazar muchas llamadas.

#### Procesadores de sistema

El estado de sobrecarga de un procesador de sistema se comunica, mediante el "paquete de reconocimiento de mensajes", a los procesadores que le están enviando mensajes, y estos procesadores son los que ejecutan las acciones oportunas. El procesador sobrecargado no debe emprender acción alguna (en contra de lo que hace un procesador de control de llamadas), ya que el tiempo de proceso invertido en rechazar una llamada sería similar al nece-



sario para tratarla, y ello haría ineficaz el control de sobrecarga.

Para definir las acciones a realizar cuando hay sobrecarga en un procesador de sistema, se han seguido dos principios:

- Si hay que rechazar una llamada, ello debe hacerse lo antes posible, a fin de minimizar el tiempo de proceso malgastado en su tratamiento.
- Sólo deben rechazarse las llamadas que tendrían que utilizar el procesador de sistema sobrecargado, para evitar así una caída innecesaria del número total de llamadas cursadas en el caso de sobrecarga dirigida.

Para conseguir esto, los procesadores de sistema se clasifican en dos tipos según las acciones a ejecutar en situación de sobrecarga. Los tipos se asignan de acuerdo con la configuración de la central.

*Tipo 1:* se asigna a un procesador de sistema que sólo trate una parte de las llamadas de la central (p. ej., un procesador dedicado solamente a gestión de enlaces y que por tanto no se le utilice para llamadas línea-a-línea o enlace-a-línea). Cuando un procesador de tipo 1 comunica en el paquete de reconocimiento que está sobrecargado, el procesador que recibe esta información rechaza las llamadas cuyo primer mensaje va a ser enviado hacia aquel procesador de sistema. De este modo, se rechazan únicamente las llamadas que intentan usar el procesador sobrecargado.

*Tipo 2:* se asigna al procesador de sistema que trate todas o la mayor parte de las llamadas de la central, o bien que pertenezca a un grupo de procesadores con carga compartida que trate todas o gran parte de las llamadas de la central. Normalmente, son procesadores tipo 2 los que asumen varias funciones de sistema. Cuando algún procesador es informado de que hay sobrecarga en un procesador de sistema tipo 2, se encarga de rechazar llamadas desde su comienzo, es decir, cuando va a crearse el bloque de control de proceso de la máquina de mensajes finitos "control de señalización" que trata el lado de origen.

En ambos casos (tipo 1 y tipo 2), se rechazan las llamadas línea-a-línea y línea-a-enlace si el estado de sobrecarga es 1; si el estado es 2, se rechazan todos los tipos de llamada. Sin embargo, las llamadas de líneas o enlaces con alta prioridad nunca son rechazadas.

Cuando un procesador de sistema está sobrecargado, las acciones de control pueden implicar que no se le envíen mensa-

jes normales, con lo cual dicho procesador no devuelve paquetes de reconocimiento con su estado actual de sobrecarga. Para evitar un posible bloqueo indefinido, un procesador que haya rechazado cierto número de llamadas a causa de la referida sobrecarga en el procesador de sistema, sin haber entre tanto recibido del mismo ningún paquete de reconocimiento, le enviará un "paquete de prueba". Este paquete genera su correspondiente reconocimiento, y evita bloqueos sin añadir una carga apreciable al procesador de sistema sobrecargado.

#### *Procesadores de servicio*

El número de circuitos de servicio que se asignan en el dimensionado a un procesador de servicio, puede evitar la sobrecarga del mismo, ya que este número de circuitos limita el número de llamadas que el procesador tiene que tratar en la unidad de tiempo. Sin embargo, si se sobredimensionan los circuitos de servicio, éstos pueden no limitar suficientemente el número de llamadas, en cuyo caso tal vez haya sobrecarga del procesador. Esto puede suceder, bien porque los circuitos de servicio se equipen en múltiplos de 16, o bien porque el tiempo medio de ocupación de dichos circuitos sea más corto que lo previsto cuando se dimensionó la central (quizá por un cambio en la red o en la proporción de llamadas de cada tipo). Por esta razón, los procesadores de servicio están provistos de control de sobrecarga.

Cuando un procesador de servicio está sobrecargado, las acciones de control consisten en retrasar la liberación de los circuitos. Es decir, cuando un circuito de servicio va a ser liberado en tales condiciones, se le mantiene ocupado hasta que venza una cierta temporización, volviendo entonces a reiniciarla si persiste la sobrecarga del procesador. Retrasar la liberación del circuito de servicio no afecta a la llamada que lo utilizó, pero sí evita una nueva toma del circuito durante la temporización, lo cual reduce la tasa de llamadas ofrecidas al procesador de servicio.

Se aplica esta acción de control en los receptores de teclado cuando el estado de sobrecarga es 1 ó 2, y en los emisores/receptores multifrecuencia sólo para el estado de sobrecarga 2.

#### **Eficacia del control de sobrecarga**

Con objeto de dar soporte de tráfico al desarrollo del sistema, se ha construido un modelo de simulación multiprocesador en tiempo real<sup>6</sup>, el cual ha servido como herra-



mienta básica para diseñar el control de sobrecarga, ajustar sus parámetros y evaluar su eficacia.

Mediante un gran número de simulaciones, se realizó un estudio exhaustivo de dicho control, cubriendo una gran variedad de condiciones de sobrecarga:

- Diferentes niveles de tráfico, desde cargas normales a situaciones extremas de sobrecarga.
- Diversos tipos de sobrecarga: general y dirigida, causadas por excesiva demanda de tráfico o por situaciones de fallo.
- Diferentes tamaños de central y distintas configuraciones del control (diferentes distribuciones de las funciones entre los procesadores de sistema).
- Diversas situaciones de dimensionado: centrales en las que está equilibrada la capacidad de todos los procesadores, y centrales cuya capacidad viene limitada por algunos procesadores que en sobrecarga actúan como "cuello de botella".

das y tratadas correctamente, cumpliendo el grado de servicio especificado para situaciones de carga elevada.

En situaciones de sobrecarga más graves, el número de llamadas cursadas correspondiente al 40% de sobrecarga se mantiene prácticamente en la mayoría de los casos, disminuyendo sólo en algunas ocasiones especiales aunque siempre es netamente mayor que el correspondiente a condiciones normales de carga. Todas las llamadas aceptadas se tratan adecuadamente, con un grado de servicio (expresado en tiempo de respuesta) correspondiente al 40% de sobrecarga.

Considérese, como ejemplo representativo, el caso de una central local de tamaño medio en la que todos los procesadores de control de llamadas y de sistema trabajan a una carga de 0,6 erlang en condiciones normales, con lo cual están equilibradas todas sus capacidades. Los circuitos de servicio se han sobredimensionado para que no limiten la carga ofrecida a los referidos procesadores.

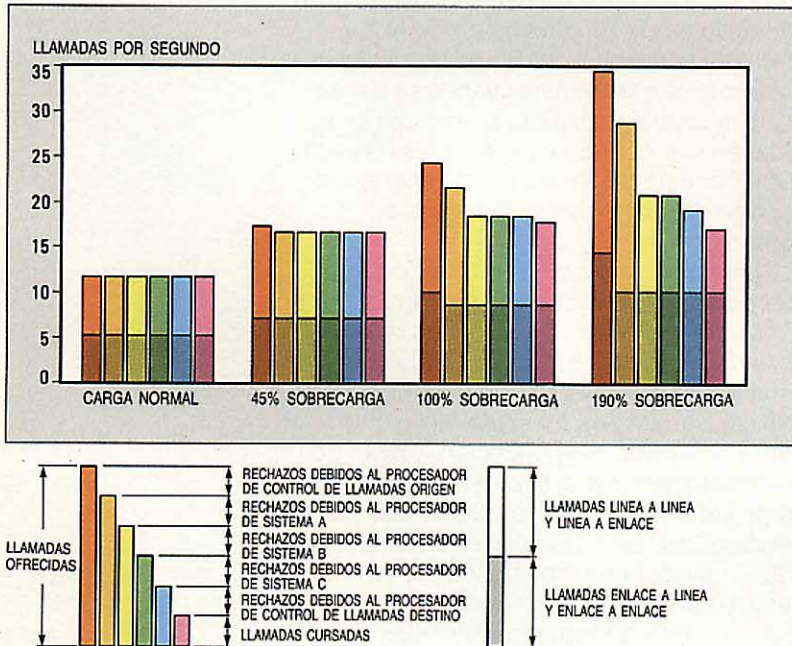
Cada llamada requiere para su tratamiento tres procesadores de sistema diferentes, que se denominan A, B y C según el orden en que se envía el primer mensaje a cada uno de ellos.

Se investigaron cuatro niveles de tráfico, correspondientes a carga normal y a sobrecargas generales del 45%, 100% y 190%. La figura 3 muestra cómo reacciona cada procesador en los cuatro casos. Con carga normal, ningún procesador rechaza llamadas, y por ello el número final de llamadas cursadas (columna roja) es igual al número total de las ofrecidas (columna marrón). Con un 45% de sobrecarga, sólo se rechazan algunas llamadas línea-a-línea y línea-a-enlace, debido al procesador de control de llamadas del lado de origen.

En los casos de fuerte sobrecarga (100% y 190%), las llamadas son rechazadas por diferentes procesadores, resultando que, en ambos casos, el número final de las cursadas es prácticamente igual que en la situación de un 45% de sobrecarga. El procesador de control de llamadas del lado de origen y el procesador de sistema A son los principales "cuellos de botella", por ser los primeros en tratar la llamada y actuar así como un filtro para los demás procesadores. Al haber asignado mayor prioridad a las llamadas enlace-a-línea y enlace-a-enlace (tramo inferior en "gris" de las columnas de la figura 3), se produce un rechazo selectivo y en consecuencia el número de llamadas cursadas de estos tipos crece a medida que aumentan las llamadas ofrecidas.

Como ejemplos del grado de servicio obtenido, la figura 4 muestra los valores medios y distribuciones de los retardos del

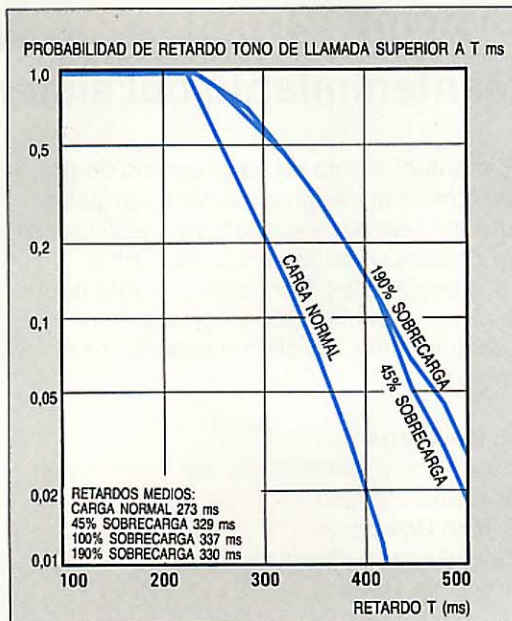
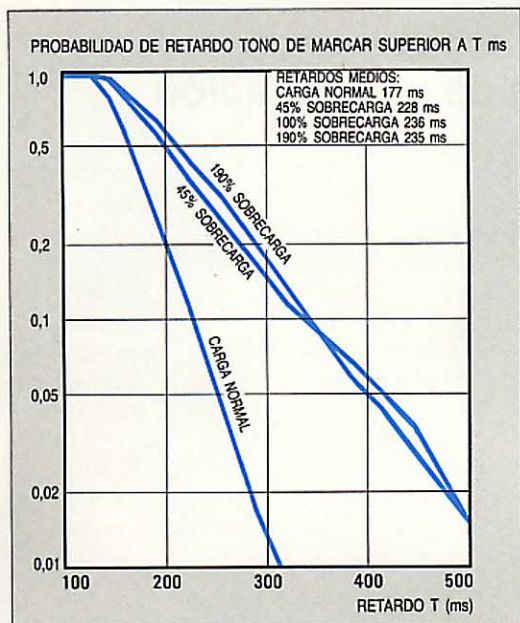
**Figura 3**  
Resultados de cuatro simulaciones: llamadas ofrecidas, llamadas rechazadas por cada procesador y llamadas cursadas.



Estos estudios han revelado que todas las situaciones de sobrecarga son eficazmente controladas por los mecanismos diseñados para el Sistema 12. En condiciones de carga normal, el control de sobrecarga no afecta al tratamiento de llamadas: las variaciones del tráfico normal nunca activan el control de sobrecarga y por tanto no hay rechazo de llamadas.

Para sobrecargas hasta de un 40%, prácticamente todas las llamadas son acepta-





**Figura 4**  
 Retardo del envío del tono de marcar (izquierda) y retardo del envío del tono de llamada (derecha). Por claridad se ha omitido la distribución para un 100% de sobrecarga.

envío del tono de marcar y del tono de llamada (por claridad se ha omitido la distribución para el 100% de sobrecarga). El tiempo de respuesta es prácticamente el mismo para 45%, 100% y 190% de sobrecarga.

### Conclusiones

El control de sobrecarga del Sistema 12 tiene una estructura distribuida que se adapta a la arquitectura distribuida del propio sistema. La actualización dinámica de los umbrales, fundamento de este control de sobrecarga, asegura la adaptación del sistema a cada situación específica de sobrecarga. La posibilidad de rechazo selectivo de llamadas permite tratar éstas de acuerdo con prioridades establecidas.

Las simulaciones han demostrado que los mecanismos de control de sobrecarga aseguran un elevado número de llamadas

cursadas por el sistema con un buen grado de servicio, en cualquier situación de sobrecarga.

### Referencias

- 1 J. R. de los Mozos Marqués y A. Buchheister: Central digital ITT 1240: Capacidad de tráfico: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, pags. 207-217.
- 2 J. A. García Higuera y C. Díaz Berzosa: Progressive Method of Overload Control for Processors: *Proceedings of the 9th International Teletraffic Congress*, Torremolinos, octubre, 1979.
- 3 P. Somoza y A. Guerrero: Método de control dinámico de sobrecarga para los procesadores de sistemas de conmutación con control por programa almacenado (SPC): *Comunicaciones Eléctricas*, 1980, volumen 55, nº 1, págs. 37-44.
- 4 R. Bonami, J. M. Cotton y J. N. Denenberg: Central digital ITT 1240: Arquitectura: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 126-134.
- 5 R. H. Mauger: Sistema 12: Arquitectura para el cambio: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 35-42 (en este número).
- 6 L. Bermejo: ITT 1240 Control Unit: Multinode Simulation Study: CISE Report, código 82-TM-33.06, marzo 1982.



# Sistema 12

## Mantenimiento del sistema de conmutación

El mantenimiento se ha integrado dentro del concepto del Sistema 12. La arquitectura del sistema y sus amplias facilidades de detección, análisis, localización e informe de fallos aseguran conjuntamente la rápida identificación y corrección de cualquier fallo, sin afectar casi nunca al servicio.

### **M. Beyltjens**

International Telecommunications Center,  
Bruselas, Bélgica

### **P. Van Houdt**

Bell Telephone Manufacturing Company,  
Amberes, Bélgica

### **Introducción**

La experiencia de campo de los últimos dos años ha demostrado que los conceptos básicos de mantenimiento del Sistema 12 son viables y eficaces. Sin embargo, se han introducido mejoras que perfeccionan el funcionamiento, y amplían y tipifican los interfaces para cubrir la gama completa de aplicaciones del Sistema 12, consiguiendo un comportamiento más fiable del sistema mediante estrictas técnicas que protegen la programación.

Para mantener informados a los elementos de control de todo cambio en la configuración (elemento que pasa del estado de espera al activo, sustitución por otro elemento de reserva), se utiliza la difusión por el bus de tonos, lo cual asegura que todos los elementos de control operan en todo momento con la misma información.

Se han introducido temporizadores y mecanismos de intercambio para garantizar que no se interrumpan las operaciones de mantenimiento aunque ocurra un nuevo fallo capaz de afectar a la ejecución de las mismas. Se han ampliado los códigos de terminación y claves de avería, generados por los operadores de dispositivos en respuesta a solicitudes de mantenimiento, con el fin de mejorar las reacciones de mantenimiento y obtener informes de fallo más detallados.

Las recientes mejoras del Sistema 12 han ayudado a conseguir este objetivo<sup>1</sup>. Los ECT de líneas y enlaces con 1 M-octeto de memoria permiten trasladar más funciones de mantenimiento al nivel inferior (donde se detectan la mayoría de los fallos), reduciendo así la carga del procesador del módulo de mantenimiento y periféricos, y

haciendo que los programas centralizados de mantenimiento sean transparentes a la adición de nuevos módulos de equipo o a futuros cambios en la tecnología. Junto con las mejoras en el equipo de dicho módulo (p. ej., introducción de memoria de puerto doble y procesador de entrada/salida), esto ha acelerado la reacción a los fallos y su localización, desligándolas del tamaño de la central.

### **Conceptos de mantenimiento**

#### *Detección e informe de fallos*

Se han introducido en el nivel más bajo circuitos de detección de fallos, adecuados al equipo específico. Si uno de tales circuitos se inutilizara, esto no afectaría al resto del equipo. El análisis de errores puede hacerse parcialmente al nivel inferior, lo cual simplifica los informes de error y exige menos capacidad de proceso. Los estados de fallo del equipo físico se detectan también por vigilancia continua de los voltajes en los puntos de alarma.

Las pruebas rutinarias revisan las funciones no controladas en línea ni por supervisión de alarmas, o cuando el retraso en la detección pudiera afectar al grado de servicio. Tales pruebas tienen una planificación automática y se ejecutan en servicio sin perturbar al tráfico.

Todos los módulos de programación llevan incorporadas comprobaciones que informan de cualquier anomalía funcional. Entre ellas, los sencillos controles CHILL en tiempo de ejecución, controles de sistema operativo, temporizadores, pruebas de validez y de auditoría. Estas últimas, planificadas igual que las rutinarias, asegu-





ran la consistencia de los datos en todo el sistema.

#### *Redundancia de elementos de control*

El logro de altos niveles de disponibilidad de la central y de eficacia del servicio se debe a que un fallo sólo afecta generalmente a uno de los muchos elementos de control pequeños y fiables. Para cumplir los objetivos de detección de fallos y fiabilidad basta con utilizar memorias y microprocesadores comerciales estándar, mejorados con códigos de detección y corrección de errores.

La redundancia y elevado número de los elementos de control asegura que la no disponibilidad de un solo elemento afecte muy poco al funcionamiento de la central. La elección del tipo de redundancia (operación dúplex, grupo común, reserva y transferencia) depende de la clase de función del elemento y su carácter crítico.

Los elementos dúplex de control funcionan en modo activo/espera. Se mantiene información actualizada del estado en el elemento de control en espera (standby), a fin de que pueda tomar inmediatamente el control en caso de fallo del elemento activo. El mantenimiento global, la carga y el control de entrada/salida, los proporcionan elementos dúplex que no tienen funciones de control de llamadas.

Algunas funciones del sistema (p. ej., selección de enlaces) residen en elementos dúplex de control, y otras, como la traducción de número de guía, se localizan en un grupo común de tales elementos. En ambos casos, existen equipos de reserva que pueden asumir las funciones de cualquiera de los ECA de sistema, ya trabajen éstos en dúplex o en grupo común. Esto reduce a unos pocos segundos el periodo en que no existe duplicación de los elementos de control o está incompleto el grupo común.

Los módulos de abonado y de enlaces están equipados por parejas. Durante el funcionamiento normal cada ECT atiende a su propio terminal, pero si uno de los ECT de la pareja falla el otro toma el control de ambos terminales y maneja su tráfico hasta que se haya reparado el ECT afectado. Este modo operativo se denomina "transferencia".

Todos los elementos de control se comunican a través de la red digital de conmutación exactamente del mismo modo, por mensajes de datos. En cada elemento hay una tabla de encaminamiento de mensajes con las direcciones de red de todos los elementos de control de la configuración, incluyendo los que están "en espera" y en reserva. Cuando se reasigna por mantenimiento un elemento de control, estas tablas se actualizan sin más que cambiar sus

**El mantenimiento se consideró parte integrante del concepto del Sistema 12. En virtud de ello, los fallos se localizan y corrigen con gran rapidez, usualmente sin perturbar el servicio.**



inscripciones, encaminando así los mensajes al nuevo elemento de control que les corresponda.

**Concepto de bloque de seguridad**

La división de una central en unidades funcionales de tratamiento de llamadas no siempre es apropiada para funciones de mantenimiento. Otra división, basada en las necesidades del mantenimiento, conduce al concepto de bloque de seguridad, entendiendo por tal un grupo de circuitos escogidos de modo que, si falla una función dentro del bloque, las funciones restantes no puedan ser utilizadas por la central. El grupo entero (bloque de seguridad) puede entonces retirarse del servicio sin ningún efecto adicional sobre el proceso de llamadas.

Los bloques de seguridad están jerarquizados, de modo análogo a las unidades funcionales. Al poner fuera de servicio un bloque de seguridad, responsable de bloques de nivel inferior, se inhabilitan también automáticamente estos últimos. Cada bloque de seguridad está formado por elementos reemplazables o partes de los mismos (p. ej., placas impresas o unidades enchufables, como convertidores CC/CC).

**Concepto de bloque de reparación**

Se llama bloque de reparación al mínimo conjunto de bloques de seguridad que deben inhabilitarse durante el corto periodo de sustitución (reparación), para que el elemento defectuoso se sustituya correctamente, sin riesgo para otros bloques de seguridad del mismo bloque de reparación.

La reparación real se inicia mediante una orden hombre-máquina que pone fuera de servicio el bloque de reparación. Si es preciso, se deja pasar algún tiempo para liberar el tráfico en los bloques de seguridad pertenecientes al bloque de reparación pero no afectados por el fallo. Transcurrido este tiempo, se confirma la solicitud de reparación y el personal de mantenimiento

puede reemplazar el elemento defectuoso y dar la orden de fin-de-reparación. Se recalifica entonces el bloque de seguridad reparado, ejecutando las mismas pruebas de diagnóstico que detectaron el fallo. Con ello se asegura que se ha sustituido el elemento adecuado y que el bloque de seguridad funciona correctamente.

Tras una recalificación positiva, se vuelven a inicializar el bloque de seguridad y todos los bloques controlados por él. El éxito de esta operación se confirma con un mensaje de teleimpresor, y se suprimen las alarmas; de no ser así, aparecerá otro mensaje de fallo y las alarmas del sistema seguirán activadas. Se aplica el mismo método para ampliar el equipo de la central.

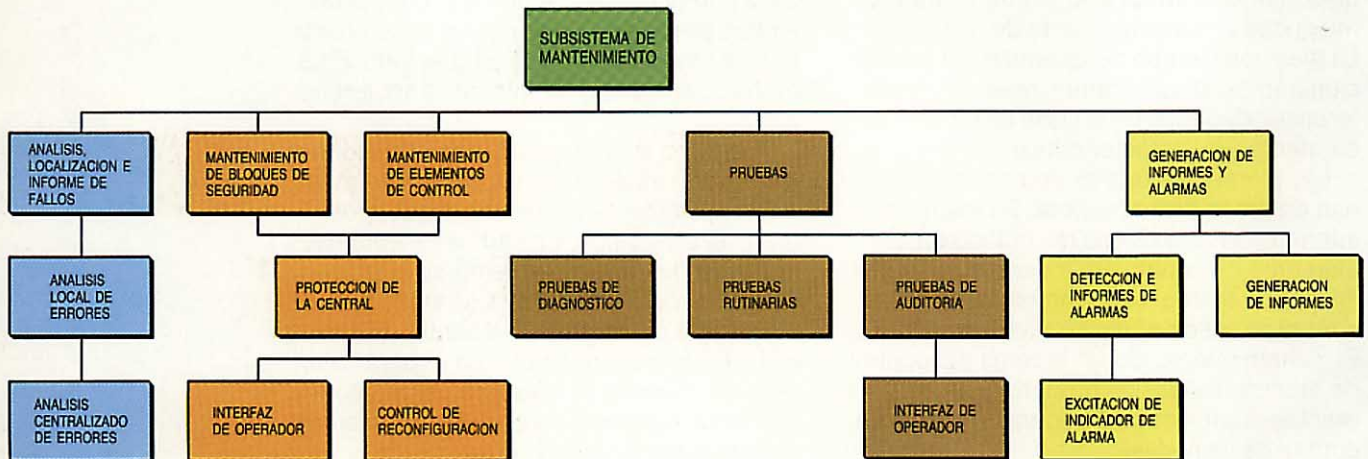
La estrategia de reparación cuenta con la gran ayuda de varias propiedades básicas del Sistema 12. En la mayoría de los casos, la reparación queda reducida a enchufar nuevas placas impresas u otras unidades, lo cual es sencillo ya que sólo hay unos 40 tipos de elementos reemplazables y ocho de ellos cubren ya el 85% de todos los elementos reemplazables de la central. Para simplificar aún más el mantenimiento, varias centrales pueden ser supervisadas desde un centro de mantenimiento único.

Estas facilidades permiten a la Administración utilizar personal de mantenimiento menos experimentado, así como minimizar el almacenamiento de repuestos.

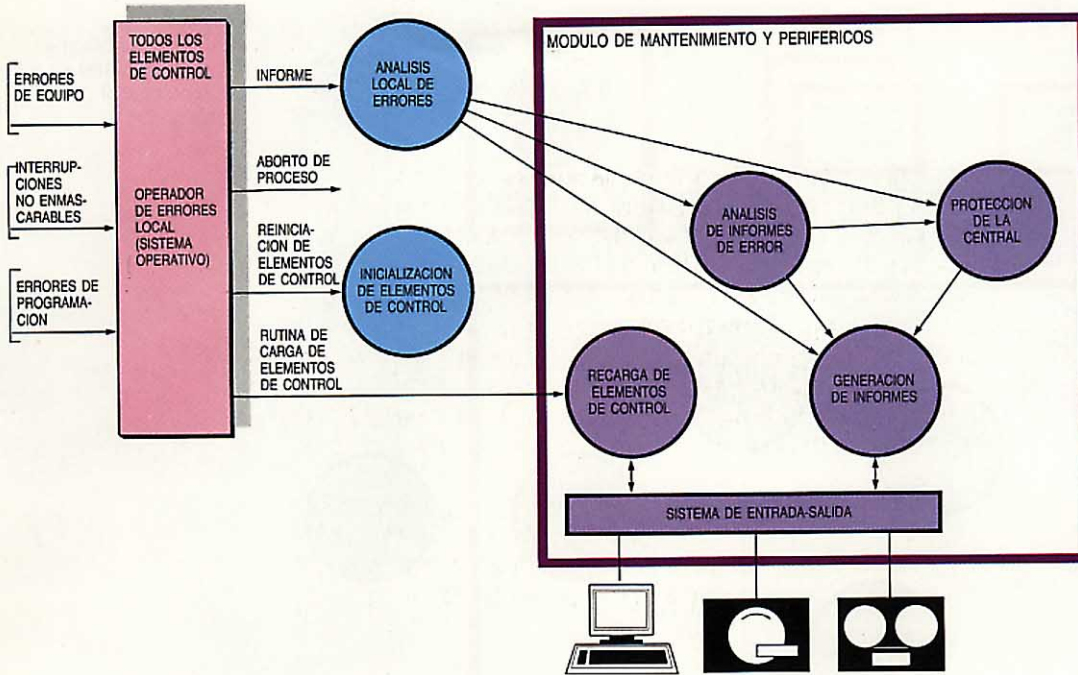
**Protección de la central**

El concepto de bloque de seguridad permite adoptar un sencillo mecanismo de protección aplicable en todo el sistema. Esto requiere un análisis de errores que localice todos los informes de fallos y alarmas al nivel de bloque de seguridad. Para proteger la central, y evitar la propagación de los efectos del fallo, se ponen fuera de servicio los bloques de seguridad afectados y, cuando son cruciales, se reemplazan automáticamente por otros de repuesto.

**Figura 1**  
División del subsistema de mantenimiento del Sistema 12 en áreas y subáreas funcionales.







**Figura 2**  
Principios de análisis, localización e informes de fallos en una central Sistema 12.

Se ejecuta una prueba de diagnóstico para localizar los elementos reemplazables defectuosos dentro del bloque de seguridad sospechoso de fallo. En el 80% de los casos bastará con sustituir un solo elemento, y en los restantes habrá de dos a cinco elementos que reemplazar. La retirada del servicio de los bloques de seguridad genera automáticamente un informe de acción y una alarma asociada.

**Alarmas e informes de fallo en centrales**  
Hay tres modos de notificar alarmas. Los indicadores primarios (alarma acústica, panel maestro) alertan al personal de mantenimiento. Los indicadores secundarios, como informes por teleimpresor, pantalla, y lámparas de alarma de fila y bastidor, dan noticia detallada del fallo (urgencia de la alarma, elementos reemplazables afectados y su localización) y guían al personal de mantenimiento. Los terciarios, tales como indicadores de fusible o diodos fotoemisores en placas impresas, indican condiciones especiales y/o la placa defectuosa.

El sistema permite especificar hasta ocho categorías de alarma, con un máximo de 32 indicadores de alarma en el panel maestro. La asignación de condiciones de alarma a las categorías e indicadores está gobernada por datos.

### Realización en la central

El subsistema de mantenimiento (Fig. 1) se subdivide en cinco áreas funcionales y cierto número de subáreas. A continuación

se describen las funciones de cada una de dichas áreas:

#### *Análisis, localización e informes de fallos (figura 2)*

Los fallos de programación son detectados por los programas de cada elemento de control, mientras que los de equipo físico en los terminales son detectados (sobre todo por los operadores de dispositivos) cuando el dispositivo se utiliza (p. ej., durante el establecimiento de la llamada).

Algunos fallos requieren acciones de protección inmediatas; otros, un análisis de errores centralizado; otros, en fin, que las alarmas (audibles o visuales) sean activadas y/o que se imprima un informe.

Todos los fallos detectados se notifican al programa operador de errores local, el cual aporta un interfaz de usuario normalizado. Según la categoría del fallo, dicho programa puede limitarse a notificar el error (p. ej., fallos recuperables de programación o errores transitorios de circuitos) al programa local de análisis de errores, o bien iniciar el aborto de un proceso de programación, tal vez debido al bloqueo de un proceso de auditoría. En fallos más graves, el operador de errores local puede provocar procedimientos de recuperación de emergencia — vuelta al estado inicial y reiniciación del elemento de control al producirse, por ejemplo, fallos de programación no recuperables, vencimiento de la temporización de consistencia, aborto de un proceso crítico de programación —, o bien forzar la ejecución de una rutina de carga por el elemento de control; esto ocasiona el envío de una solicitud de recarga al módulo de manteni-



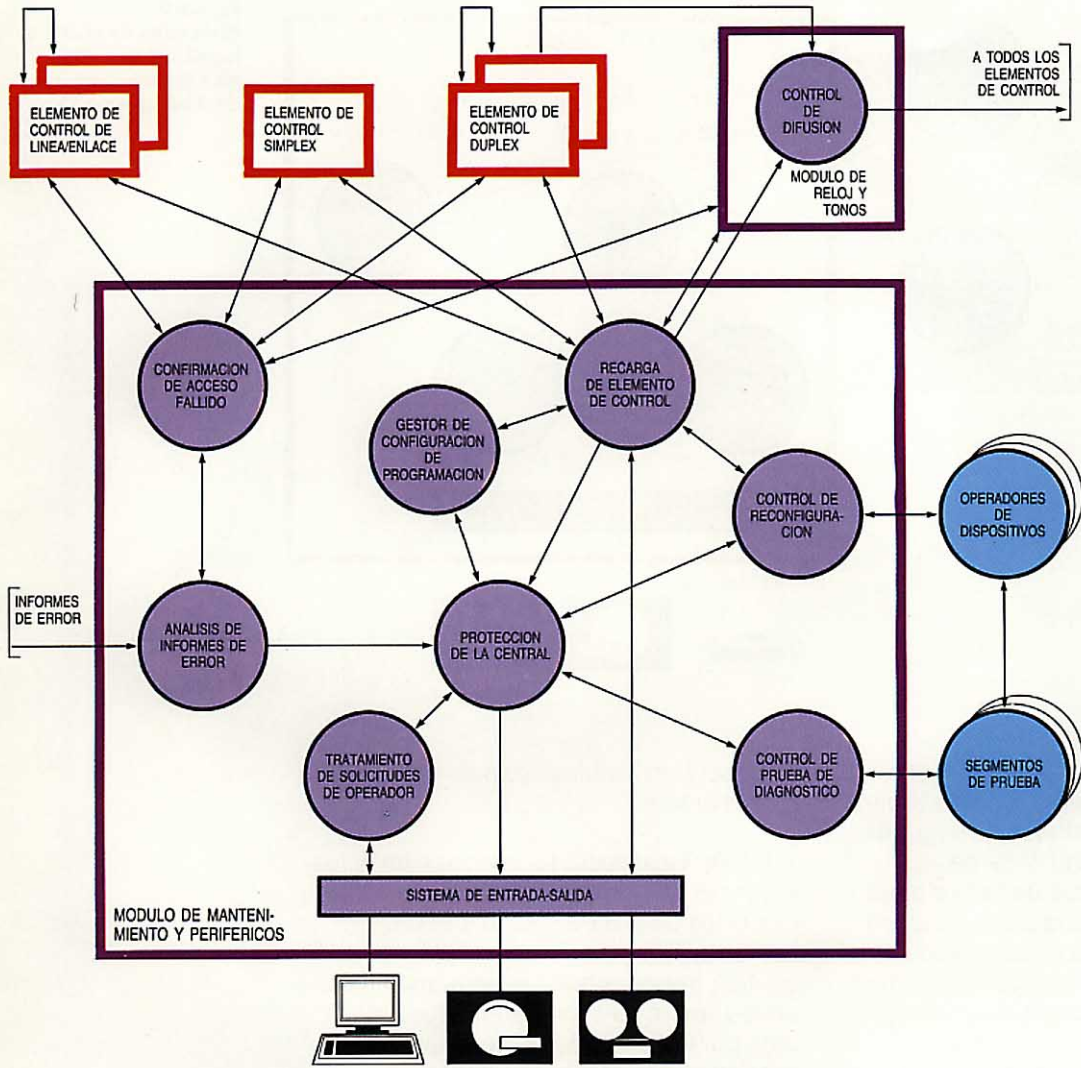


Figura 3  
Concepto de bloque de seguridad para protección del sistema.

miento y periféricos (en casos como errores dobles de paridad de memoria, comprobación de suma incorrecta, excesivas reiniciaciones, etc.).

El análisis local de errores desemboca en una acción a cuatro niveles:

- Ciertos fallos se envían directamente al módulo generador de informes para salir en pantalla o guardarse en archivo histórico.
- Algunos fallos no críticos se registran en contadores, que puede explorar el ECT del módulo de mantenimiento y periféricos; con la información obtenida de los diversos elementos de control se realiza luego un análisis centralizado de errores.
- El análisis local de errores identifica el bloque de seguridad afectado en el caso de algunos fallos críticos, informando al elemento de control de mantenimiento, que inicia acciones protectoras de la central.
- Si han de correlacionarse fallos, los errores se envían primero a un módulo de programación centralizado (*análisis*

*de informes de error*), el cual localiza cada fallo a nivel de bloque de seguridad, lo valida (pruebas-sonda), guarda contadores estadísticos sobre ciertos errores y decide el nivel de la recuperación (p. ej., comprobar o inhabilitar).

**Protección de bloque de seguridad (figura 3)**

El bloque de seguridad identificado por el análisis de error normalmente se inhabilita para evitar la propagación de los efectos del fallo. Dada la redundancia del sistema, esto no degrada apreciablemente el funcionamiento de la central.

La coordinación y validación de solicitudes de acción resuelve problemas de simultaneidad entre peticiones de comprobación y/o acciones solicitadas por el personal de mantenimiento. La inhabilitación se inicia por los bloques de seguridad dependientes, a nivel jerárquico inferior.

Con el fin de ocultar a los programas de protección las acciones específicamente relacionadas con el equipo físico, se provee un conjunto de módulos de reconfiguración



para todos los bloques de seguridad del sistema, red digital, periféricos de ordenador y telefónicos. Los interfaces normalizados entre estos módulos y los operadores de dispositivos facilitan la adición de operadores desarrollados para nuevos dispositivos.

Una vez inhabilitado el bloque de seguridad defectuoso, se ejecuta una prueba de diagnóstico para confirmar el fallo y localizar el elemento reemplazable afectado. En caso afirmativo, el bloque de seguridad permanece inhabilitado, un informe de acción identifica las coordenadas físicas del elemento reemplazable, y se genera una alarma. Sin embargo, si el diagnóstico no confirma el fallo, se inicializa el bloque de seguridad y se le repone en servicio. La inicialización de dichos bloques comienza por la jerarquía más alta. Cada vez que un bloque de seguridad vuelve al servicio tras un fallo no confirmado, se incrementa un contador de bucle, y cuando éste alcanza un umbral preestablecido, el bloque se queda inhabilitado y se emite una alarma.

Todas las funciones de protección que se ejecutan automáticamente pueden también ser solicitadas por un operador. Existe un módulo especial de interfaz entre la protección de la central y el sistema de entrada/salida, que traduce la entrada del operador a solicitudes de acción, las ordena secuencialmente si hay varios bloques de seguridad involucrados, y traduce las que afectan a elementos reemplazables en acciones a realizar sobre bloques de seguridad. Para proteger el sistema contra errores involuntarios, algunas solicitudes requieren que el operador las confirme tras la emisión de un aviso por el sistema (p.ej., el grado de servicio está en peligro).

La información de fallos, la protección de bloques de seguridad y la cadena de alarmas, operan todos fiablemente, aun en el caso de fallo en el elemento de control informante y/o en el elemento de mantenimiento. Se reiteran los informes de fallos críticos hasta tener constancia de haber provocado una acción de mantenimiento. La cadena de protección queda asegurada repitiendo la condición de "disparo", mientras que las auditorías internas garantizan que no se deja incompleta ninguna acción, con lo cual los bloques de seguridad siempre van a parar a un estado definido. La cadena de alarma se salvaguarda por una auditoría de estado de protección comparado con la información de registros de alarma.

**Protección de elemento de control (figura 3)**  
Aunque los anteriores principios se aplican a los elementos de control en cuanto son

bloques de seguridad, sus tareas exigen una protección adicional, la cual incluye:

- reiniciación de elementos de control
- transferencia de elementos de control
- conmutación de elementos de control
- toma de tareas por un elemento de control
- rutina de carga de elemento de control
- comprobación periódica de acceso.

*Reiniciación de elemento de control.* Tras inicializarse el sistema operativo, lo hacen secuencialmente todos los módulos de programación, cada uno por sí mismo. Por ejemplo, los operadores de dispositivos inicializan los dispositivos que controlan. En consecuencia, las llamadas estables (en fase de conversación) no son afectadas. La reiniciación es una acción de recuperación independiente que, en la mayoría de los casos, se inicia de modo autónomo, por el elemento de control.

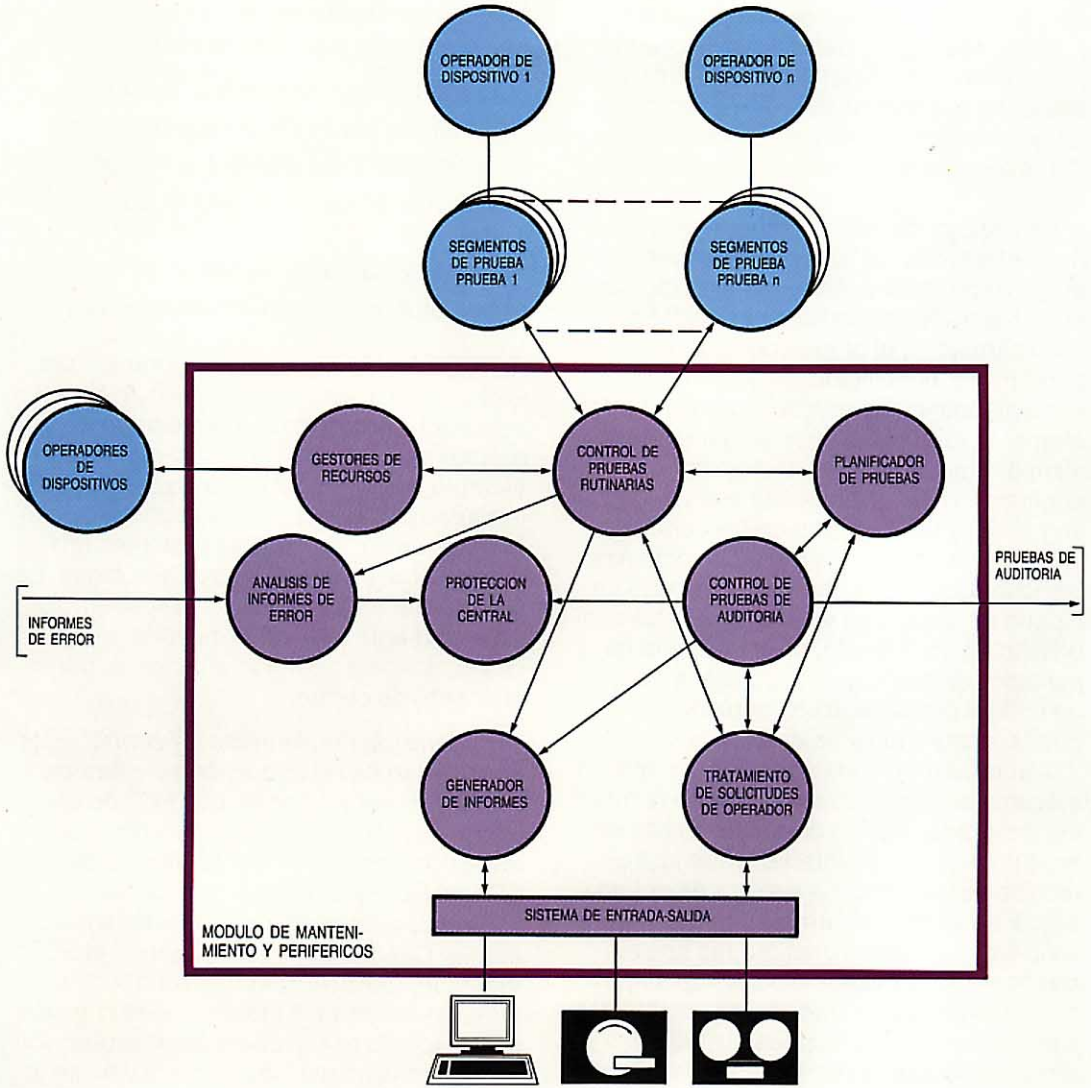
*Transferencia de elemento de control.* Este mecanismo de recuperación se utiliza para ECT de líneas y enlaces. Los ECT de una pareja de módulos se supervisan mutuamente de forma continua. Si falla uno de los ECT, el ECT que sigue activo asume el control de ambos terminales automáticamente. Cuando se repone en línea el ECT reparado, toma de nuevo el control de su terminal asociado. A menos que esta acción sea solicitada por un operador, la protección de la central no está involucrada y no se le informa de la transferencia. El sistema operativo asegura que los mensajes sean siempre encaminados al ECT que controla los terminales.

*Conmutación de elementos de control.* Significa que se conmutan los estados activo/espera de una pareja de elementos de control. La conmutación se realiza de modo autónomo al reiniciarse el miembro activo de la pareja, o cuando el miembro que está en espera recibe mensajes reencaminados desde el activo (por incapacidad de comunicar con él) que no puede retransmitir. El cambio de estado activo/espera de un elemento de control requiere notificación a todos los demás elementos de control para que puedan actualizar sus tablas de encaminamiento de mensajes. El elemento de control que se recupera informa al *módulo de programación de control de difusión* (en el módulo de reloj y tonos) para que pueda distribuirse información actualizada de encaminamiento de mensajes a todos los elementos de control a través del bus de tonos.

*Toma de tareas por elemento de control.* Se dispone de elementos de control de reserva



Figura 4  
Pruebas rutinarias y de auditoría.



para los ECA de sistema que operen en dúplex o que funcionen como miembros de un grupo común. Tan pronto como se reciba la indicación de alarma del temporizador de consistencia para uno de esos elementos de control y el intento de recarga fracase, el gestor de la configuración de programación seleccionará un elemento de reserva que esté cargado previamente con un paquete de programas acorde con el del elemento de control en fallo. Dicho elemento de reserva se inserta entonces en la configuración, y los programas de mantenimiento actualizan la tabla de encaminamiento de mensajes para que tal elemento pueda asumir un papel funcional. Se carga luego el elemento con los datos requeridos para ejecutar su función, tras lo cual se reinicia.

**Rutina de carga de elemento de control.** Esta es la más crítica acción de recuperación: el elemento de control se recarga enteramente desde el disco. Antes de ello se ejecuta una prueba rápida mediante un programa en memoria de sólo lectura para comprobar si el elemento de control sigue

funcionando correctamente. La decisión de recargar puede tomarla localmente el propio elemento de control, o bien responder a los programas de protección de la central. En ambos casos la carga se realiza bajo control del módulo de mantenimiento y periféricos, al recibirse un *mensaje de petición de recarga* procedente del elemento involucrado. Esta cadena de recuperación opera fiablemente, incluso en el caso de fallo en el elemento de control de mantenimiento y periféricos. Si la recarga no se efectúa al cabo de cinco minutos, ello siempre ocasiona la repetición de la solicitud correspondiente, de forma que la acción pueda completarse en el siguiente intento.

**Comprobación periódica de acceso.** Esta función ofrece un mecanismo de vigilancia que explora sistemática y frecuentemente todos los elementos de control. La falta de respuesta se notifica en seguida al módulo de análisis de informes de error para que pueda iniciar la recuperación.

Un elemento de control puede ser forzado a ejecutar rutina de carga por los



programas de protección de la central con fines de mantenimiento (p. ej., parches o sustituciones para corregir, mejorar o ampliar la programación). Ello se realiza elegantemente activando una recarga parcial, con lo que se evita la ejecución de la prueba rápida. La recarga parcial acaba reiniciando el elemento de control, sin perturbar las llamadas estables.

**Pruebas (figura 4)**

Un amplio conjunto de módulos de prueba asegura la rápida detección y localización de cualquier fallo del equipo o inconsistencia en los datos del sistema. La estrategia de pruebas descansa en una máxima flexibilidad. Todas las pruebas pueden iniciarse automáticamente cuando se detecta un fallo, planificarse de modo automático, o bien ser solicitadas por un operador. Cuando así convenga, las pruebas se subdividen en segmentos funcionales que se cargan consecutivamente durante la prueba para minimizar las necesidades de memoria. Si solamente se necesita probar algunas de las funciones del equipo, ello puede

acelerarse especificando sólo uno, o unos pocos, segmentos de prueba.

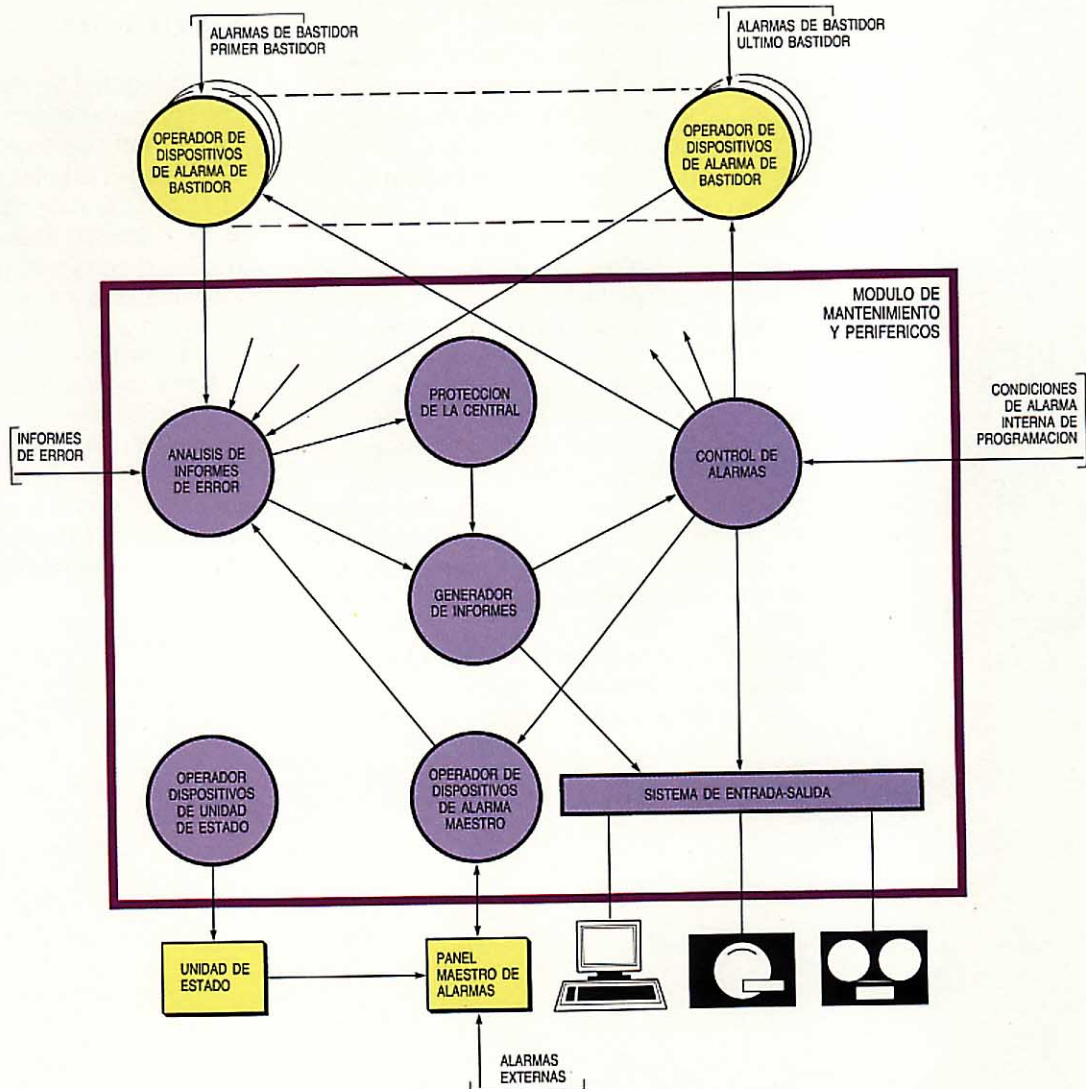
Las pruebas pueden clasificarse en tres categorías, cada una con sus propios mecanismos de control:

- pruebas de diagnóstico
- pruebas rutinarias
- pruebas de auditoría.

Los módulos de programas de control inician la carga y sucesión de los segmentos de prueba, asignan recursos y compilan informes detallados de fallos. En caso necesario, los gestores de recursos asignan dispositivos especiales (unidad de acceso a pruebas, módulo de prueba de enlaces).

Todos los informes de salida se envían al generador de informes, donde se pueden imprimir, presentar en pantalla o almacenar en un archivo histórico en disco.

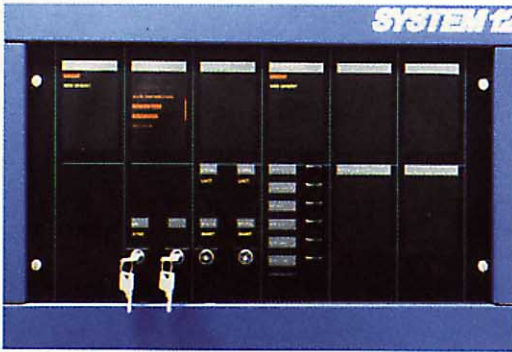
El control de las pruebas de diagnóstico es parte de la cadena de protección, ya que dichas pruebas sólo pueden realizarse en bloques de seguridad fuera de servicio. El control de las pruebas rutinarias y el de las



**Figura 5**  
Generación de informes y alarmas.



Panel de alarmas maestro para mantenimiento del Sistema 12.



pruebas de auditoría se relacionan con la protección de la central, bien directamente, o bien a través del módulo de análisis de informes de error para provocar una acción de *verificación*.

#### *Generación de informes y alarmas (figura 5)*

Todos los informes de mantenimiento se hacen pasar por un módulo central, el generador de informes, el cual asigna dispositivos de entrada/salida a los tipos de informe de error y registra los resultados de la prueba en archivos históricos. Un interfaz de operador permite cambiar tal asignación y visualizar los archivos históricos. Los informes de acción se llevan desde el generador de informes al módulo de control de alarmas, donde son clasificados con una indicación de la urgencia de la alarma asociada con la acción de protección, antes de pasar al sistema de entrada/salida.

Dos elementos de control por bastidor hacen una exploración rápida y continua de los puntos de alarma. Cualquier transición de alarma (activación o desactivación) se notifica al operador de errores local. Se realiza luego el análisis normal de fallos, el cual puede provocar acciones protectoras en elementos de control o bloques de seguridad que, a su vez, obliguen a generar informes de acción. Todos los informes de alarma se hacen pasar por un módulo de control, que guarda un registro de las mismas (p. ej., causas por las que está activado un indicador de alarma), emite órdenes que excitan los indicadores de alarmas maestro y de bastidor, y proporciona mecanismos

para la escalada de niveles de alarma (varias alarmas no urgentes que provocan una urgente).

Los informes de alarmas operan fiablemente en todas las circunstancias. Cada informe sobre activación/desactivación se repite periódicamente por los operadores de dispositivos de alarma, hasta que se actualiza el registro de control de alarmas. La consistencia entre indicadores y registros de alarma está garantizada en todo momento por la auditoría de registros, realizada siempre que se notifica una alarma. Los registros de alarma se guardan en disco, a fin de que sobrevivan al fallo de cualquier elemento de control.

Para recuperar de un fallo total al módulo de mantenimiento y periféricos, se le conecta una "unidad de estado" externa basada en un dispositivo comprobador de consistencia, a través de su bus de módulos de alta velocidad. Si no se accede a dicha unidad de estado durante un periodo preestablecido, se genera una alarma especial de fallo doble en el panel maestro, inhibiéndose todas las demás alarmas.

#### **Conclusiones**

El subsistema de mantenimiento ofrece los elevados niveles de calidad, fiabilidad y flexibilidad que son característicos del Sistema 12. Se han extraído todas las ventajas de la arquitectura modular distribuida para conseguir que el Sistema 12 sea mucho menos susceptible a los efectos de los fallos que los anteriores sistemas de conmutación telefónica, reduciendo al mismo tiempo su complejidad global.

Unos mecanismos sencillos centralizados, con elementos de control que se comunican a través de los interfaces normalizados del Sistema 12, proporcionan un medio adecuado para una eficaz operación de la central, simplificando así la supervisión diaria con una intervención manual mínima.

#### **Referencia**

- 1 R. Mauger: Sistema 12: Arquitectura para el cambio: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 35-42 (en este número).



## Sistema 12

# Pruebas de campo RDSI en las redes belga, italiana y española

Las pruebas de campo en diversos países de configuraciones RDSI del Sistema 12, están ratificando la aptitud de la arquitectura de control distribuido para la integración de servicios. Al mismo tiempo se está adquiriendo una valiosa experiencia, que ayudará a ITT y a las administraciones participantes a implantar redes RDSI comerciales en fecha próxima.

### **F. Haerens**

Bell Telephone Manufacturing Company,  
Amberes, Bélgica

### **B. Rossi**

FACE Research Center, Milán, Italia

### **J. Serrano**

Standard Eléctrica SA, Madrid, España

## Introducción

Se acepta casi universalmente que el progreso futuro exige la evolución de la red telefónica actual (analógica en su mayor parte) hacia una red digital integrada, que a su vez se transformará en red digital de servicios integrados, capaz de tratar con igual facilidad servicios telefónicos y no telefónicos. Esta evolución se basa en mejoras de la tecnología digital y de los dispositivos VLSI. Como se explica en otro lugar, la central digital Sistema 12 de ITT facilita la integración de los servicios existentes y nuevos, manejando exactamente igual todo tipo de información digitalizada (voz digital, datos). Por todo ello, el Sistema 12 es idóneo para una futura RDSI, y puede aprovechar al máximo las tendencias evolutivas señaladas pasando directamente de la actual red analógica a una RDSI, siempre que pueda convenir ahorrarse la etapa de red digital integrada.

A pesar de los numerosos debates sobre RDSI mantenidos en la comunidad mundial de telecomunicación, y de las normas que estudia el CCITT para su implantación, muy poco se ha avanzado todavía para demostrar su factibilidad. ITT, destacado promotor de la RDSI, ha decidido realizar pruebas de campo de RDSI en cooperación con algunas administraciones de telecomunicación europeas. Con ellas se pretende probar que la RDSI es realizable en un futuro próximo, demostrar que la central digital

Sistema 12 encaja bien dentro de una RDSI, y adquirir experiencia de campo que sirva de base para la instalación de RDSI nacionales. Están ya planificadas o en realización pruebas de campo en la República Federal de Alemania<sup>1</sup>, Bélgica, Italia y España.

## Objetivos de las pruebas de campo

Las tres asociadas de ITT en Bélgica, Italia y España, han desarrollado conjuntamente una configuración para pruebas de campo basada en la central digital Sistema 12, que se llevará a la práctica de acuerdo con las administraciones telefónicas de estos países. Incluso antes de empezar las pruebas, a ITT le interesa mucho cooperar con dichas administraciones, tanto individualmente a nivel nacional como internacionalmente con el CCITT, con el fin de acordar las especificaciones para normalización de los interfaces, protocolos y servicios. Un objetivo inicial de las pruebas de campo será, pues, evaluar tales normas y ver qué modificaciones necesitarán para aplicarse a una RDSI real. Al mismo tiempo, la prueba de campo proporcionará experiencia a las administraciones sobre la aplicación de normas internacionales a sus redes propias.

Un segundo objetivo será demostrar que el Sistema 12 admite mejoras de los servicios, introducción de otros nuevos e incorporación de tecnología avanzada sin modificaciones en la estructura básica.



En tercer lugar, las pruebas de campo estimularán la demanda de nuevos servicios y facilidades, presentando a los abonados potenciales la gama de servicios que permiten las conexiones digitales.

Los resultados de las pruebas de campo realimentarán los centros de diseño del Sistema 12, a fin de evaluar el comportamiento de las centrales cursando tráfico real en RDSI. Se realizarán luego los pequeños cambios que sean necesarios, de modo que el diseño final y la fabricación de los diversos componentes VLSI a medida estén preparados para la introducción a gran escala de RDSI en las redes nacionales.

### Pruebas de campo de RDSI

#### Bélgica

En Bélgica la RTT (Regie van Telegrafie en Telefonie) y BTM (Bell Telephone Manufacturing Company) han proyectado conjuntamente una prueba de campo RDSI, que cubrirá la integración de los servicios de voz y datos, tales como telefonía (analógica y digital), teletex, facsímil y videotex. A finales de 1984, se experimentan las funciones de tratamiento de llamadas en conmutación de circuitos y de paquetes en la central local de Marie-Henriette, en Namur. Seguidamente esta central y la de Brecht en Amberes serán utilizadas para demostrar conexiones RDSI por conmutación de circuitos y de paquetes a la red belga de señalización por canal común CCITT n.º. 7, y a la red de conmutación de paquetes belga a través de enlaces X.75.

#### Italia

La compañía italiana de explotación telefónica SIP (Società Italiana per l'Esercizio Telefonico) y el Centro de Investigación de FACE se han unido para proyectar el modelo actual de pruebas de campo de RDSI en Bolonia Pallone. La prueba abarca la integración de voz y datos, con servicios tales como telefonía, teletex, facsímil, videotex y ordenadores personales, todo ello atendido por la central de RDSI Sistema 12, instalada por FACE en Bolonia, la cual se ve así potenciada.

#### España

Un grupo de trabajo formado entre la Compañía Telefónica Nacional de España (CTNE) y Standard Eléctrica, ha acordado establecer una prueba de campo de RDSI basada en la central Sistema 12 de Diana. Esta central integrará el servicio telefónico analógico con voz digital, teletex, facsímil grupo 3 y ordenadores personales. Incluirá conmutación de circuitos para llamadas locales, entrantes y salientes, además de conmutación de paquetes para llamadas locales. Según el plan, la prueba se iniciará en julio de 1985.

Actualmente CTNE y Standard Eléctrica analizan la ampliación de estas pruebas iniciales para cubrir otros servicios y la conexión a la red española de conmutación de paquetes IBERPAC. En paralelo se desarrollan estudios para determinar la estrategia óptima de introducción de RDSI en la red española.

### Digitalización del bucle del abonado

Actualmente, cuando un teléfono de abonado se conecta a una central digital, la señal de voz analógica debe ser convertida a digital para poder ser conmutada por la central. En muchos tipos de central, esta conversión analógico-digital se realiza mediante un codec (codificador-decodificador) por cada línea de abonado. Sin embargo, si se transfiere el codec a la instalación de abonado y se establece un sistema de transmisión digital entre éste y la central, la línea de abonado se puede digitalizar, transportando voz y cualquier clase de datos sobre uno o más canales de 64 kbit s<sup>-1</sup>. El CCITT recomienda un acceso básico a 144 kbit s<sup>-1</sup>, formado por dos canales B de 64 kbit s<sup>-1</sup> y un canal D de 16 kbit s<sup>-1</sup>, como la velocidad más alta posible en los pares telefónicos estándar que se utilizan ya en hogares y oficinas de los abonados.

Se han evaluado dos técnicas principales de transmisión: el método de ráfagas (o ping-pong) y la híbrida digital con compensador de eco. La última ha demostrado comportarse mejor y probablemente será la solución recomendada, aunque no se pretende emitir normas internacionales para el

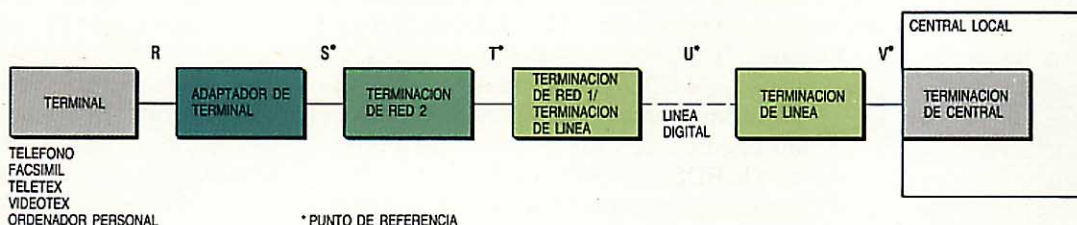
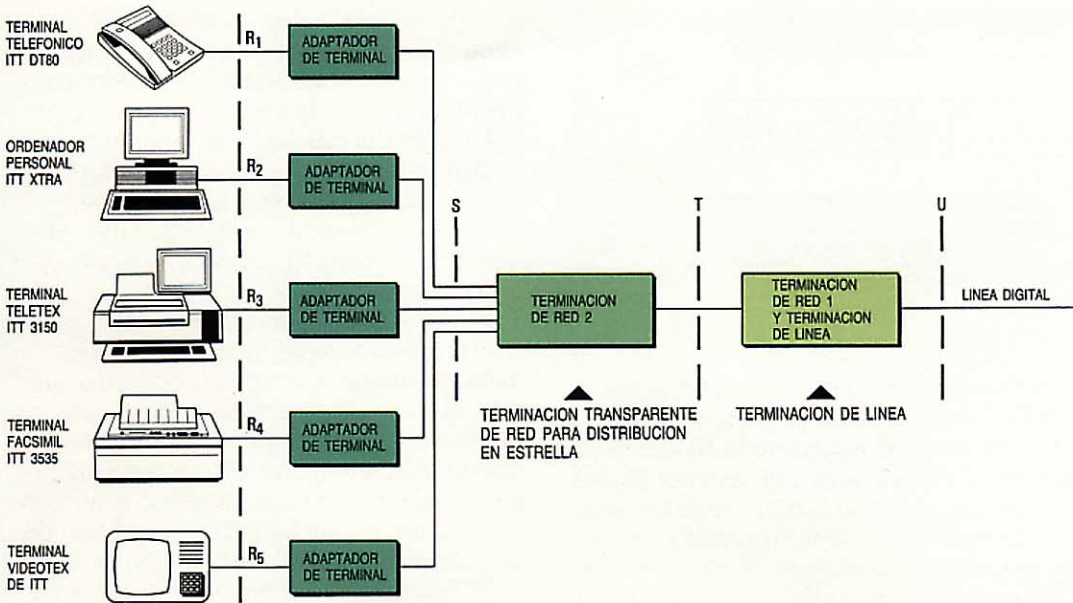


Figura 1  
Configuración de referencia para el acceso a RDSI.





**Figura 2**  
Diagrama de bloques  
de la instalación del  
usuario.

sistema de transmisión entre abonado y central (punto de referencia U).

En todas las pruebas de campo de RDSI examinadas aquí, se utiliza híbrida digital autoadaptativa con compensación de eco. Colaborando con sus administraciones nacionales, FACE y BTM han realizado estudios extensos de esta técnica, cuyos resultados demuestran un excelente comportamiento en lo que respecta a distancia, calidad de transmisión, tasa de errores de bits y recuperación del sincronismo. En consecuencia, se está ya diseñando una versión en VLSI.

La transmisión por los bucles de abonado digital utiliza los dos canales B y el canal D recomendados por el CCITT. El código 3B/2T adoptado permite reducir la velocidad total en el bucle a  $104 \text{ k-símbolos s}^{-1}$  (96 k-símbolos llevan información, y los otros 8 son para servicio interno y sincronización).

## Interfaces

La figura 1 muestra la configuración básica de referencia para acceso a la RDSI. Los puntos de referencia S, T, U y V (indicados por el CCITT) separan las funciones localizadas en los terminales, adaptadores de terminales, y terminaciones de red NT 1 y NT2. Esta agrupación funcional se define de acuerdo con la estructura en niveles del modelo de referencia OSI.

El interfaz R entre el terminal y su adaptador no se considera un punto de referencia, ya que el adaptador es una solución provisional para interconectar terminales ya disponibles a la RDSI. En el estado final, cuando todas las recomendaciones se

hayan finalizado, el adaptador emigrará al terminal RDSI, que entonces se conectará al mundo exterior a través del interfaz de referencia S.

La terminación de red NT 1 contiene las funciones pertenecientes al nivel 1 (físico), esto es, las funciones de transmisión en línea, temporizaciones y multiplexación en el nivel 1. La terminación de red NT 2 incluye las funciones referentes a los niveles 2 y 3 del modelo de referencia OSI; la NT2 permite también controlar una red de área local. Es posible que sólo estén presentes algunas de las funciones de NT 2 (p. ej., el nivel 2), o ninguna en absoluto, en cuyo caso la terminación de red se denomina "transparente". La red de área local puede ser del tipo anillo, estrella o bus, y atenderá a cierto número de terminales distintos con independencia del grado de inteligencia de la terminación de red.

La figura 2 muestra la instalación de usuario final realizada en los modelos de pruebas de campo. Cada usuario digital tendrá varios terminales conectados a través de un adaptador a la terminación de red transparente. La principal misión de los adaptadores de terminal es la traducción de los interfaces de los terminales ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  y  $R_5$ ) al interfaz S común. La realización de los interfaces S y T no cumple necesariamente las normas CCITT actuales o futuras, ya que para poder comenzar el desarrollo, se acordó congelar la especificación en noviembre de 1982, tomando como base de trabajo las recomendaciones emitidas hasta aquel momento.

La terminación de línea del lado de la central y la que va con NT 1 en el área del usuario, desempeñan las mismas funciones de transmisión para la línea digital. Así



**Figura 3**  
Pleno uso del campo de dirección A.



como la terminación de línea/NT 1 se integrará físicamente en la NT 2 (cuando se haya desarrollado el circuito VLSI a medida correspondiente), será probablemente más económico conjuntar la función de terminación de central y la de terminación de línea en un circuito integrado de línea digital, de forma que no haya interfaz físico en el punto de referencia V. El interfaz físico T siempre será accesible, tanto si el sistema de transmisión está integrado en el terminal como si lo está en NT 2.

Se podrán usar distintos interfaces y estructuras de canal para los puntos de referencia S, T y U. Los dos más importantes son el acceso básico y los canales de velocidad primaria (anteriormente llamados de acceso extendido).

**Acceso básico**

El acceso básico consiste en dos canales B de 64 kbit s<sup>-1</sup> y un canal D de 16 kbit s<sup>-1</sup>, que en conjunto forman el interfaz 2B-D con una velocidad total de usuario de 144 kbit s<sup>-1</sup>. Los dos canales B son independientes, lo que permite su empleo simultáneo para diferentes servicios. El canal D

transporta señalización entre el usuario y la central, pero también puede llevar datos en paquetes (información de tipo *p*) y telemetría (información de tipo *t*).

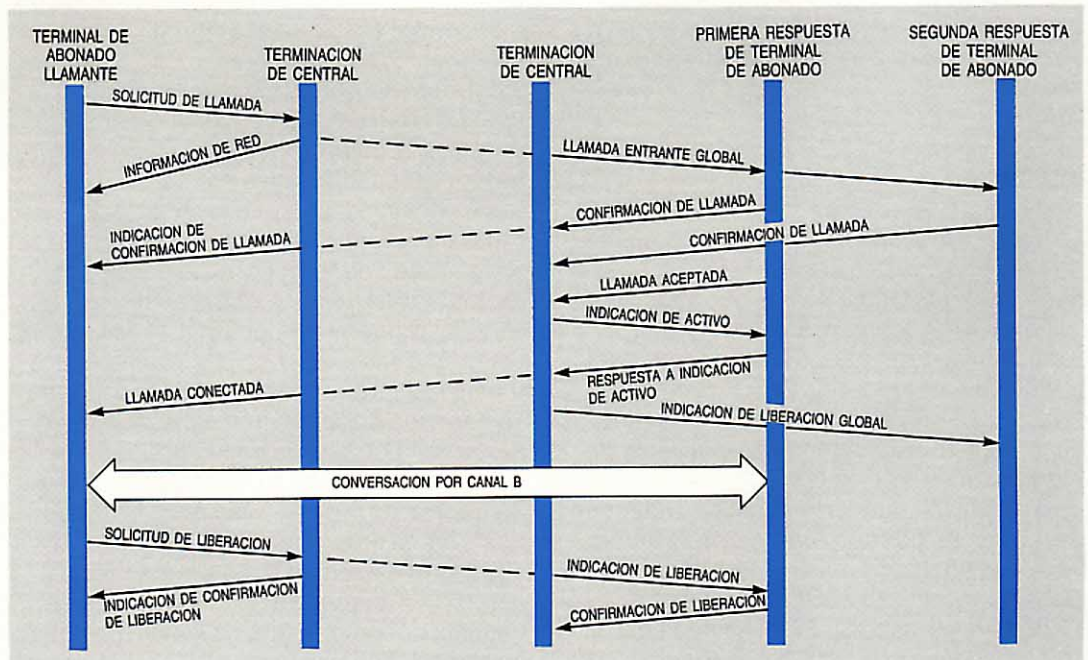
A través del interfaz S se tendrán que realizar otras funciones como: sincronización de bitio y de octeto, alimentación, activación y desactivación, solicitud y permiso para acceder al canal D, o para ocupar uno de los canales B.

Mientras que los canales B son asignados a un terminal durante toda la llamada (es decir, se utilizan en conmutación de circuitos), el canal D es compartido por todos los terminales activos (en modo de conmutación de paquetes). Por ello es preciso arbitrar un mecanismo que garantice el acceso a los canales D sin conflicto (resolución de pugnas en el nivel 7). Recientemente el CCITT ha elegido un método basado en la exploración previa del canal; las pruebas de campo siguen un procedimiento similar a partir de un algoritmo de solicitud/acuse de recibo.

**Señalización**

El canal D transporta toda la información de señalización entre el usuario y la red, con las funciones de señalización estructuradas de acuerdo con el modelo de referencia OSI (hasta el nivel de red):

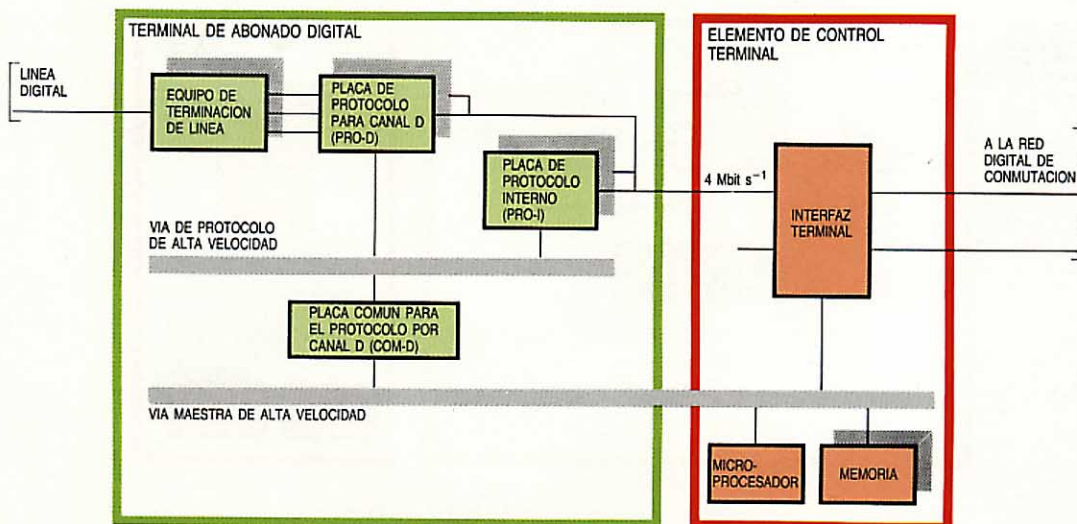
- Funciones de nivel 1, tal como se han descrito anteriormente.
- El nivel 2 del protocolo de acceso a línea por el canal D (LAP-D) se basa en el LAP-B de la Recomendación X.25,



**Figura 4**  
Ejemplo de procedimientos de establecimiento y liberación de llamada telefónica.



**Figura 5**  
Módulo de abonados digitales utilizado en la prueba de campo de RDSI.



ampliado con los procedimientos que requiere la aplicación de RDSI. La diferencia más importante, mostrada en la figura 3, es la plena utilización del campo A de dirección. La ampliación del campo A es consecuencia de la operación punto-multipunto de la RDSI (el X.25 es sólo punto a punto).

El identificador del enlace lógico definido en el campo de dirección del nivel 2 consta de un identificador del extremo terminal, el cual determina el extremo físico (un terminal específico entre los que están equipados), y un identificador de clase que distingue entre los protocolos de acceso a línea con características diferentes (p. ej., un protocolo para información *s* y uno para información *p*).

Los procedimientos de nivel 3 se basan también en el X.25, utilizando mensajes tales como *solicitud de llamada*, y *llamada conectada*. Como se aprecia en la figura 4, los procedimientos de nivel 3 se amplían con otros mensajes, como *información de red* e *indicación de activo*, que contienen parámetros adicionales y diversas indicaciones de servicio.

El protocolo implantado en las pruebas de campo atiende a todos los principios básicos tratados en los grupos internacionales de normalización. Actualmente se está diseñando el protocolo de modo que responda plenamente a las recomendaciones Q.920 y Q.930 del CCITT, así como a los requisitos de conmutación de banda ampliada.

### Módulos de central

Se pueden añadir fácilmente nuevos servicios a la central digital Sistema 12, equipando módulos dedicados a los servicios que se van a implantar. Las centrales de

RDSI utilizadas para las pruebas de campo incorporan dos importantes módulos nuevos, el módulo de abonados digitales y el módulo de conmutación de paquetes. La integración de las facilidades de RDSI conlleva dos importantes problemas: el manejo de bucles de abonado digital (con su protocolo LAP-D) y el manejo de terminales de paquetes CCITT X.25.

### Módulo de abonados digitales

El módulo de abonados digitales (Fig. 5) se conecta directamente a las líneas digitales de 144 kbit s<sup>-1</sup>. Cada línea digital (dos canales B y un canal D) tiene el soporte de una PRO-D (placa de protocolo D) cuya función primaria es separar el canal D de los B, ya que su tratamiento es diferente.

Las principales características del módulo de abonados digitales son:

- Las funciones de nivel 1 son enteramente atendidas por la terminación de línea.
- Las funciones de nivel 2 del protocolo de canal D son controladas por la placa PRO-D, incluyendo multiplexación y demultiplexación dinámica de llamadas de datos, recuperación de errores, retransmisión y procedimientos punto a multipunto para configuraciones multiterminal.
- Los canales B se asignan a intervalos internos de tiempo mediante la placa PRO-D. Fuera de esta asignación, los canales B se manejan con total transparencia.
- La placa común COM-D actúa como un conmutador funcional para la información en el canal D; la información de tipo *s* (la información de señalización de nivel 3) se envía al elemento de control terminal para su posterior proceso, mientras que la de tipo *p* (información de datos empaquetados) se envía al módulo de destino



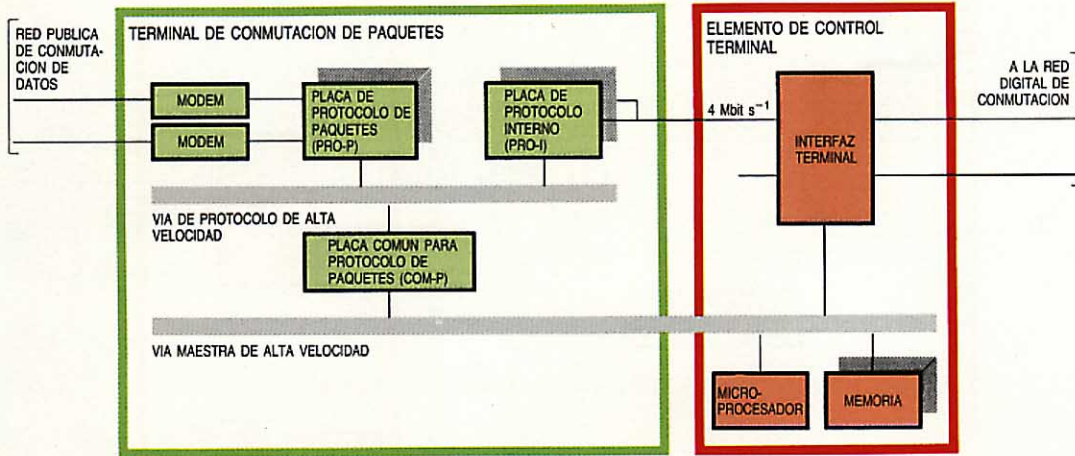


Figura 6  
Módulo de conmutación de paquetes utilizado en la prueba de campo de RDSI.

a través de la PRO-I (placa de protocolo interno).

- Las funciones de nivel 2 del protocolo interno, como multiplexación y demultiplexación de datos y señalización en los enlaces internos, son realizadas por la PRO-I.
- Las funciones del nivel 3 (p. ej. control de llamadas) para telefonía y otros servicios de conmutación de circuitos son realizadas por el elemento de control terminal.

**Módulo de conmutación de paquetes**

El módulo de conmutación de paquetes ha sido desarrollado para manejar terminales X.25, y se puede considerar como una puerta de acceso entre la RDSI y la red de datos por conmutación de paquetes. El desarrollo de este módulo se ha dividido en dos etapas; en la primera, que consiste en las pruebas de campo, sólo se permiten las funciones locales de conmutación de paquetes. La segunda etapa prevé la conexión (utilizando protocolo X.75) a las redes especializadas de conmutación de paquetes.

El módulo de abonados digitales y el módulo de conmutación de paquetes tienen el mismo equipo (las placas PRO-I, PRO-D, PRO-P y COM son idénticas). Las distintas

funciones que resuelven dependen del programa permanente grabado en la memoria de sólo lectura.

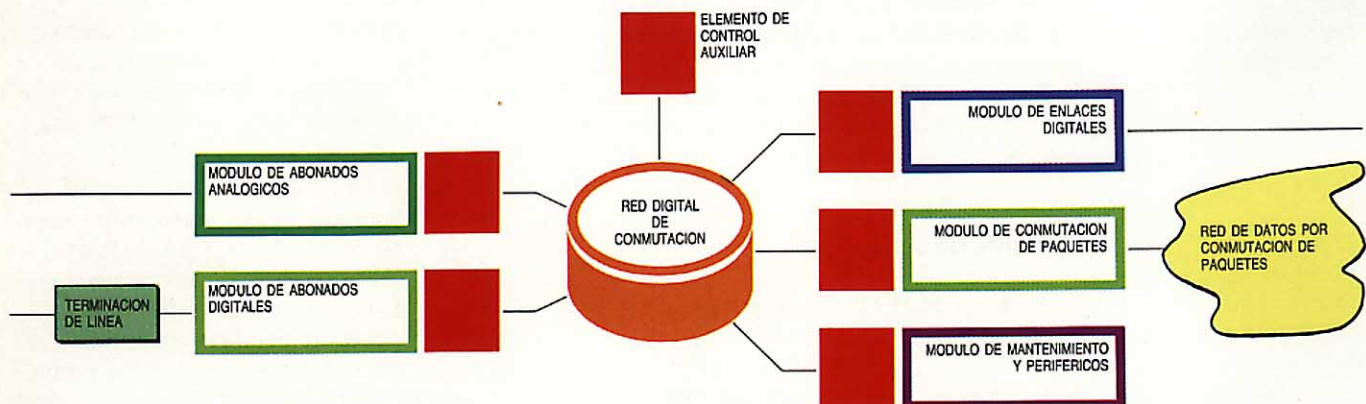
La figura 6 es un diagrama de bloques del módulo de conmutación de paquetes, cuyas funciones principales son:

- Funciones de nivel 2 del protocolo interno (p. ej., multiplexación y demultiplexación de datos y señalización en los enlaces internos) y funciones de nivel 2 del protocolo X.25, realizadas en la placa PRO-I.
- Funciones de nivel 3 para terminales con interfaz X.25, como los terminales teletex, que se realizan en el elemento de control terminal.
- Adaptación de velocidad para terminales de baja velocidad, y tarificación para llamadas de paquetes, ambas realizadas en el elemento de control terminal.

**Configuración de las pruebas de campo**

Las tres pruebas de campo se basan en modificaciones al núcleo básico diseñado conjuntamente por FACE, BTM y SESA. La primera de estas pruebas, considerada la primera prueba mundial de RDSI, se expuso

Figura 7  
Configuración del Sistema 12 en las pruebas de campo RDSI.





**Configuración de la prueba de campo de RDSI en la central digital Sistema 12 de Bolonia. De arriba a abajo las fotografías corresponden a: central digital Sistema 12; aparato telefónico digital y adaptador de terminal; instalación típica de abonado (teletex ITT 3150, facsímil ITT 3535, y teléfono digital).**

en 1984, durante el Simposio Internacional de Conmutación en Florencia, utilizando la central Sistema 12 instalada para SIP en Bolonia.

La figura 7 muestra la configuración de las centrales de la prueba de campo de RDSI. Cuatro abonados están conectados a dos módulos de abonados digitales. Cada abonado dispondrá de cierto número de terminales enlazados a través de un adaptador a la terminación de red.

En las pruebas de campo de RDSI se utilizan los siguientes terminales:

- teléfono digital Cyrrus DT80\*
- terminal teletex ITT 3150 con interfaz X.25 y 2,4 kbit s<sup>-1</sup> de velocidad de usuario neta
- terminal facsímil ITT 3535 con interfaz V.24/V.25 y velocidad neta de 9,6 kbit s<sup>-1</sup>
- ordenador personal ITT XTRA\* con interfaz RS232C y una velocidad neta de usuario de 9,6 kbit s<sup>-1</sup>.

El teléfono digital puede utilizarse para llamadas, tanto locales como interurbanas, a la red analógica.

Con los terminales de datos y de teletex sólo pueden establecerse conexiones locales en la primera fase de la prueba. Pueden hacerse conexiones de teletex en los canales B o D, así como interconexiones entre un canal B y otro D. En este caso el módulo de conmutación de paquetes proporciona conmutación de paquetes local y adaptación de velocidad entre los canales, lo cual es necesario, ya que el canal B se conmuta por circuitos y su ancho de banda de 64 kbit s<sup>-1</sup> se asigna enteramente a un terminal activo. El canal D, sin embargo, se conmuta por paquetes y su ancho de banda de 16 kbit s<sup>-1</sup> se comparte entre un número diverso de terminales.

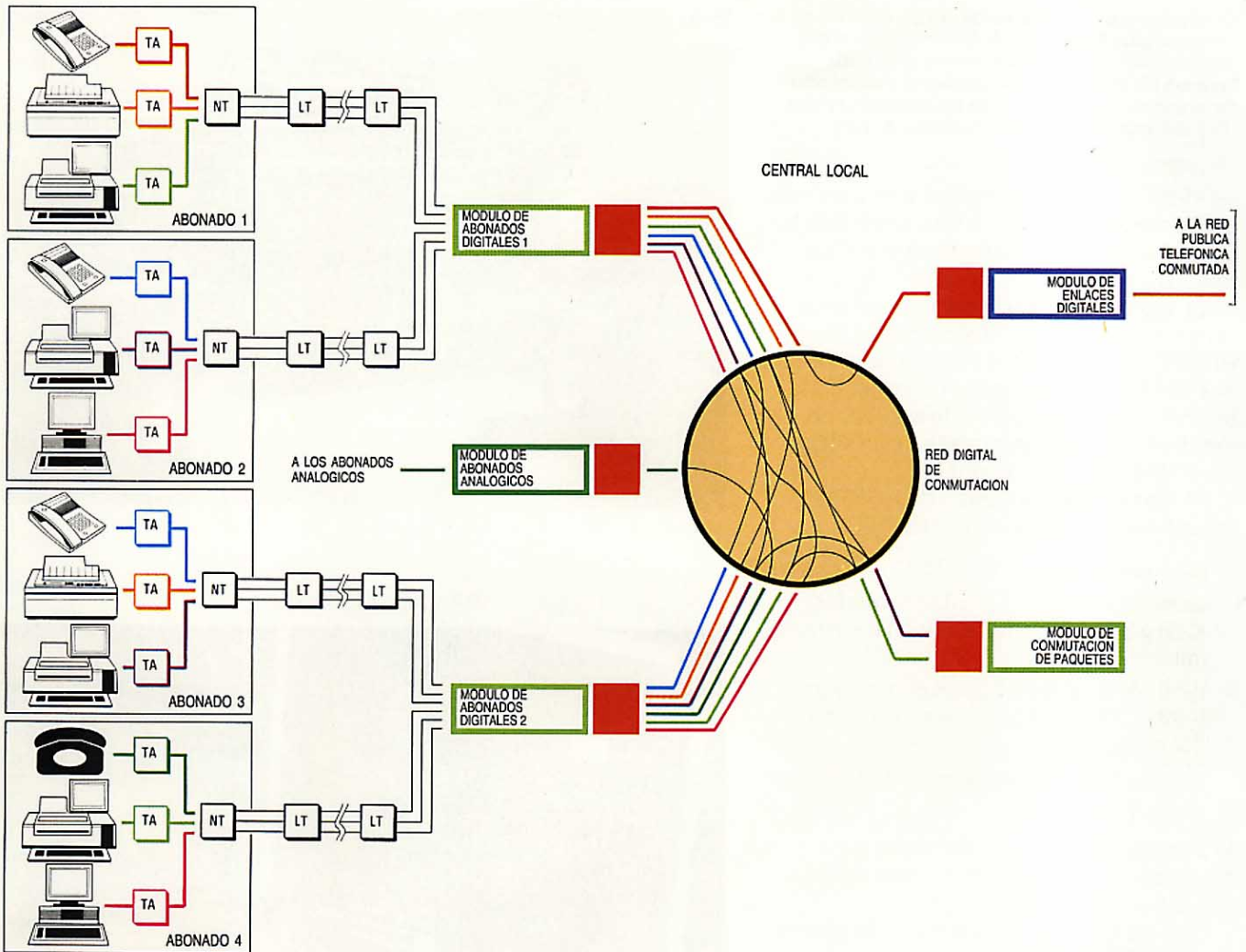
El teléfono digital, el terminal facsímil y el ordenador personal son todos conmutados por circuitos, por lo que podrán acceder a uno u otro de los canales B, dependiendo de su disponibilidad. No se permite la operación simultánea de dos terminales sobre el mismo canal B, pero sí pueden ser tomados a la vez dos canales B por dos terminales diferentes de cualquier tipo. La señalización de todos los terminales va siempre sobre el canal D.

El terminal teletex se conmuta por paquetes, y por ello necesita conectarse al módulo



\* Marca registrada del Sistema ITT





**Figura 8**  
Tipos de llamadas realizadas en la configuración de pruebas de campo de Bolonia.  
LT - terminación de línea  
NT - terminación de red  
TA - adaptador de terminal.

de conmutación de paquetes para atender las funciones del nivel 3 (control de llamadas). La conexión a través de un canal B requiere que el terminal inicie un acceso en modo de línea directa por el canal D (conforme al protocolo LAP-D) al referido módulo; una vez establecido el enlace, el terminal está conectado transparentemente a través del adaptador de terminal al módulo de conmutación de paquetes.

En la conexión a través del canal D, este canal maneja tanto la señalización como los datos de acuerdo con el protocolo de la RDSI. Establecido ya el enlace al módulo de conmutación de paquetes, el terminal queda conectado a dicho módulo a través del adaptador de terminal y del módulo de abonados digitales que realiza las funciones de nivel 2 (multiplexación y demultiplexación).

### Tipos de llamada

Los conceptos básicos de la RDSI descritos en este artículo fueron demostrados

durante las pruebas de campo de Bolonia. Se hicieron llamadas de servicios no telefónicos por el bucle de abonado digital, que fueron cursadas por la central RDSI del Sistema 12, confirmando así la posibilidad de establecer llamadas simultáneas sobre el mismo par telefónico. La figura 8 muestra los tipos de llamadas que se realizaron dentro del ámbito de estas pruebas de campo:

1. *Llamada de teléfono digital a teléfono digital* entre abonados 2 y 3. En ambos casos el teléfono digital toma un canal B disponible.
2. *Llamada saliente* del abonado 1, que quiere acceder al mundo externo. El teléfono digital toma un canal B disponible.
3. *Llamada de facsímil* entre el abonado 1 y el abonado 3; en ambos extremos el terminal de facsímil utiliza el canal B que no estaba ocupado todavía en las llamadas 1 y 2.
4. *Llamada entrante* de un abonado analógico al abonado 4; de nuevo el abonado



digital puede tomar uno de los canales B disponibles.

5. *Llamada de ordenador personal a ordenador personal* entre los abonados 2 y 4. Los dos ordenadores personales sólo pueden tomar el canal B que no esté ya ocupado en las llamadas 4 y 1.
6. *Llamada teletex a teletex* entre los abonados 1 y 4.
7. *Llamada teletex a teletex* entre los abonados 2 y 3.

Las llamadas 6 y 7 son por conmutación de paquetes; en el bucle local digital los datos son transportados en el canal D, mientras que la conmutación se realiza en el módulo de paquetes.

Por razones de claridad, todos los terminales teletex se muestran activos en el canal D, sin embargo esto no es obligado. Un terminal de paquetes puede utilizar el canal B o el canal D, aunque en el primer caso otros terminales no podrían tomar el mismo canal B. Por el contrario, al canal D pueden acceder varios terminales de paquetes mediante técnicas lógicas de multiplexación de canal. Hay implantado un algoritmo dinámico para la asignación de canal dentro de la central, optimizando así el uso de los recursos (canales) en el bucle de abonado.

## El futuro

En la segunda fase, el modelo de prueba de campo de RDSI permitirá el acceso a redes especializadas de conmutación de paquetes y a redes de señalización por canal común CCITT nº 7, además de la integración de nuevos servicios como el videotex.

## Conclusiones

Gracias a la valiosa experiencia adquirida por ITT y las administraciones en la planificación y realización de pruebas de campo de RDSI a base de centrales Sistema 12, podrán implantarse RDSI a escala nacional. En la evolución de la RDSI son etapas esenciales las pruebas de acceso a redes de conmutación de paquetes y de señalización CCITT nº 7.

Ya en el momento actual, estas experiencias de campo han demostrado la eficacia de la arquitectura del Sistema 12 en la conmutación de servicios telefónicos y de otros tipos en el contexto de una RDSI.

## Referencia

- 1 D. Becker y H. May: Sistema 12: Servicio piloto RDSI de la Administración alemana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 98-104 (en este número).



# Sistema 12

## Servicio piloto RDSI de la Administración alemana

Como avance importante hacia la consecución de una RDSI completa, el Deutsche Bundespost y los suministradores alemanes de telecomunicación realizarán un servicio piloto con el fin de adquirir experiencia en las nuevas tecnologías y servicios. Una de las pruebas se basará en una central Sistema 12, equipada con módulos digitales multiservicio y módulos de señalización por canal común.

**D. Becker**

**H. May**

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

### Introducción

Durante los últimos cinco años la Administración alemana (DBP) ha planificado exhaustivamente la digitalización de la red telefónica alemana, incluyendo pruebas de campo de líneas digitales de abonado<sup>1</sup>, introducción de las centrales digitales del Sistema 12 y la evolución hacia RDSI. En relación con esto último el DBP decidió realizar un servicio piloto RDSI con el que ellos mismos, sus suministradores y los usuarios potenciales, pudieran adquirir experiencia en las nuevas facilidades antes de introducir una RDSI a escala total. Durante la primera mitad de 1983 se redactaron especificaciones completas, y al final del año el DBP solicitó propuestas para dicho servicio.

### Concepto del servicio piloto

Como consecuencia del éxito del Sistema 12 en la prueba de centrales digitales

por el DBP, Standard Elektrik Lorenz (SEL) fue una de las dos compañías a las que se solicitaron propuestas para un servicio piloto: a SEL sobre una RDSI piloto en Stuttgart, y a la otra compañía sobre otra RDSI en Mannheim. Cada servicio piloto estará equipado con 400 accesos básicos RDSI. Los objetivos del DBP son adquirir experiencia técnica y de explotación, así como información para normalizar los componentes y protocolos que se utilizarán para transmisión y conmutación digital dentro de la RDSI. La figura 1 ilustra estos componentes y protocolos.

La iniciación del servicio piloto se prevé para diciembre de 1986. Durante los dos años siguientes se conectará a las centrales piloto equipo adicional de transmisión y terminales de varios suministradores para comprobar su compatibilidad; también se les añadirán módulos de señalización por canal común. A partir de 1988, se introducirá equipo RDSI de forma regular en la red, de tal modo que en pocos años se haya extendido la RDSI por toda Alemania<sup>2</sup>.

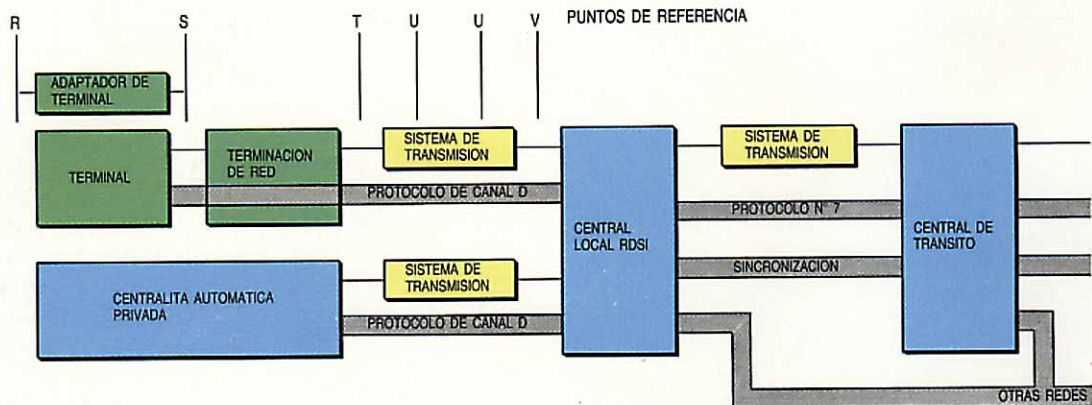
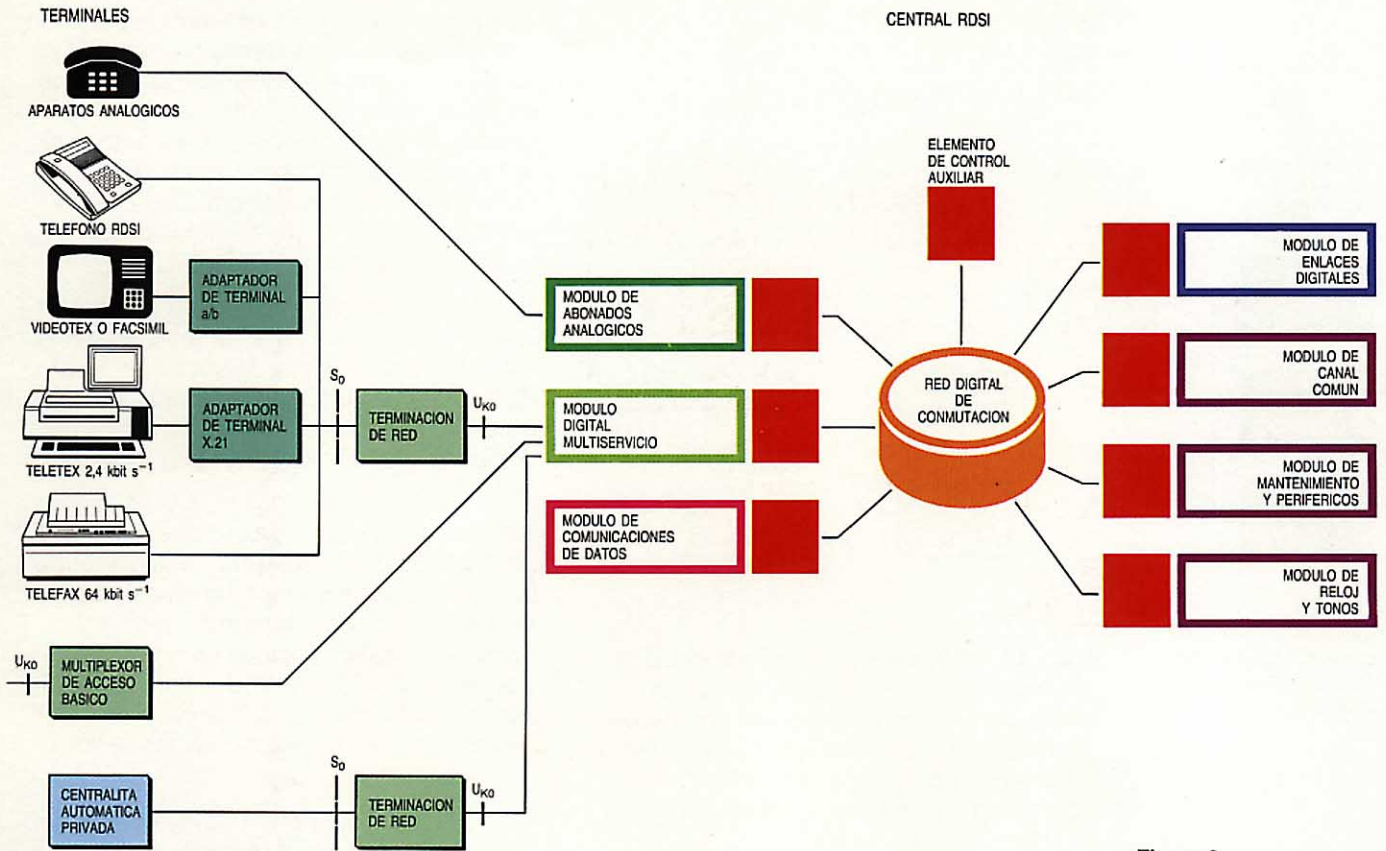


Figura 1  
Componentes y protocolos que serán probados en el servicio piloto RDSI.





**Figura 2**  
Configuración del servicio piloto RDSI del Deutsche Bundespost basada en la estructura de una central digital local del Sistema 12.

La figura 2 muestra el equipo a desarrollar para el plan piloto. Los servicios que han de incluirse son: telefonía, facsímil a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , y servicios de transporte a través del interfaz S. Se equiparán adaptadores de terminal para el protocolo CCITT X.21 y para un interfaz analógico, ofreciendo además las facilidades que enumera la tabla 1.

**Especificación del servicio piloto**

Un objetivo importante, tanto de la Administración como de los suministradores de telecomunicación, fue seguir lo más fielmente posible las últimas normas internacionales, en especial las de las Comisiones de Estudio VII, XI y XVIII del CCITT. En la fase de especificación, de enero a junio de 1983, se ampliaron las propuestas del CCITT con opciones seleccionadas. En una segunda fase, entre noviembre de 1983 y junio de 1984, estos documentos se actualizaron según las últimas normas del CCITT. Como resultado de un cumplimiento tan estricto de las normas internacionales, la mayor parte del equipo desarrollado para el servicio piloto podrá utilizarse sin cambios de importancia en una RDSI total.

Las especificaciones cubren los siguientes aspectos principales (Fig. 3):

*Interfaz  $S_0$  (interfaz de abonado)*, que permite las configuraciones de bus pasivo o de

estrella con cable de cobre de 4 hilos; cumple totalmente la Recomendación I.430 del CCITT. Al bus pueden conectarse hasta ocho terminales.

*Interfaz de central  $U_{ko}$* , que incluye los parámetros físicos y lógicos del nivel 1 para el bucle de abonado. Comprende la transmisión dúplex de dos canales B y un canal D sobre un par de cobre estándar con compensación de eco. Se utiliza código en línea

**Tabla 1 — Servicios y facilidades RDSI en el servicio piloto**

Operación multiservicio
Cambio de servicio durante una conexión
Cambio de dispositivo durante una conexión
Marcación abreviada
Servicios de redireccionamiento
Llamada en espera
Servicio de prohibición de llamadas
Servicio de reposo telefónico
Selección directa de extensiones
Llamada de alarma
Visualización de la tasación de la llamada durante la conexión
Información escrita a través del canal D (ej., bloqueo en la red, abonado ocupado)
Locuciones generales
Identificación de llamada maliciosa
Visualización del número llamado



des de servicio en la central. Merced al canal D y a un visualizador, el abonado puede utilizar de manera fácil y cómoda las facilidades avanzadas de la RDSI.

El terminal facsímil, que opera a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , cumple todas las recomendaciones del CCITT sobre facsímil del grupo 4. El tiempo de transmisión de una página A4 es menor de 10 s, evidenciando las ventajas sobre los terminales de facsímil de los grupos 2 y 3 cuyos tiempos de transmisión son de varios minutos. No obstante, dado el uso generalizado de estos últimos terminales, así como de otros terminales de baja velocidad, se suministrarán adaptadores de terminal<sup>3</sup> que les permitan conectarse al acceso básico RDSI. En el servicio piloto existirá un adaptador de terminal con interfaz X.21 y un adaptador de terminal con interfaz analógico (hilos *a/b*).

La terminación de red realiza la adaptación entre el interfaz U a 2 hilos y el interfaz S a 4 hilos<sup>3</sup>. Este último está diseñado para admitir un bus pasivo, con resolución de pugnans en el canal D, al cual se conectan los terminales.

La figura 2 muestra una centralita automática operando con el interfaz S para verificar los elementos del protocolo de canal D que con ella se relacionan. Para la prueba se utilizará un sistema de comunicaciones de empresa ITT 5630, pero en la RDSI definitiva se piensa dar acceso primario a  $2 \text{ Mbit s}^{-1}$  para la conexión de centralitas grandes a la central local RDSI.

Mediante un multiplexor especial se ofrecerá a 12 abonados remotos acceso básico a la central local RDSI. Este multiplexor va conectado a una placa especial de líneas del DMM a través de un interfaz estándar de  $2 \text{ Mbit s}^{-1}$ . Tales multiplexores permitirán conectar a centrales RDSI remotas abonados de zonas atendidas con centrales analógicas. Las Administraciones podrán así cubrir en pocos años áreas completas con servicios de RDSI.

### Unión entre el abonado y la central

Uno de los principios básicos de la RDSI es la transmisión digital de dos canales B para datos o voz del usuario y un canal D para información de señalización. Estos canales llegan hasta los terminales mediante el bus S. El protocolo del canal D se estructura en tres niveles siguiendo el modelo de referencia OSI (interconexión de sistemas abiertos): el nivel 1 es el físico, el 2 es el de enlace de datos, y el 3 es el de información de red (Tabla 2). Todas las funciones relativas a estos niveles han de realizarse en el DMM y los terminales. El nivel 1 incluye la estructura de trama y parámetros de señal

de línea junto con información adicional para activación/desactivación del bucle, sincronización y otros fines.

El nivel 2 de enlace de datos está estructurado en formato HDLC de longitud variable. Cada trama está delimitada, en su comienzo y en su fin, por una secuencia fija de 8 bitios. En el campo de dirección, formado por 16 bitios, se indica cuál es el tipo de información transportada en el campo de información (mensaje de señalización, datos en paquetes, etc.) y se expresa la dirección de nivel 2 de los terminales. El campo de control incluye órdenes de HDLC, tales como la SABM (modo equilibrado síncrono-asíncrono), y números de secuencia para el modo de tramas múltiples. Se utiliza una secuencia de control de trama para detectar errores de transmisión.

El campo de información del nivel 2 lleva información de red para el establecimiento de las llamadas, desconexión, activación de facilidades, etc. Dado que se utiliza un protocolo funcional, han de procesarse varias órdenes, reconocimientos, y datos de usuario (ej., número llamado).

**Tabla 2 — Arquitectura del protocolo RDSI**

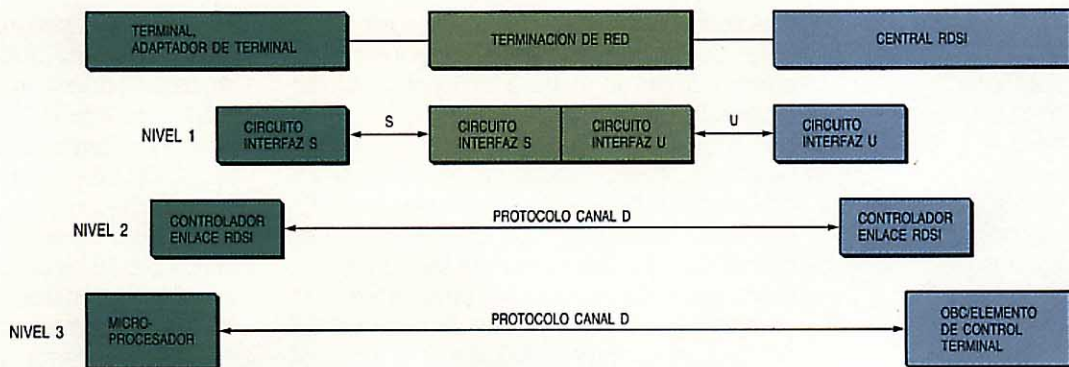
Nivel	Canal D	Canales B (Conmutación de circuitos)
3	Dirección de nivel 3 Identificación de servicio Subdirección Mensajes de red	
2	Procedimientos HDLC Dirección de nivel 2 Tipo de información	
1	$16 \text{ kbit s}^{-1}$ Activación, mantenimiento, sincronización	$2 \times 64 \text{ kbit s}^{-1}$

La figura 4 muestra conceptualmente cómo se realizan dichas funciones. Dos circuitos integrados (V)LSI de diseño a medida constituyen el nivel físico: el SIC (circuito del interfaz S) y el UIC (circuito del interfaz U). El UIC es un compensador de eco para la transmisión a 2 hilos entre la central y la terminación de red<sup>4,5</sup> que se utiliza en el DMM y en dicha terminación. El SIC para el interfaz de abonado a 4 hilos forma parte de la terminación de red y también de cada terminal.

Las funciones básicas del nivel 2 se realizan en un tercer circuito LSI a medida: el ILC (controlador de enlace RDSI), que maneja la formatación HDLC, el campo de



**Figura 4**  
Estructura del acceso básico a la RDSI y circuitos (V)LSI relacionados.



dirección, la secuencia de control de trama, etc. El ILC se utiliza en los componentes que manejan las capas 2 y 3 del protocolo del canal D (en el DMM y en cada terminal).

El ILC tiene un interfaz con el SIC y con un microprocesador que controla las funciones superiores de nivel 2 y transmite y recibe información de red a través del acceso directo a memoria. Análogamente, los microprocesadores situados en la central y en cada terminal de abonado controlan todas las funciones del nivel 3.

### Central local del Sistema 12

Para realizar una central local RDSI basta con añadir un DMM a una central local estándar del Sistema 12 (Fig. 2). La conexión con las centrales de tránsito existentes se hace mediante el módulo de enlaces digitales, y con los abonados de teléfono analógico a través del módulo de abonados analógicos. También forman parte de la central los módulos estándar del Sistema 12, como son el módulo de mantenimiento y periféricos (para comunicación hombre-máquina, pruebas, mantenimiento,

etc.), el módulo de reloj y tonos, y los elementos de control auxiliar.

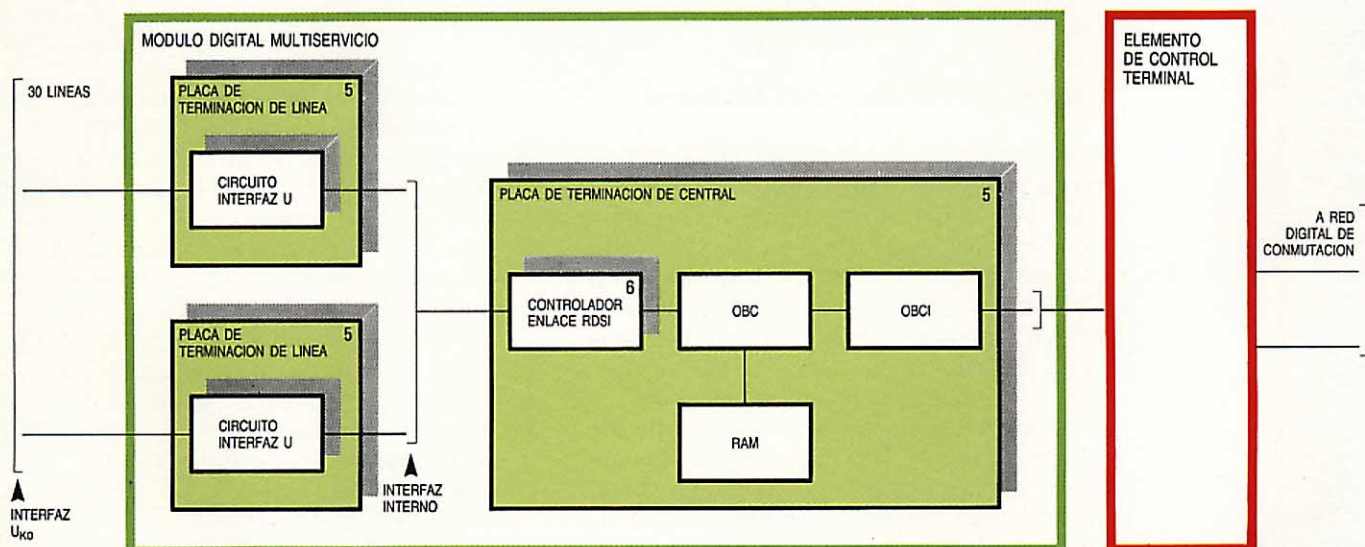
Una de las grandes ventajas del Sistema 12 es que todos estos módulos tienen un mismo interfaz con la red digital de conmutación, a través de un elemento de control terminal estándar. Ello permite la fácil introducción de nuevos módulos (como el DMM) sin afectar a los que estén ya en operación.

Cuando se haya introducido la parte de usuario RDSI del sistema de señalización por canal común CCITT nº 7, el enlace a otras centrales RDSI se establecerá por un módulo de canal común. En una fase posterior del servicio piloto se han planificado pruebas de este módulo y los protocolos asociados al mismo. Como opción puede incluirse un módulo de comunicación de datos para ofrecer servicios adicionales (p. ej., videotex perfeccionado)<sup>6</sup>.

### Módulo digital multiservicio

El DMM es un nuevo módulo del Sistema 12 para abonados RDSI. En la figura 5 se expone la estructura del DMM para el servi-

**Figura 5**  
Estructura física del módulo digital multiservicio del Sistema 12.





cio piloto, similar en principio al módulo de abonados digitales<sup>7</sup>. El DMM puede atender hasta 30 accesos básicos de abonado a través del interfaz U. Para conectar 320 abonados RDSI en el servicio piloto, se equiparán 11 DMM.

Las placas de terminación de línea son circuitos de línea digitales que realizan funciones del nivel 1<sup>4</sup>, tales como:

- transmisión en dúplex total con compensación de eco
- alimentación de línea
- activación/desactivación del acceso básico
- mantenimiento.

Cada placa de terminación de línea atiende a tres líneas. Los componentes clave VLSI de estas placas son los circuitos UIC<sup>5</sup>.

Se asignan dos placas de terminación de línea a una placa ET (terminación de central) mediante un interfaz interno. Las funciones principales de ET son:

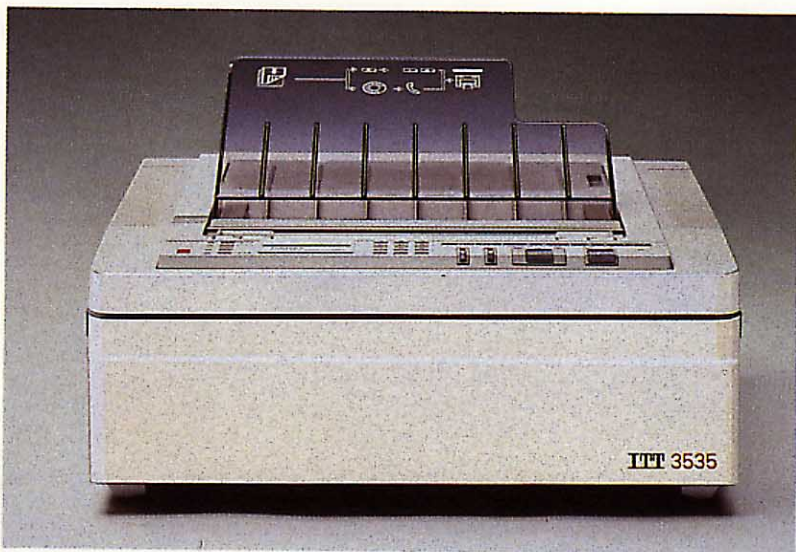
- interfaz con la terminación de línea y con el elemento de control terminal
- procedimientos de nivel 2
- transferencia de información de nivel 3 hacia y desde el elemento de control terminal.

Los principales circuitos LSI de ET son los ILC y el OBCI (interfaz de controlador incorporado). El ILC realiza parte de los procedimientos del nivel 2, y el OBCI sirve de interfaz con el elemento de control terminal. La unidad de control de entrada está constituida por un controlador incorporado a la placa, consistente en un microprocesador de 16 bits con memoria de acceso aleatorio y memoria de sólo lectura para los datos y la programación permanente. Esta configuración es similar a la descrita en otro lugar de este número<sup>7</sup>, salvo en que no prevé la conmutación de paquetes por no ser requerida en el servicio piloto RDSI.

Las principales tareas del controlador son realizar el resto de las funciones del nivel 2, controlar dispositivos como el ILC y llevar a cabo pruebas de la línea digital y la comunicación con el elemento de control terminal.

El elemento de control terminal es el interfaz estándar del Sistema 12 con la red digital de conmutación. Sus funciones principales incluyen<sup>6</sup>:

- tratamiento de mensajes hacia y desde otros módulos a través de la red digital de conmutación
- procesamiento del nivel 3 del protocolo del canal D
- asignación de los canales B y administración de datos de abonado



**El servicio piloto RDSI incluirá terminales facsímil y de teletex.**

- procesamiento de información y datos de tarificación
- control de las pruebas de línea.

Otras funciones, como el control de llamadas, son desempeñadas por el elemento de control auxiliar de RDSI. El DMM puede acceder a todas las funciones de la central relativas al tratamiento de llamadas, mantenimiento, comunicación hombre-máquina, administración de la base de datos, etc., exactamente del mismo modo que el resto de los módulos del Sistema 12.

El DMM puede ampliarse hasta convertirse en un módulo de abonados RDSI capaz de tratar conmutación de paquetes, para lo cual se añadirá un segundo OBCI, más nuevos programas y programación permanente, y se aprovecharán las facilida-



des del ILC en apoyo de la conmutación de paquetes<sup>7</sup>.

### Conclusiones

Se está preparando este servicio piloto para probar servicios y equipos de la RDSI, y así adquirir experiencia para la introducción masiva de la RDSI en Alemania. SEL va a suministrar un sistema RDSI completo, incluyendo una central digital del Sistema 12, el equipo de transmisión necesario y terminales telefónicos y no telefónicos.

Para este sistema se ha definido, y actualmente está en realización, un conjunto de circuitos integrados relacionados con los niveles del protocolo de señalización y basados en el concepto de interfaz dado por el CCITT. La adición de un DMM a una central local del Sistema 12 ofrece a los abonados el acceso a la gama de servicios de la RDSI. Un módulo de señalización por canal común permite la comunicación entre centrales basándose en la parte de usuario RDSI del sistema CCITT n° 7.

### Referencias

- 1 D. Becker, L. Gasser y F. Kaderali: Digital Subscriber Loops – Concept, Realization and Field Experience of Digital Customer Access: *International Switching Symposium 1981*, Montreal, Canada.
- 2 H. Schön: ISDN – A Challenge for the Deutsche Bundespost: *International Switching Symposium 1984*, Florencia, 7–11 mayo 1984.
- 3 T. Israel, D. Klein y S. Schmoll: Sistema 12: Configuración del equipo de abonado de RDSI, terminación de red, teléfonos digitales y adaptadores de terminal: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 120–126 (en este número).
- 4 L. Gasser y H. W. Renz: Sistema 12: Transmisión a  $144 \text{ kbit s}^{-1}$  por bucles digitales de abonado: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 127–130 (en este número).
- 5 R. Dierckx y J. Taeymans: Sistema 12: Circuito de línea RDSI: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 105–111 (en este número).
- 6 H.-J. Bergs, S. Nett y M. Wizgall: Implementation of Services in an ISDN: *International Switching Symposium 1984*, Florencia, 7 a 11 mayo 1984.
- 7 A. Chalet y R. Drignath: Sistema 12: Arquitectura del módulo de datos incluyendo operación con paquetes: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 112–119 (en este número).



# Sistema 12

## Circuito de línea RDSI

El desarrollo del circuito de línea de la RDSI permite explotar todas las posibilidades del Sistema 12 para tratar servicios de voz y de otros tipos. Este nuevo circuito de línea ofrece acceso básico con dos canales tipo B de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para voz o datos, y un canal tipo D de  $16 \text{ kbit s}^{-1}$  para datos de baja velocidad o señalización.

**R. Dierckx**  
**J. R. Taeymans**  
 Bell Telephone Manufacturing Company  
 Research Center, Amberes, Bélgica

### Introducción

La introducción de la RDSI será un paso importante hacia la comunicación total. El CCITT define la RDSI como una red, desarrollada desde la red integrada digital para telefonía, que proporciona una amplia gama de servicios relacionados o no con la voz. Los usuarios accederán a la red mediante una gama limitada de interfaces de terminales normalizados de uso múltiple. En los próximos años, se realizarán pruebas de campo y se implantarán servicios pilotos por varias administraciones europeas y norteamericanas, allanando así el camino para introducir a gran escala la RDSI a finales de esta década.

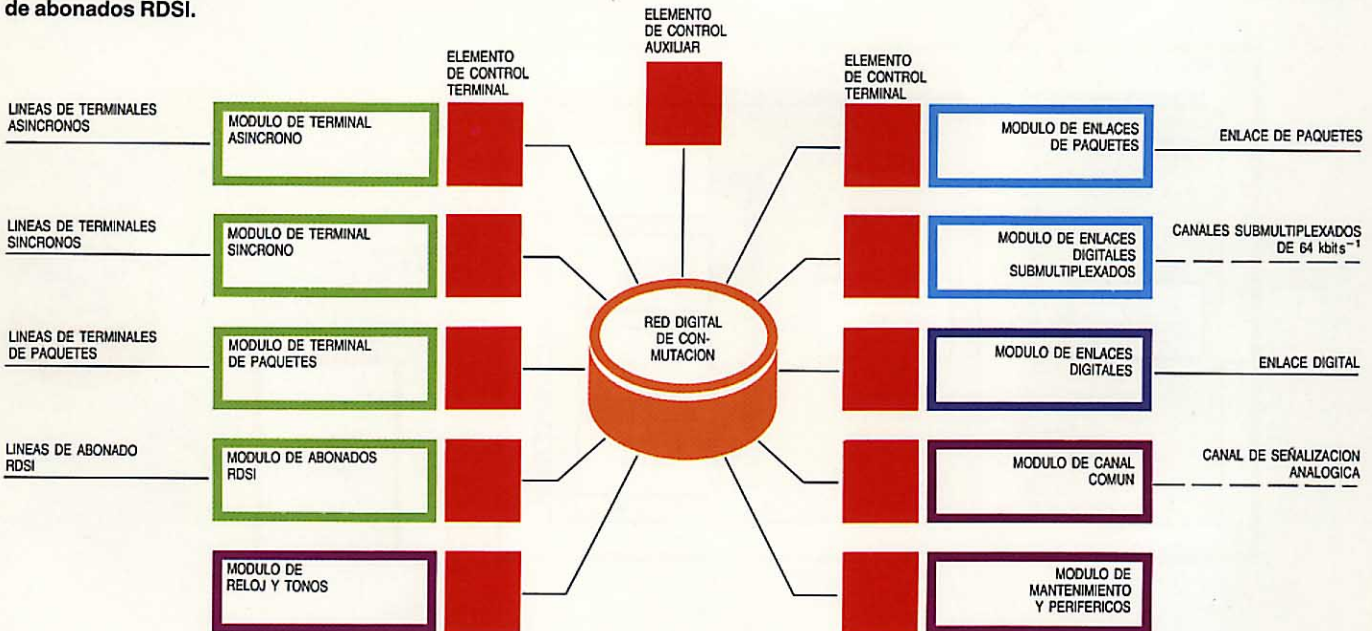
La integración de la central digital Sistema 12 en una RDSI es directa, dada la inteligencia que reside en la red digital de conmutación y en los controladores de

terminales. El circuito de línea RDSI del Sistema 12 no es más que un nuevo controlador de terminales inteligente que presenta interfaces de línea especializados y circuitos de conversión de protocolo.

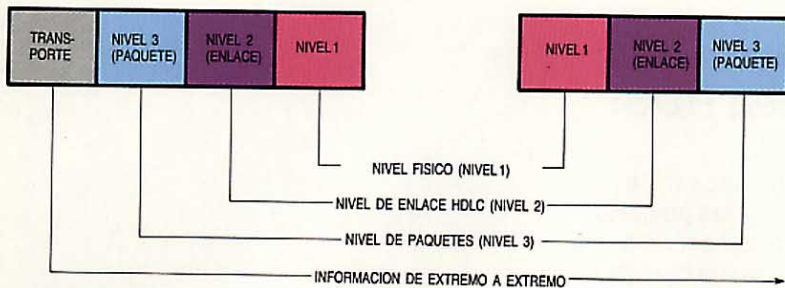
### Circuito de línea RDSI

El módulo de abonados RDSI<sup>1</sup> se conecta por un lado a las líneas de abonado digitales y por otro a la red digital de conmutación, a través de su elemento de control terminal. Este módulo permite la conexión de un grupo de líneas de abonados RDSI con acceso básico, es decir, 48 líneas digitales. Un acceso básico lo forman dos canales B de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para voz o datos, y un canal D de  $16 \text{ kbit s}^{-1}$  para datos de baja velocidad o señalización.

**Figura 1**  
**Arquitectura básica del Sistema 12 incluyendo el módulo de abonados RDSI.**







**Figura 2**  
Niveles de protocolo según el modelo OSI.

El módulo de abonados RDSI es capaz de procesar datos conmutados por paquetes o por circuitos. Los paquetes de datos a baja velocidad y la señalización se pueden transportar en el canal D de  $16 \text{ kbit s}^{-1}$ , mientras que los paquetes de alta velocidad utilizan cualquiera de los dos canales B de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . La configuración de la placa de circuito de línea RDSI varía ligeramente según se usen o no los canales B para paquetes de datos. Se trata aquí más en detalle el caso de utilizar un canal B para paquetes y el otro canal para datos transparentes, como son los de voz digitalizada.

La arquitectura del circuito de línea RDSI está fuertemente influenciada por el modelo OSI para una red de comunicaciones. Este modelo define los niveles jerárquicos de interfaces de comunicación, de forma que los protocolos de los correspondientes niveles en cada extremo de la conexión sean consistentes y estén bien definidos (Fig. 2).

El nivel más bajo, o nivel 1, se llama nivel físico, y en él se definen las características físicas y eléctricas de la vía de unión. Este nivel requiere una conexión física sobre la que puedan transportarse los datos. El UIC

(circuito interfaz U) sustenta las funciones del nivel 1 en una RDSI.

El nivel 2, o de enlace, atiende al establecimiento de una conexión fiable y sin error al destino correcto sobre la vía física de unión (nivel 1). Los protocolos del nivel 2 se basan en protocolos HDLC, similares al CCITT X.25 para sistemas de conmutación de paquetes y al protocolo CCITT nº 7 para señalización por canal común entre centrales.

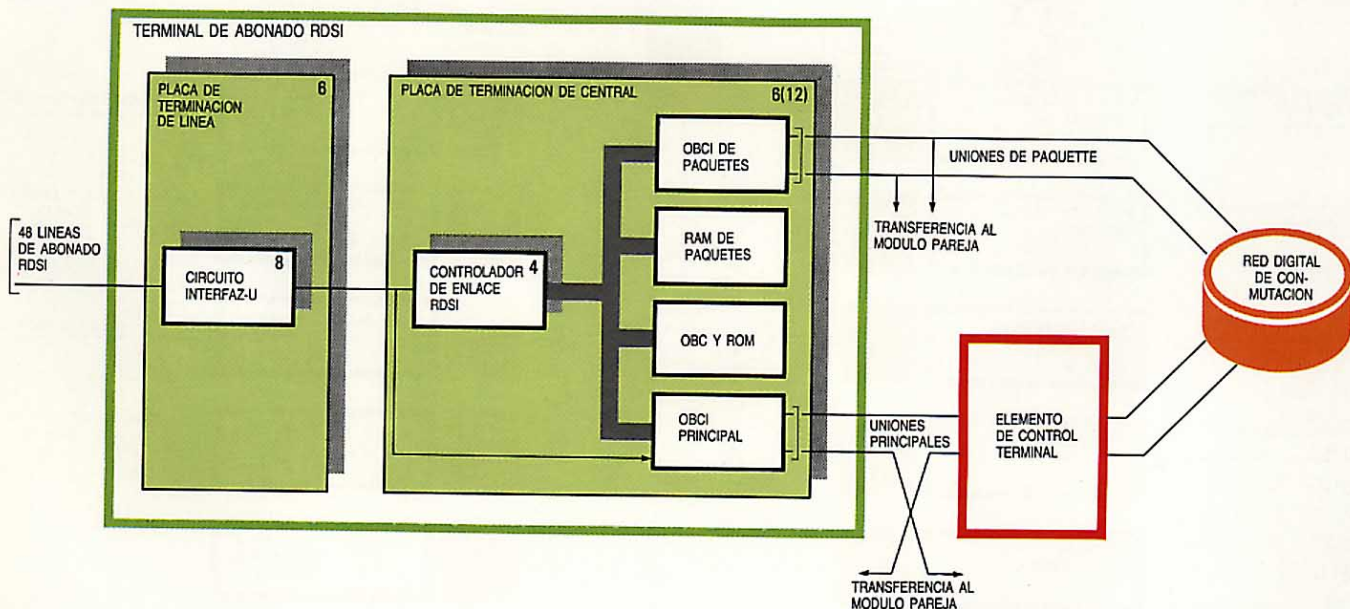
Una vez establecida una conexión fiable sustentada por los niveles 1 y 2, se utiliza el nivel de paquetes o nivel de control de red (nivel 3) para establecer una llamada. El ILC (controlador de enlace RDSI), el OBCI (interfaz de controlador incorporado) y el OBC (controlador incorporado)<sup>1</sup> aportan las funciones de los niveles 2 y 3.

La figura 3 representa el circuito de línea RDSI, parte del módulo de abonados RDSI; dicho circuito se utiliza también en el módulo de abonados digitales<sup>1</sup>. Actúa como interfaz entre el UIC (es decir, la línea de abonado) y la red digital de conmutación, bien directamente o a través del ECT. Un submódulo de circuito de línea proporciona ocho accesos básicos; un grupo de abonados RDSI consta de seis de estos submódulos de circuitos de línea, dando un total de 48 conexiones de acceso básico.

El submódulo de circuito de línea se compone de seis bloques funcionales:

- La terminación de línea o circuito interfaz U, que proporciona la conexión del nivel 1; conecta a 2 ó 4 hilos las líneas de abonado y sincroniza bitios y tramas.
- El controlador incorporado (OBC), que sustenta las funciones de control de los niveles 2 y 3 para conmutación de

**Figura 3**  
Diagrama de bloques del módulo de abonados RDSI.

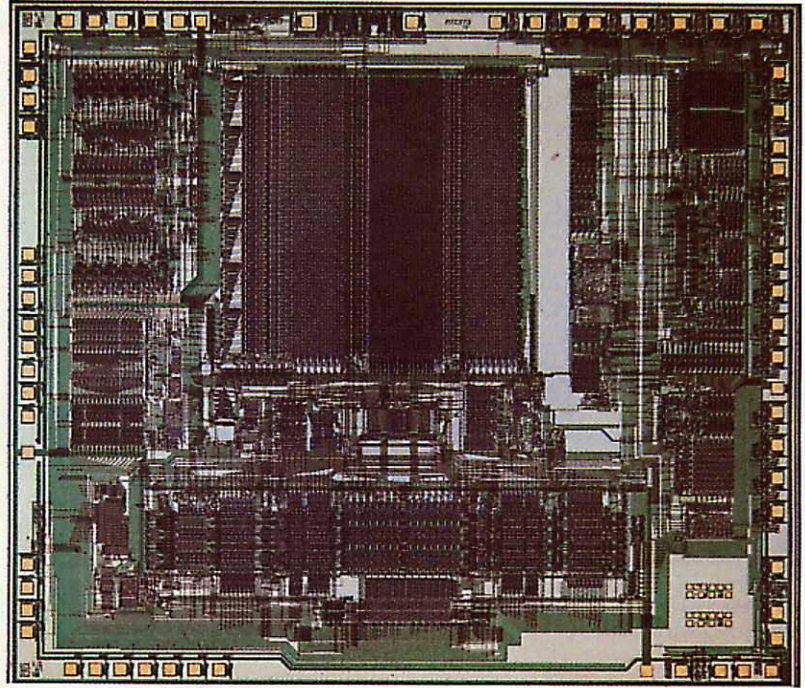




paquetes de datos y señalización. El OBC es un microprocesador comercial de 16 bits.

- El OBCI principal, que conmuta los canales B hacia y desde el elemento de control terminal.
- El OBCI de paquetes, que se utiliza para conmutar paquetes de datos directamente hacia y desde la red digital de conmutación del Sistema 12.
- El ILC, que hace la función de control HDLC. Junto con el OBC y la RAM de paquetes, realiza todas las funciones de los niveles 2 y 3. El ILC es un circuito VLSI a medida.
- La RAM de paquetes, que almacena los paquetes recibidos y los paquetes a transmitir. Se conecta con el OBC, OBCI e ILC bajo control del OBC.

El mismo tipo de VLSI a medida realiza las funciones del OBCI principal y el de paquetes. Las diferencias entre los dos interfaces consisten en puentes y en programación.



**Microfotografía del circuito VLSI de controlador incorporado para el módulo de abonados RDSI.**

**Circuito interfaz U**

El UIC es el circuito VLSI a medida que proporciona la conexión física (nivel 1). Su función es transportar datos a  $144 \text{ kbit s}^{-1}$  por líneas telefónicas que originalmente se instalaron para transmitir señales limitadas a 4 kHz. Es claro que esta función no es de implantación directa: hay que proporcionar una conexión bidireccional (dúplex total) en las líneas a 2 hilos existentes. Si hubiera líneas disponibles a 4 hilos con suficiente ancho de banda, la función del UIC sería sencilla.

El establecimiento del canal físico requiere las siguientes funciones:

- activación y desactivación de un extremo usando las señales de nivel 1
- transmisión y recepción correcta de una señal dúplex de  $144 \text{ kbit s}^{-1}$  por líneas a 2 hilos
- sincronismo de palabra y trama.

**Transmisión dúplex a  $144 \text{ kbit s}^{-1}$**

Dos problemas importantes surgen cuando se transmiten señales a alta velocidad. Primero: la señal recibida se atenúa por la línea en el caso peor hasta 46 dB con respecto al nivel de transmisión. Segundo: al utilizarse una línea a dos hilos, se necesita una híbrida para el paso a 4 hilos.

A causa de imperfecciones en la híbrida, parte de la señal transmitida se retroinyecta al camino de recepción. En el peor de los casos, el nivel de la señal de retorno puede

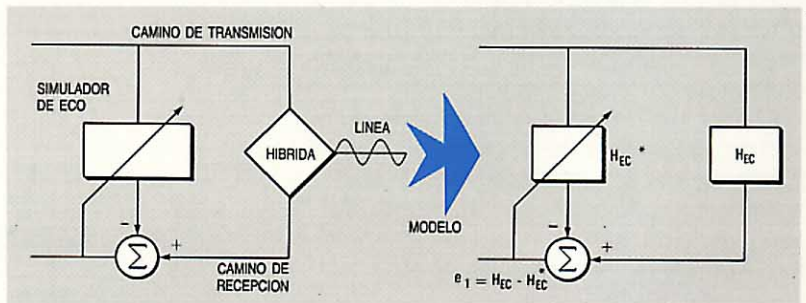
ser hasta de  $-6 \text{ dBm}$ , y además en las líneas largas la señal a tratar puede estar 40 dB por debajo de la señal no deseada. La función del UIC es extraer la señal deseada incluso en condiciones tan desfavorables. Al conseguirlo, el UIC proporciona una conexión fiable a  $144 \text{ kbit s}^{-1}$  utilizando líneas en principio destinadas a transmitir señales de conversación solamente.

Se utilizan tres métodos para extraer la señal:

- compensación adaptativa de eco
- ecualización adaptativa
- codificación de línea.

Se supone que tanto la pérdida de la híbrida como el eco generado por la línea (resultado de la mala adaptación de impedancias) puede representarse por una función lineal (Fig. 4). En este caso, el eco simulado por un filtro lineal puede restarse del eco real a fin de compensarle, obteniendo la señal recibida deseada. La compensación adaptativa de eco puede utilizarse para un ajuste

**Figura 4 Modelación de pérdidas en la híbrida y eco generado en la línea por una función lineal.**





automático de la característica del filtro lineal que minimice la influencia del eco.

El filtro se puede realizar de varias maneras (p. ej., analógico o digital). Se escogió un filtro digital transversal cuya característica está definida por los coeficientes de los pasos transversales; los coeficientes se adaptan por un algoritmo de mínimos cuadrados que minimiza el eco residual. La actualización de los coeficientes es automática: el eco residual se correlaciona con su posible causa, y si tal correlación existe se adaptan los coeficientes para que el eco sea mínimo.

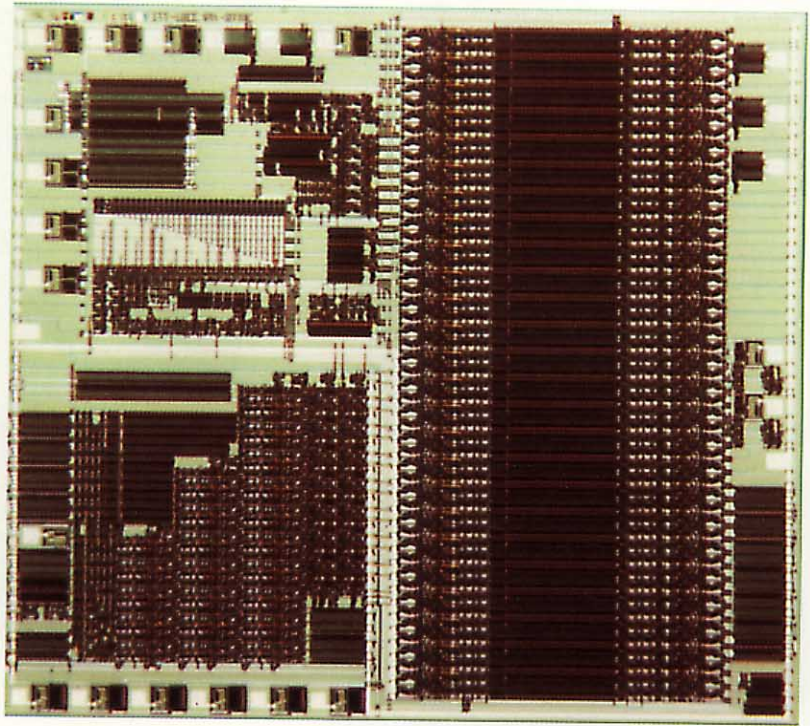
La función del ecualizador puede compararse a la del compensador de eco. Debido a que la línea tiene características de paso bajo, los datos transmitidos a alta velocidad ( $120 \text{ k-símbolos s}^{-1}$ ) generan interferencia entre símbolos. En la decisión sobre qué símbolo se ha recibido, no deben influir los datos recibidos antes o después del punto de decisión. Cualquier información de ese tipo debe por tanto cancelarse, a fin de asegurar que la señal recibida durante un ciclo de símbolo dependa sólo del símbolo transmitido desde el extremo lejano. Aquí también hay que realizar un filtro digital adaptativo donde se actualicen automáticamente los coeficientes por el algoritmo de los mínimos cuadrados, dependiendo de la correlación que tenga la interferencia residual entre símbolos con la posible causa de dicha interferencia.

Asimismo, la codificación de línea se ha diseñado de tal modo que reduzca la banda de transferencia donde tiene importancia la densidad del espectro de potencia. Se utiliza el código 4B/3T, que es un código trabajo-reposo 4/3 modificado. Para transferencia de información a  $144 \text{ kbit s}^{-1}$ , la función de densidad espectral de potencia tiene un máximo a 30 kHz, reduciendo así la atenuación y la interferencia entre símbolos.

### Sincronismo de palabra y trama

Una función importante del UIC es el sincronismo entre ambos extremos. Primero, se logra el sincronismo de bitio para asegurar que el muestreo se realiza en el instante óptimo (esto es, con la respuesta impulsiva máxima), a fin de conseguir la relación señal-ruido mayor posible. Segundo, hay que detectar la posición de la secuencia de símbolos dentro de la trama. Para ambas tareas se ha utilizado un bucle de enganche de fase de correlación digital.

El principio de este bucle consiste en el uso de una palabra de sincronismo que se transmite en cada trama de 1 ms. Esto permite correlacionar continuamente la señal recibida con la palabra de sincronismo. Aunque la señal recibida se atenúe, aún puede buscarse el máximo de la función



Microfotografía de la parte de compensador de eco del juego de pastillas del UIC. Esta pastilla se compone de 38.000 componentes en un área de  $34 \text{ mm}^2$ , y funciona a una frecuencia de 15,36 MHz.

de correlación. Así, la referencia de trama viene definida por la detección del instante preciso en que se produce el máximo de esta correlación. En realidad, la misma operación consigue el sincronismo de trama y de bitio.

La función de correlación con la palabra de sincronismo tiene la misma forma que una respuesta impulsiva (Fig. 5). El momento de muestreo óptimo se sitúa exactamente en el máximo del impulso. Se supone que éste sea simétrico, de modo

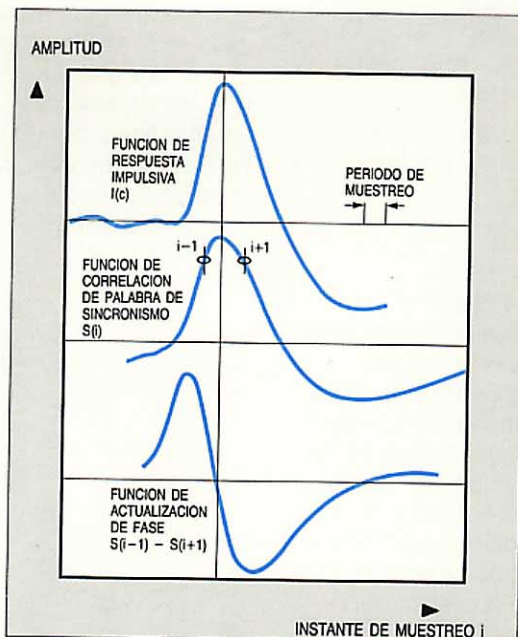


Figura 5 Principio de funcionamiento del bucle de enganche de fase de correlación digital.



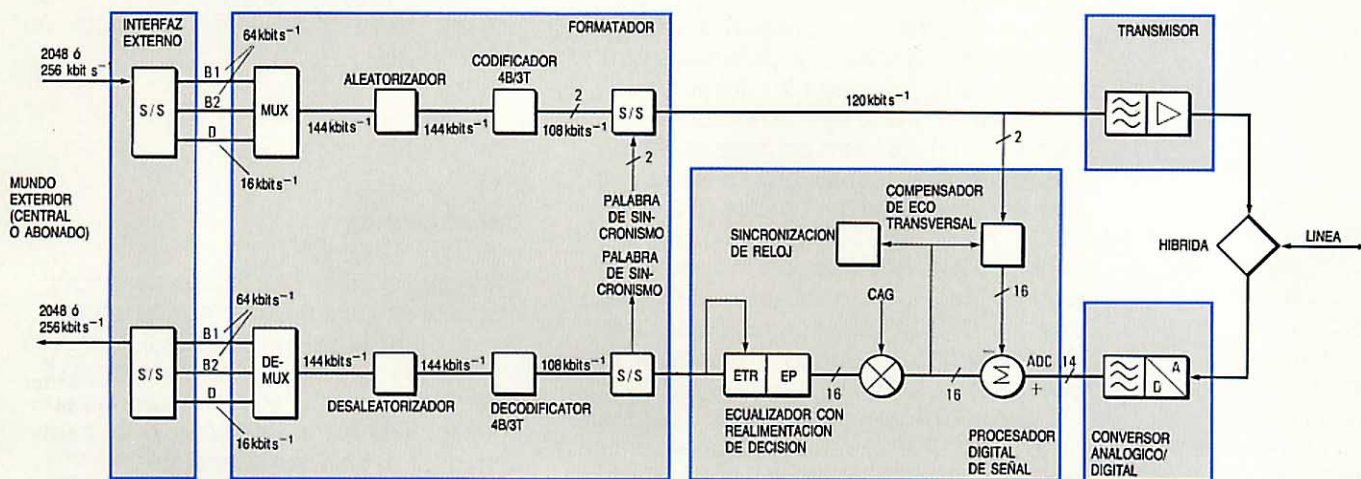
que haya idéntico nivel de señal una muestra antes y una muestra después del máximo. Si los niveles no son iguales, la diferencia entre ellos puede servir como señal de control por realimentación para ajustar el instante de muestreo. El control se logra aumentando o disminuyendo el periodo de símbolo de 120 kHz en un ciclo de reloj de 15 MHz, hasta que la diferencia sea cero. Esto permite una eficaz extracción de la temporización de trama y bitio.

muestreo no están definidos con precisión; en el peor de los casos, al cabo de 150 ms, queda establecido un canal físico fiable con una tasa de error de bitio de  $10^{-6}$ .

El método de transmisión por bucle RDSI ha sido desarrollado y comprobado por SEL en pruebas de campo, perfeccionándolo luego para el servicio piloto de RDSI en Alemania, y se hará realidad en el UIC por medio de la tecnología VLSI. Inicialmente se desarrollará una versión en varias pasti-

**Figura 6**  
**Diagrama de bloques del circuito de interfaz U.**

- CAG** - control automático de ganancia
- EP** - ecualizador precursorio
- S/S** - convertor serie-a-serie
- ETR** - ecualizador transversal.



**Activación/desactivación**

El canal físico debe ser activado y desactivado en el nivel 1. Cuando no hay llamadas en progreso, los UIC no reciben alimentación y no hay canal físico para transportar datos. Por tanto tal canal debe ser establecido por las señales de nivel 1. Además, como hay una separación estricta entre los distintos niveles, la desactivación de canal también tiene que ser efectuada por dichas señales.

Para establecer un canal, se transmite una señal de alerta de 7,5 kHz enviando la secuencia adecuada de bitios a través de los circuitos de transmisión. El detector de 7,5 kHz es la única parte del UIC que siempre está alimentada. Transcurrido un retardo conveniente, esta portadora se detecta como información de alerta, acusando recibo mediante el retorno de una señal de 7,5 kHz que se interpreta en tal sentido por el extremo de origen.

Los dos lados están ahora alimentados y puede establecerse la conexión de nivel 1: hay que compensar el eco, ecualizar la señal recibida y sincronizar ambos extremos. Como estas tres funciones se influyen fuertemente entre sí, debe asegurarse que el arranque sea fiable. Inicialmente el compensador de eco, los coeficientes del ecualizador y el instante de

llas, una de las cuales, el compensador de eco, es un circuito VLSI totalmente a medida desarrollado en el Centro de Investigación de BTM<sup>1,2</sup>. En la figura 6 se muestra el diagrama de bloques funcional del UIC. Las características que presenta su realización en una sola pastilla para pruebas de campo se indican en la tabla 1.

**Interfaz V soporte de los circuitos ILC y OBCI**

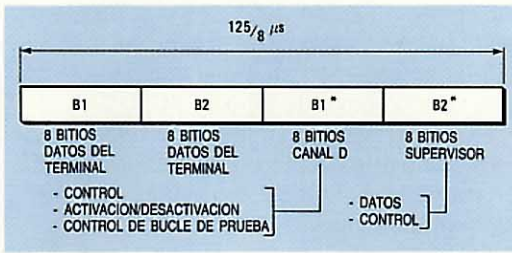
Un módulo de abonados RDSI (Fig. 3) proporciona todos los circuitos de soporte al HDLC del CCITT y se interconecta a la arquitectura distribuida del Sistema 12.

**Tabla 1 — Principales características del UIC**

Tecnología	CMOS de 3- $\mu$ m, pozo n, polisilicio doble, metalizado sencillo
Cantidad de transistores	100.000
Superficie	130 mm <sup>2</sup>
Frecuencia máxima de reloj	16 MHz
Disipación	350 mW
Número de terminales	24



**Figura 7**  
Interfaz a cuatro octetos del interfaz V.



Los UIC se conectan con la central Sistema 12 vía un enlace de 2 Mbit s<sup>-1</sup> por división en el tiempo. La conexión se realiza físicamente a 4 hilos: dos para datos (entrada y salida), uno para el reloj de bits (2,048 MHz), y uno para la referencia de trama (8 kHz). La trama consiste en 32 canales de ocho bits posicionados según un esquema fijo de cuatro octetos (B1, B2, B1\*, B2\*) para cada UIC de línea digital. El interfaz V está organizado línea por línea como sigue (Fig. 7): dos canales B (8 bits), un canal D (2 bits), información de control de supervisión, y datos del protocolo activación/desactivación.

En el lado de la central, las pastillas genéricas ILC y OBC sirven para proporcionar el protocolo CCITT y el interfaz con el Sistema 12. Estos dos circuitos VLSI realizan todas las funciones del nivel 2. El ILC lleva a cabo el siguiente procesamiento serie (Tabla 2):

- genera una bandera HDLC y la transmite a la línea

- recoge octetos de datos (direcciones, control e información de campos) y los transmite, insertando un bit 0 después de cada serie de cinco bits 1 consecutivos
- genera una comprobación de redundancia cíclica y la procesa
- genera el aviso de fin de paquete.

Asimismo, el ILC, o bien genera secuencias especiales como las de aborto y en reposo, o bien las supervisa en la dirección opuesta.

Los programas del OBC controlan las funciones de nivel 2 del modelo OSI, tales como supervisión del canal y conmutación de paquetes.

### Conclusiones

El circuito de línea RDSI garantiza ahora que la central digital Sistema 12 es totalmente compatible con una RDSI, logrando así uno de los objetivos básicos del desarrollo de la central. Las administraciones pueden tomar el Sistema 12 como base para una RDSI, satisfaciendo la creciente demanda de los usuarios por un amplio abanico de nuevos servicios, sean de voz o de otro tipo. Como se indica en otros artículos de este número, las pruebas de campo de RDSI basadas en el Sistema 12 están ya en curso o en fase de planificación en muchos países<sup>4,5</sup>.

**Tabla 2 — Formato de trama RDSI**

Dirección de transmisión						
←						
Bits	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 bits 01111110.					
Dirección	- Define si la trama contiene instrucciones o respuestas y si van del equipo terminal de datos al equipo de terminación de circuito de datos, 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 bits que sirve como comprobación de error en el contenido de la trama.					
Información	- Contiene señalización y datos que son independientes de la secuencia de bits.					



**Referencias**

- 1 A. Chalet y R. Drignath: Sistema 12: Arquitectura del módulo de datos incluyendo operación con paquetes: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 112–119 (en este número).
- 2 R. Dierckx, P. Guebels y P. Six: VLSI para el equipo de terminación de línea de la RDSI: *Comunicaciones Eléctricas*, 1984, volumen 58, nº 4, págs. 411–417.
- 3 L. Gasser y H. W. Renz: Sistema 12: Transmisión a 144 kbit s<sup>-1</sup> por bucles digitales de abonado: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 127–130 (en este número).
- 4 F. Haerens, B. Rossi y J. Serrano: Sistema 12: Pruebas de campo RDSI en las redes belga, italiana y española: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 89–97 (en este número).
- 5 D. Becker y H. May: Sistema 12: Servicio piloto RDSI de la administración alemana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 98–104 (en este número).



# Sistema 12

## Arquitectura del módulo de datos incluyendo operación con paquetes

Una nueva familia de módulos del Sistema 12 proporciona la total integración de los servicios telefónicos y no telefónicos de RDSI, junto con el soporte distribuido de la conmutación de circuitos y de paquetes.

### A. Chalet

International Telecommunications Center,  
Bruselas, Bélgica

### R. Drignath

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

### Introducción

El concepto básico de una RDSI es la posibilidad de que diferentes servicios de telecomunicación usen la misma red, compartiendo las funciones de transporte de datos, es decir, los niveles 1 a 3 del modelo OSI, que pueden considerarse como *servicios portadores*. Los niveles superiores OSI diferirán y serán tratados por terminales específicos para cada servicio de telecomunicación y, en algunos casos, por inteligencia integrada en la red.

La función principal de una RDSI es proporcionar un conjunto de servicios portadores que satisfagan las necesidades de una amplia gama de servicios de telecomunicación. Una RDSI lo logra mediante tres facilidades fundamentales:

- red digital de extremo a extremo
- potente señalización de abonado, con soporte del protocolo de paquetes del canal D
- conexiones de ambos tipos: por conmutación de circuitos y por conmutación de paquetes.

Los módulos de enlaces y de abonados RDSI que aportan las características antedichas se introducen fácilmente en la arquitectura distribuida del Sistema 12, con lo cual se aprovechan de su conmutador digital inteligente, igualmente capaz de conmutar paquetes de datos y de conmutar circuitos al modo convencional. El Sistema 12 ofrece así un servicio de conmutación de paquetes, distribuido en los módulos RDSI, sin necesitar costosos recursos centralizados de conmutación de paquetes, sea local o remota.

### El Sistema 12 y la RDSI

#### *Funciones nuevas*

El Sistema 12, enteramente digital, ha tenido desde su inicio la capacidad de conmutar canales digitales básicos de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . Por consiguiente, la arquitectura estándar da el soporte a los bucles digitales de abonado y a los enlaces digitales; sólo es afectado el equipo de transmisión del nivel 1.

La terminación de central, nuevo circuito terminal situado en el módulo de abonado, presta soporte a la señalización de abonado RDSI, transmitida como paquetes por el canal D.

Para la conmutación de circuitos dentro de la RDSI se necesita poder conmutar canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  y dar soporte a la señalización RDSI. La arquitectura del Sistema 12 puede atender ambas funciones, como lo demuestra el servicio piloto RDSI alemán<sup>1</sup>.

La tercera función exigida en una RDSI total es la conmutación de paquetes, con procesamiento incluido.

#### *Conmutación de paquetes*

Se han previsto dos tipos básicos de conexiones en una RDSI para las *llamadas*, entendidas como transporte de datos entre dos puntos sobre una red de conmutación:

*Conmutación de circuitos:* sólo se requiere conmutación al comienzo de la llamada, asignándose un camino dúplex de datos síncrono que pueda utilizarse continua y libremente desde ambos extremos.

*Conmutación de paquetes:* no se precisa asignar un camino síncrono entre los extre-



mos. Cada uno de ellos transmite datos en forma de paquetes, que se transportan individualmente y se entregan en secuencia en el otro extremo.

Una llamada de circuitos monopoliza un canal, pero varias llamadas de paquetes (o *llamadas virtuales*) pueden compartir el mismo canal. En la RDSI pueden cursarse llamadas de paquetes por los canales B o D, mientras que las llamadas de circuitos están restringidas a los canales B.

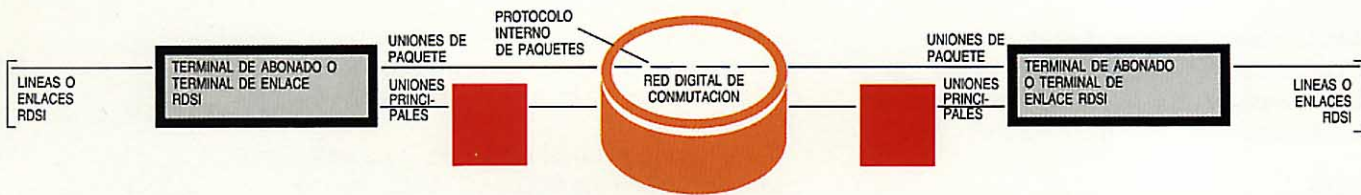
Una central RDSI puede manejar paquetes de dos formas: tratamiento transparente o tratamiento procesado.

En el modo transparente la central no "ve" paquetes, sino que conmuta circuitos

proceso en la fase estable en ningún elemento de control.

En dicha fase, cada paquete se recibe en el módulo terminal que controla la línea o enlace de entrada, el cual lo almacena y envía a través de la red digital de conmutación<sup>3</sup> hasta el módulo terminal que controla la línea o enlace por donde saldrá el paquete.

El mecanismo descrito implica dos cosas. Primero, que los módulos terminales deben estar equipados con suficiente memoria e inteligencia para almacenar y conmutar paquetes de datos, realizándose esto en el terminal, no en el ECT. Segundo, que la trayectoria de conmutación seguida por los



transparentes para ellos. Obviamente no todas las centrales de la red actúan con tal sencillez. Además, al no poder utilizarse en los canales D, este método sólo sirve para acceder a redes o centrales dotadas de auténtica conmutación de paquetes.

En el tratamiento procesado, por el contrario, la central se comporta como un nodo de conmutación total de paquetes, lo cual es el mejor método para la realización en RDSI. Las centrales del Sistema 12, equipadas para la conmutación procesada de paquetes, podrán conectarse con redes especializadas de conmutación de paquetes o incluso formar una RDSI capaz de sustentar la conmutación de paquetes de abonado a abonado. La flexibilidad ofrecida por el Sistema 12 para este tipo de conmutación permite a cada Administración decidir hasta qué nivel llegará el servicio.

### Conmutación distribuida de paquetes en el Sistema 12

Se pueden distinguir dos fases sucesivas en el tratamiento de una llamada de paquetes:

- fase de establecimiento
- fase de llamada estable.

En la fase estable, los paquetes de datos son manejados por los terminales de los módulos relevantes del Sistema 12<sup>2</sup>, sin involucrar proceso en ningún ECT o ECA. Esto es similar al tratamiento de la conmutación de circuitos, en el que tampoco hay

paquetes no debe pasar por el ECT, con el fin de no sobrecargarlo: los módulos terminales se equipan con una conexión directa a la red digital de conmutación, además de la conexión estándar a través del ECT.

Estos principios se ilustran en la figura 1, que muestra dos módulos RDSI de líneas (o enlaces) y sus conexiones a la red digital de conmutación. El ECT controla el módulo y maneja las llamadas de conmutación de circuitos mediante las uniones principales, como en cualquier otra configuración del Sistema 12. En contraste con ello, los paquetes de datos se conmutan entre módulos RDSI por medio de la red digital de conmutación y de las uniones de paquete, utilizando el protocolo interno correspondiente.

### Módulos RDSI del Sistema 12

La figura 2 muestra los módulos del Sistema 12 que sustentan servicios portadores RDSI.

#### Módulo de abonados RDSI (ISM)

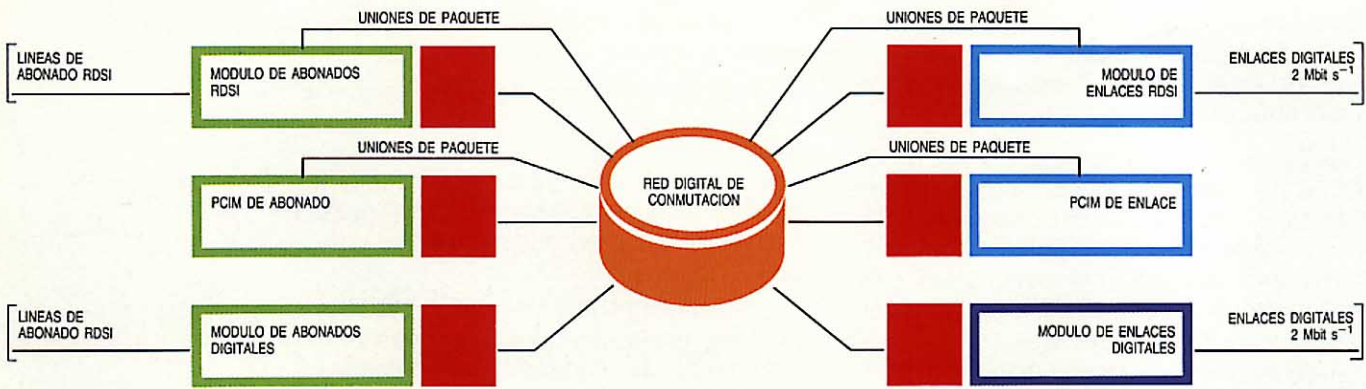
Cada ISM controla un conjunto de 48 líneas de abonado RDSI con acceso básico (2B + D). Es capaz de procesar paquetes de datos y señalización en los canales D y, opcionalmente, el protocolo de paquetes X.25 en canales B.

#### Módulo de enlaces RDSI (ITM)

Cada ITM controla un enlace digital a 2 Mbit s<sup>-1</sup> con una configuración de 32 cana-

**Figura 1**  
Conmutación de paquetes en RDSI mediante una central Sistema 12, indicando las uniones principal y de paquete entre el módulo de abonados RDSI y la red digital de conmutación.





**Figura 2**  
Módulos del Sistema 12 que sustentan servicios portadores de RDSI.

les de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . El ITM es capaz de procesar paquetes de datos y/o señalización en uno de esos canales.

**Módulo de abonados digitales**

Consiste en un subconjunto del ISM, sin la capacidad de procesar paquetes. También se le llama módulo digital multiservicio.

**Módulo de enlaces digitales (DTM)**

Consiste en un subconjunto del ITM, sin la capacidad de procesar paquetes.

**Módulo interfaz de paquetes (PCIM)**

Cada PCIM procesa paquetes de datos y/o señalización en canales B que han llegado hasta él por conmutación de circuitos a través de la red digital de conmutación, desde módulos terminales RDSI que no pueden procesar paquetes en dichos canales, bien porque no tengan capacidad de proceso de paquetes (módulos de abonados digitales y de enlaces digitales), bien porque dicha capacidad se esté utilizando para otros canales de paquetes (módulos de abonados RDSI y de enlaces RDSI).

**Módulo de abonados RDSI**

**Arquitectura del ISM**

La arquitectura del ISM se muestra en la figura 3. Las funciones de terminación de línea y terminación de central están realizadas en placas distintas, conectadas por vías MIC de  $2 \text{ Mbit s}^{-1}$ . Las placas de terminación de central se conectan a dos ECT por sendas vías MIC a  $4 \text{ Mbit s}^{-1}$  para la señalización y la transferencia de datos por conmutación de circuitos; se utilizan otras dos vías a  $4 \text{ Mbit s}^{-1}$  para el acceso directo a la red digital de conmutación.

Las funciones del nivel 1 OSI tienen soporte en la placa de terminación de línea, que incluye el circuito de interfaz U para transmitir las señales de la línea de abonado por los 2 hilos del bucle, utilizando el método de compensación de eco<sup>4</sup>. Estas

señales consisten en datos de usuario transmitidos por los dos canales B a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , junto con datos de señalización y paquetes por el canal D de  $16 \text{ kbit s}^{-1}$ . Un ISM, consistente en seis placas de terminación de línea, equipada cada una con ocho circuito de interfaz U, atiende 48 abonados RDSI.

Cada placa de terminación de línea se conecta por una vía MIC de  $2 \text{ Mbit s}^{-1}$  a una placa de terminación de central (dos si se hace tratamiento de paquetes en el canal B). Los 32 canales MIC de esta unión pueden utilizarse en su totalidad para transferir datos entre las placas de terminación de central y de terminación de línea, ya que el sistema está sincronizado por una línea de reloj externo. Por cada acceso básico se usan 4 canales MIC para transferir datos de los canales B y D, además de las señales para la activación y desactivación, supervisión y mantenimiento.

Las funciones del nivel 2 OSI y algunas del nivel 3, se asientan en la placa de terminación de central, que también se denomina DCPI (interfaz dual de circuitos/paquetes). Los procedimientos de activación y desactivación de la línea y la supervisión y mantenimiento de los accesos básicos están gobernados por el controlador incorporado (OBC), un microprocesador comercial de 16 bits.

El bus del microprocesador está conectado a las siguientes unidades periféricas:

- Controlador de enlace RDSI, abreviadamente ILC, es un circuito VLSI de soporte al procedimiento LAP-D (recomendaciones I.440 e I.441 del CCITT) para la señalización y transferencia de paquetes en el canal D, así como al LAP-B (CCITT X.25) para la transferencia de paquetes en el canal B. Pueden asignarse dos ILC independientes, bien a los canales D de dos accesos básicos ( $2 \times \text{LAP-D}$ ), o bien a los canales D y B de un acceso básico ( $\text{LAP-D} + \text{LAP-B}$ ).
- Interfaz del OBC, denominado OBCI. Este circuito VLSI conecta el OBC al ECT



ya la red digital de conmutación. Los dos OBCI del DCPI son idénticos; el OBCI principal se utiliza para las llamadas de conmutación de circuitos, mientras que el OBCI de paquetes se usa para los datos conmutados por paquetes.

- RAM de paquetes, donde se almacenan la información de señalización y los paquetes de datos mientras son procesados por el OBC o por el ILC.

El número de DCPI equipados en un ISM depende del número de abonados RDSI que envíen paquetes por canales B. Si no hay paquetes que procesar en dichos canales, cada ILC sustenta dos accesos básicos y se precisan seis DCPI. Por el contrario, si los 48 abonados generan paquetes de datos transmitidos por canal B, se necesitarán 12 DCPI.

Los OBCI principales se conectan a los ECT por dos vías MIC a 4 Mbit s<sup>-1</sup>, cada una con 32 canales, mientras que los OBCI de paquetes se conectan a la red digital de conmutación mediante otras dos vías MIC de 4 Mbit s<sup>-1</sup> utilizando un circuito auxiliar de adaptación para no pasar a través del ECT.

### Soporte de conmutación de circuitos

El establecimiento de una llamada por conmutación de circuitos se realiza en tres etapas, bajo el control del OBC:

- activación del acceso básico (nivel 1 OSI; Recomendación I.430 del CCITT)
- establecimiento de un LAP en el canal D (nivel 2 OSI; recomendaciones I.440 e I.441 del CCITT)
- señalización en el canal D y asignación de un canal B (nivel 3 OSI; recomendaciones I.450 e I.451 del CCITT).

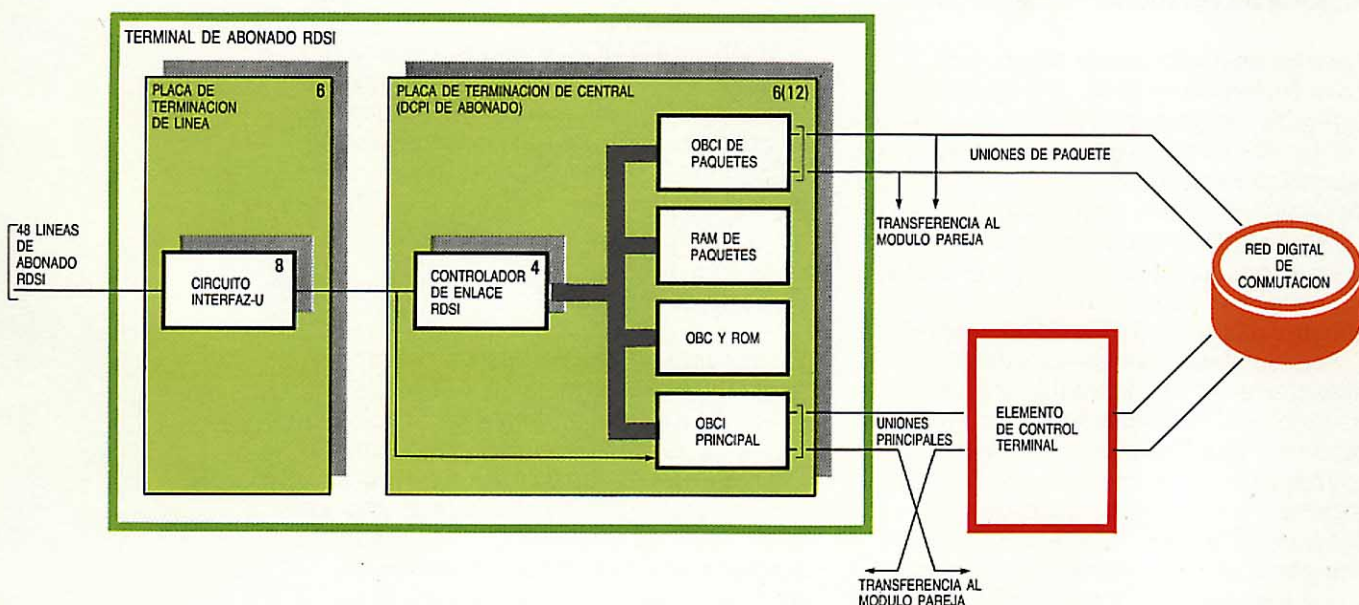
Si el ISM está recibiendo una llamada de la red digital de conmutación, el ECT selecciona el OBC que controla el acceso básico correspondiente. En principio, sin embargo, las dos etapas primeras se realizan sin involucrar al ECT.

El acceso básico se encuentra desactivado durante el estado de reposo, por tanto debe empezarse por activar el nivel 1 mediante una orden procedente del OBC. Cuando los terminales y la central han sido sincronizados, el circuito de interfaz U confirma que se ha alcanzado el estado activo enviando una indicación al OBC a través del ILC.

La transferencia de datos en el canal D es regulada por el protocolo de canal D siguiendo las recomendaciones I.440/441 e I.450/451 del CCITT. El nivel 2 proporciona tramas HDLC para transportar elementos del nivel 3, que constituyen la información real de señalización intercambiada entre el abonado y el ISM. El contenido de la trama es generado por el OBC y almacenado en la RAM de paquetes. A continuación, el ILC lee los datos mediante acceso directo a memoria, los estructura y los envía a través del circuito de interfaz U (ver figura 3). Las tramas recibidas desde el abonado son procesadas por dicho controlador ILC y almacenadas en la RAM de paquetes.

El establecimiento de un LAP corresponde a la identificación de la dirección de trama asignada al terminal en juego del lado del abonado. Se han de asignar direcciones específicas a los terminales del acceso básico para distinguir las tramas transferidas, permitiendo más de una conexión de nivel 2 a un tiempo. La dirección de trama consta de dos partes:

**Figura 3**  
Arquitectura del módulo de abonados RDSI del Sistema 12.





- identificador de servicio del punto de acceso básico
- identificador del terminal.

El primero proporciona acceso a diferentes tipos de protocolo dentro del LAP-D (procedimiento de nivel 2 OSI para el canal D). Esto permite distinguir entre información de señalización (tipo *s*) y paquetes de datos (tipo *p*), por ejemplo. Mediante el segundo, se pueden identificar diferentes terminales en un acceso básico, usando el mismo tipo de protocolo.

Las siguientes funciones de nivel 2 del OBC son controladas por su operador de dispositivo de acceso básico<sup>5</sup>:

- administración de los estados del acceso básico (número y estado de los distintos LAP)
- administración de direcciones (p. ej., asignación de identificador de terminal y supervisión).

Los contadores de número de secuencia existentes en los controladores de enlace RDSI del lado del terminal y de la central supervisan el flujo de las tramas HDLC.

En la última etapa, el OBC y el ECT manejan las funciones del nivel 3, cooperando en el intercambio de mensajes a través del interfaz MIC de 4 Mbit s<sup>-1</sup>. Los datos de señalización del abonado se envían al ECT que trata la llamada junto con el ECA de sistema.

Finalmente, el ECT asigna un canal B al terminal en cuestión. Cuando la llamada se libera, se termina el LAP poniendo a cero los contadores de número de secuencia, con lo cual éstos podrán utilizarse para un nuevo LAP, quizá con otro identificador de terminal.

## Soporte de conmutación de paquetes

### *Fase de establecimiento de llamada*

En el establecimiento de una llamada de conmutación de paquetes también intervienen las dos primeras etapas de la conmutación de circuitos. En el caso de transferencia de paquetes de datos por el canal D, se utiliza un LAP de paquetes en dicho canal. El envío de paquetes por el canal B requiere establecer en este canal un LAP X.25 (siguiendo a la etapa 3 de la sección anterior).

Para establecer varias llamadas virtuales basadas en un LAP se requiere un parámetro de nivel 3 denominado *valor de referencia de llamada*. Entre terminales y central se utilizan valores de referencia de llamada externos. Estos valores, en el caso de llamadas originadas desde los terminales, son generados por los mismos terminales, y pueden resultar ambiguos dentro de un

acceso básico. Por ello se han de generar valores de referencia de llamada específicos por el OBC utilizado entre las DCPI. Se han de asignar dos referencias internas de llamada para transferir paquetes entre dos DCPI. Además, en cada una de estas DCPI se construye un conjunto de órdenes de selección<sup>3</sup> (a utilizar durante la fase de llamada estable) que direcciona físicamente la otra DCPI.

Estos parámetros se establecen por medio de la unión principal entre el OBC principal y los ECT (Fig. 1). En la fase estable de la llamada, no se vuelve a utilizar esta conexión.

### *Fase estable de llamada*

Para cada paquete de datos que se envía de una DCPI a otra (ver figura 1) se ha de establecer una trayectoria específica a través de la red digital de conmutación.

El paquete que recibe la DCPI *a* del abonado, llega por el canal *D* o *B* al controlador de enlace RDSI (ver figura 3), se procesa en el nivel 2 y se almacena en la RAM de paquetes. El OBC correspondiente procesa el paquete en el nivel 3: es decir, evalúa el valor de referencia externo, genera una referencia de llamada interna, y antepone al paquete órdenes de selección para establecer el camino a través de la red digital de conmutación, así como le añade al final otras órdenes de selección para la liberación del camino.

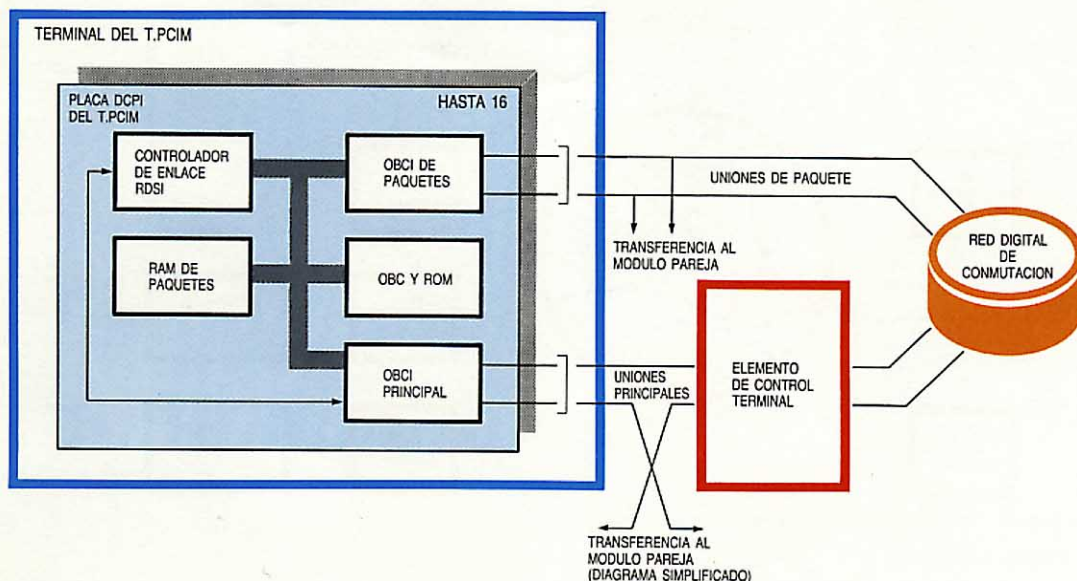
El OBC de la DCPI *a* envía el paquete de datos y las órdenes de selección a través del OBCI de paquetes, hacia la red digital de conmutación. El control de flujo a través de dicha red se lleva a cabo por el protocolo de paquetes interno. A continuación, el paquete lo recibe la DCPI *b* y lo almacena en su RAM de paquetes. Por último, se envía un acuse de recibo desde el OBC de la DCPI *b* hacia el OBC de la DCPI *a*, la cual borrará el paquete de su RAM.

El OBC de la DCPI *b* dará al paquete la referencia de llamada externa que necesite el abonado llamado. Finalmente, el paquete se procesa por el controlador de enlace RDSI de la DCPI *b* en el nivel 2 y se envía a la línea de abonado.

## Soporte de enlace

El concepto de interfaz dual de circuitos/paquetes se aplica también al ITM que controla un enlace a 2 Mbit s<sup>-1</sup> con sólo una DCPI. La pequeña diferencia respecto a la DCPI del ISM es que sólo se usa un controlador de enlace RDSI y se añade un interfaz de enlace para el nivel 1. Un ITM puede conmutar por circuitos cualquiera de los 32 canales (excepto el 0) a través de su





**Figura 4**  
Arquitectura del  
módulo interfaz de  
paquetes por canales  
de enlace.

OBCI principal, y también puede procesar paquetes en uno de estos canales. Se admite una diversidad de protocolos, incluyendo LAP-D, CCITT n° 7 y X.25. El ITM puede, pues, procesar paquetes de datos y de señalización. A menos que los paquetes tengan que ser tratados por el ECT del módulo, lo que puede ocurrir con algunos paquetes de señalización, el ITM se vale del protocolo interno de paquetes para encaminar éstos a través de la red digital de conmutación, por medio del OBCI de paquetes.

### Funciones del PCIM

En algunas ocasiones se han de procesar paquetes en un canal para el que no hay DCPI disponible en el módulo terminal, como en los casos siguientes:

- canal B de abonado conectado a un módulo de abonado digital, o a un ISM sin capacidad de proceso de paquetes en el canal B o con dicha capacidad ya utilizada por otros canales
- canal de enlace conectado a un DTM o a un ITM que ya esté procesando paquetes en otro canal.

Un PCIM consiste en un grupo de DCPI para utilizarse en tales casos. Existen dos tipos: PCIM de enlace (T.PCIM) para canales de enlace, y PCIM de abonado (S.PCIM) para canales B de acceso básico.

La figura 4 muestra un T.PCIM, idéntico a una DCPI de ITM salvo en que carece de interfaz de enlace de nivel 1. El canal de paquetes del enlace se conmuta por circuitos desde el módulo terminal a una de las DCPI del T.PCIM por medio de la unión principal y a través de la red digital de conmutación. El T.PCIM procesa los paquetes

exactamente como una DCPI de ITM, conmutándolos hacia otras DCPI a través de las uniones principales y la red digital de conmutación mediante el protocolo interno de paquetes.

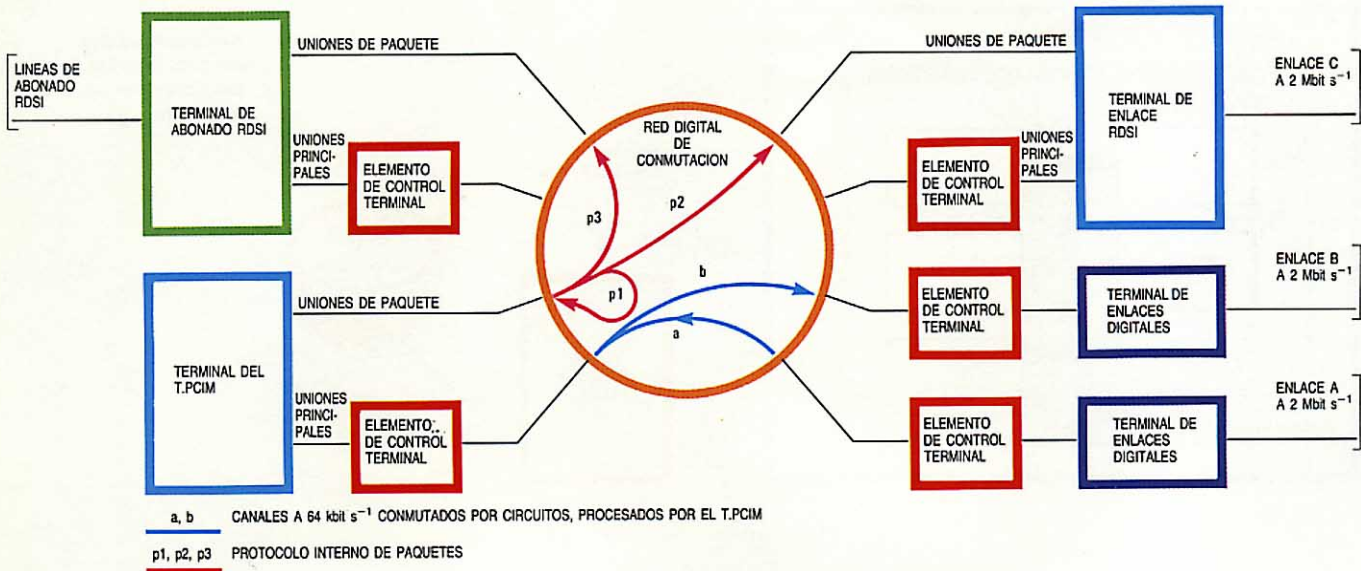
De forma similar, un S.PCIM es un conjunto de DCPI idénticas a las de ISM, excepto en que no hay conexión de  $2 \text{ Mbit s}^{-1}$  con ninguna placa de terminación de línea.

Como ejemplo, la figura 5 muestra un T.PCIM que trata canales de paquetes de un enlace, conectado a dos DTM. Supongamos que la central del Sistema 12 representada tiene que procesar paquetes transmitidos por el canal *a* del enlace A de  $2 \text{ Mbit s}^{-1}$ , controlado por un DTM. El DTM conmuta dicho canal *a* mediante la red digital de conmutación hacia una DCPI del T.PCIM que pueda procesar los paquetes. Todas las flechas en la figura 5 se refieren al tráfico de paquetes que recibe el mencionado DTM.

En la figura se ilustran tres de las alternativas posibles. En el caso 1, se ha de conmutar un paquete desde el canal *a* (enlace A) al canal *b* del enlace B, también conectado a un DTM. El canal *b* también es conmutado por circuitos a otra DCPI del T.PCIM. El protocolo interno de paquetes *p1* se utiliza para conmutar el paquete de la DCPI *a* a la DCPI *b* del mismo T.PCIM; sigue siendo válido el procedimiento cuando al canal *b* lo atiende un PCIM distinto.

En el caso 2, el paquete del canal *a* ha de ser conmutado al canal *c* en el enlace C, controlado y procesado por el ITM. Se aplica el protocolo interno de paquetes *p2* para conmutar el paquete de la DCPI *a* del T.PCIM a una DCPI del ITM. Análogamente en el caso 3, mediante el protocolo interno *p3*, se conmuta el paquete hacia una línea de abonado conectada a una DCPI de ISM.





**Figura 5**  
Soporte de canales para el módulo interfaz de paquetes por canales de enlace.

**Otras aplicaciones de la arquitectura**

La flexibilidad de la arquitectura DCPI posibilita construir módulos del Sistema 12 para una extensa gama de aplicaciones, que incluyen:

*Acceso primario*, en el que configuraciones de 30 canales *B + D* o 30 canales *B + E* pueden conectarse a un ITM, un ITM y un T.PCIM, o un DTM y un T.PCIM. Se utilizará para conectar unidades remotas de abonado RDSI o centralitas RDSI.

*Acceso a redes de paquetes*, que permite conectar enlaces CCITT X.75 a módulos del Sistema 12, dándoles soporte en el nivel 1 y conmutándolos por circuitos hacia un PCIM adecuado para el procesamiento de los niveles 2 y 3.

*Sistema de señalización CCITT n° 7*. Los T.PCIM pueden cursar tráfico de puntos de señalización y de puntos de transferencia de señalización en cualquier canal de enlaces conectados a ITM o DTM.

**Protocolo interno de paquetes**

Este es el protocolo (de niveles 1, 2 y 3 OSI) utilizado entre DCPI para conmutar paquetes a través de la red digital de conmutación. Estos paquetes pueden contener datos de abonado o mensajes de señalización CCITT n° 7. Para cada llamada virtual procesada por la central se establece una conexión de protocolo interno de paquetes. Dentro de la red de conmutación del Sistema 12, el encaminamiento de paquetes es totalmente dinámico. Externamente, en los enlaces RDSI, el encaminamiento de las llamadas es dinámico, pero el de los paquetes dentro de una llamada es estático, a no ser que se

encuentren situaciones anormales (p. ej., congestión o fallo de enlace). En condiciones normales de tráfico en la RDSI, esta estrategia logra una relación rendimiento/coste más eficaz que el encaminamiento dinámico sistemático por paquete.

El protocolo se asemeja a un protocolo X.25 reducido, y esencialmente se basa en el *reconocimiento positivo* de las tramas que se han transmitido con éxito a través de la red digital de conmutación: las tramas sin acuse de recibo serán retransmitidas al vencer una temporización. La integridad de las tramas queda asegurada por un mecanismo de comprobación, de redundancia cíclica, que utiliza 16 bits y está de acuerdo con el CCITT.

La conmutación de un camino DCPI-DCPI a través de los OBCI de paquetes y la red digital de conmutación, necesita unos 2 ms. Una DCPI puede tratar varios centenares de llamadas virtuales y puede, en un instante dado, transmitir o recibir hasta 16 paquetes hacia o desde otras DCPI. Por ejemplo, una central del Sistema 12 con 10.000 abonados RDSI conectados a ISM podría fácilmente conmutar más de 25 Mbit s<sup>-1</sup> de tráfico procesado de paquetes de datos, si fuese necesario, aparte de ofrecer conmutación por circuitos para dichos abonados y los que no pertenezcan a RDSI.

**Conclusiones**

La arquitectura de los módulos RDSI del Sistema 12 se basa en la red digital de conmutación inteligente y en un concepto avanzado del procesamiento distribuido de paquetes. Se utilizan ampliamente circuitos VLSI nuevos y potentes, de diseño a medida (OBCI, controlador de enlace RDSI



y circuito interfaz U) que también se usan en el equipo de abonado RDSI desarrollado por ITT<sup>6</sup>. La central digital Sistema 12 suministrada por SEL para el servicio piloto RDSI en Alemania<sup>1</sup> se basa en un subconjunto de esta nueva arquitectura de módulo RDSI.

La experiencia obtenida con las pruebas de campo en Bélgica, Italia y España<sup>7</sup>, se está aprovechando para el desarrollo de la familia completa de módulos RDSI, incluyendo la conmutación procesada de paquetes y el tratamiento de la señalización CCITT n° 7.

#### Referencias

- 1 D. Becker y H. May: Sistema 12: Servicio piloto RDSI de la administración alemana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 98–104 (en este número).
- 2 R. Bonami, J. M. Cotton y J. N. Denenberg: Central digital ITT 1240: Arquitectura: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 126–134.
- 3 J. M. Cotton, K. Giesken, A. Lawrence y D. C. Upp: Central digital ITT 1240: Red digital de conmutación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 148–160.
- 4 R. Dierckx y J. R. Taeymans: Sistema 12: Circuito de línea RDSI: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 105–111 (en este número).
- 5 H. J. Bergs, S. Nett y M. Witzgall: Implementation of Services in an ISDN: *Proceedings of the International Switching Symposium 1984*, Florencia, 7–11 mayo, 1984.
- 6 T. Israel, D. Klein y S. Schmoll: Sistema 12: Configuración del equipo de abonado RDSI, terminación de red, teléfonos digitales, y adaptadores de terminal: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 120–126 (en este número).
- 7 F. Haerens, B. Rossi y J. Serrano: Sistema 12: Pruebas de campo RDSI en las redes belga, italiana y española: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 89–97 (en este número).



## Sistema 12

# Configuración del equipo de abonado RDSI, terminación de red, teléfonos digitales, y adaptadores de terminal

Cuando la RDSI se prolongue hasta los abonados, se necesitarán nuevas configuraciones de cableado basadas en el interfaz  $S_0$  estándar, que permitan a varios terminales conectarse a una línea de abonado y operar simultáneamente. Las terminaciones de red conectarán a la central los terminales para servicios de RDSI a distancias relativamente largas, mientras que se introducirán adaptadores de terminal para terminales no diseñados para la operación en RDSI.

**T. Israel**

**D. Klein**

**S. Schmoll**

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

### Introducción

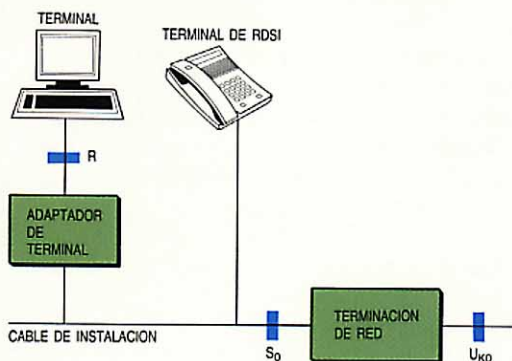
El rápido desarrollo de los circuitos integrados y el uso de métodos modernos de transmisión hacen posible desarrollar nuevos terminales para RDSI y conectarlos a la vez en el local del abonado mediante configuraciones especiales. Así se podrán satisfacer las demandas de los abonados actuales y futuros en cuanto a nuevos servicios, eficiencia, flexibilidad, fiabilidad y economía<sup>1</sup>.

La figura 1 expone la configuración básica en la instalación del abonado. La terminación de red une el cable del abonado (al cual se conectan los terminales) a la línea de abonado (interfaz  $U_{K0}$ ), que es el enlace con la central digital. El interfaz estándar de abonado  $S_0$  de la terminación de red es la

frontera con la red pública, y por tanto es responsabilidad de la administración. Los terminales desarrollados para la red telefónica analógica o redes de conmutación de circuitos o paquetes se modifican para la operación de RDSI mediante adaptadores de terminal.

Los requisitos principales que debe cumplir la configuración son:

- conexión de más de un terminal para diferentes servicios (voz, texto, datos, facsímil, vídeo) a una línea de abonado
- operación simultánea de varios terminales
- llamada selectiva de un terminal al servicio solicitado
- transmisión a larga distancia con una atenuación de 6 dB en el interfaz  $S_0$  (operación punto a punto), y de 40 dB en el interfaz  $U_{K0}$  entre abonado y central.



**Figura 1**  
Configuración básica de cableado para la introducción de terminales RDSI en la instalación del abonado.

### Configuraciones

Los terminales se pueden conectar al interfaz  $S_0$  mediante diversas configuraciones de 4 hilos. Se pueden mantener las actuales instalaciones de abonado si utilizan cables de pares trenzados con capacitancia de 40 a 120 nF km<sup>-1</sup>, terminados en los extremos con resistencias próximas a 100  $\Omega$ .



La configuración más sencilla es la operación punto a punto (Fig. 2a), con un solo terminal conectado al interfaz  $S_0$ ; se utiliza siempre que el terminal y la terminación de red estén separados cierta distancia, pues admite una atenuación de 6 dB, que corresponde aproximadamente a 1 km de cable. Más aún, se necesitará la operación punto a punto en las terminaciones de red inteligentes que sean capaces de conmutar canales B a diferentes terminales dentro de una instalación de abonado.

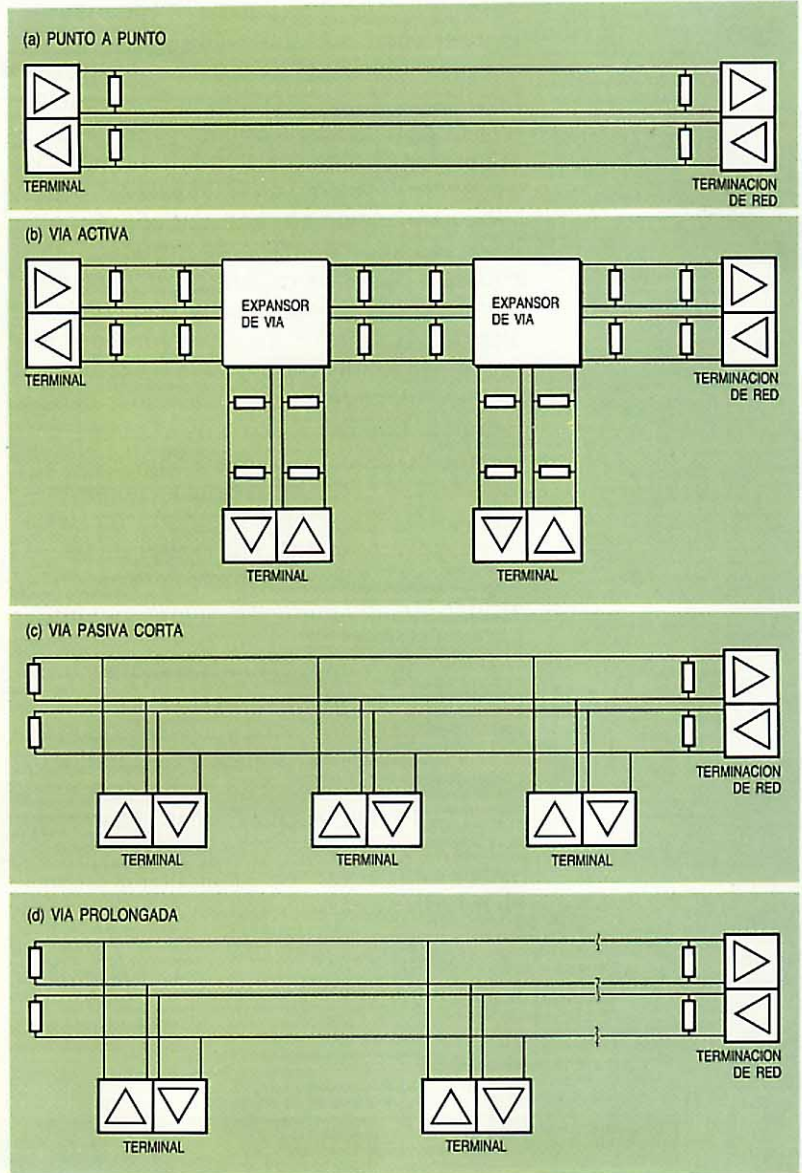
Un tipo más complejo de operación punto a punto es la vía activa (Fig. 2b), con expansores de vía intercalados en el cable. Se puede conectar un terminal en cada expansor de vía; éste desacopla al terminal del cable y controla el acceso a la terminación de red cuando dos o más terminales quieren comunicarse con ella simultáneamente. Los terminales pueden estar a considerable distancia de la terminación de red, ya que las señales son regeneradas en los expansores.

Otra configuración útil es la vía pasiva corta (Fig. 2c), que permite conectar hasta ocho terminales en puntos aleatorios a lo largo del cable por medio de cordones de longitud máxima 10 metros. La distancia entre terminal y terminación de red tiene un límite entre 100 y 150 metros, ya que el tiempo de propagación de ida y retorno de los impulsos no deberá exceder de  $2,7 \mu s$  para el número máximo de terminales conectados. Esto evita la inadmisibles superposición de impulsos procedentes de terminales ubicados cerca de la terminación de red y de los situados en el extremo remoto de la vía. Es necesario un control de acceso al canal D para asegurar una utilización ordenada de la terminación de red.

Una variante de la vía pasiva corta es la vía pasiva prolongada (Fig. 2d), en la que los terminales están agrupados en el extremo lejano del cable, formando así una vía pasiva corta conectada a la terminación de red a través de una distancia intermedia. El tiempo de propagación diferencial entre los terminales estará restringido a  $0,25 \mu s$ , que corresponde a una distancia de 25 a 50 metros. La distancia entre el grupo de terminales y la terminación de red vendrá limitada por la atenuación de 6 dB.

**Interfaz usuario-red y circuito integrado del interfaz**

Los interfaces entre el cable de instalación y la terminación de red, y entre el cable de instalación y los terminales, se basan en el circuito de interfaz usuario-red SIC (circuito de interfaz S). Este circuito integrado, encapsulado con 24 terminales en doble



**Figura 2**  
Configuraciones de cableado:  
(a) punto a punto  
(b) vía activa  
(c) vía pasiva corta  
(d) vía prolongada.

fila, está realizado en tecnología CMOS, que minimiza el consumo de potencia sin dejar de cumplir exigentes requisitos. El SIC transmite una señal a  $192 \text{ kbit s}^{-1}$  agrupada en tramas de 48 bits, 36 de los cuales son bits de información (dos octetos consecutivos de cada uno de los dos canales B, y cuatro bits del canal D). Quedan, pues, libres 12 bits por trama para las señales añadidas por el SIC. En dirección del terminal a la terminación de red, se utilizan cuatro bits para entramado ( $F$  y  $F_{A1}$ , cada uno con un bitio L de equilibrado) y ocho bits L para equilibrar en CC los cuatro octetos de canal B y los cuatro bits del canal D. En la dirección opuesta, cuatro bits vuelven a servir para entramado ( $F$  con su bitio de equilibrado L,  $F_A$  y  $N$ ), otros cuatro bits E forman un canal de eco para la retransmisión de los bits del canal D recibidos de los terminales, un bitio L sirve para equilibrar en CC el contenido de la







"0" sucesivos). Para asegurar que este acceso se comparte adecuadamente, el terminal deberá rebajar su prioridad cuando haya terminado su transmisión; esto significa que habrá que añadir un "1" lógico en el canal de eco D antes de la transmisión, a fin de que los terminales con direcciones desfavorables pero con mensajes de la misma prioridad tengan posibilidad de obtener el acceso. Tan pronto como el canal D se encuentre libre, volverá a asignarse la prioridad normal a los terminales.

El SIC está conectado al cable de la instalación mediante transformadores equilibrados, permitiendo la alimentación desde la terminación de red a los terminales a través del circuito fantasma del cable. La potencia nominal de 4 W a 40 voltios se extraerá de la red local. Sin embargo, en caso fallo de ésta se invertirá el voltaje en el circuito fantasma y se tomará una potencia reducida de 420 mW de la batería de la central, para que un terminal preseleccionado pueda al menos mantener las funciones de telefonía básica.

### Terminación de red

La terminación de red conecta la instalación del abonado a la línea. La transmisión de la señalización y de la información es transparente. Es posible incluir funciones de conmutación en una terminación de red, de forma que pueda actuar como una PABX.

El cable de instalación del abonado se conecta a la terminación de red a través del SIC, que proporciona las funciones de transmisión hacia y desde los terminales.

La conexión a la línea de abonado se hace a través del UIC (circuito de interfaz  $U_{K0}$ )<sup>2</sup>, que realiza las funciones de transmisión a la central local RDSI. En la línea de abonado se utiliza un procedimiento de transmisión digital a dos hilos, con compensación de eco y código 4B/3T, lo que permite al abonado alejarse mucho de la central ( $\geq 40$  dB).

Los SIC y UIC se conectarán por medio del interfaz interno del módulo, a través del cual se transmiten los datos a  $256 \text{ kbit s}^{-1}$ . Los datos están agrupados en cuatro octetos: los dos primeros se reservan para los dos canales B, el tercero no se usa y el cuarto contiene dos bits del canal D, cuatro bits para la transmisión de órdenes y mensajes entre los interfaces  $S_0$  y  $U_{K0}$ , y otros dos bits que no se utilizan.

Además del SIC y el UIC, la terminación de red incluye un transformador para terminar la línea de abonado.



**Adaptador de terminal para aquellos terminales que no se ajusten a los requisitos de la RDSI.**

### Teléfono digital DIGITEL\*

Los aparatos Digitel están diseñados para la conexión a la RDSI. La separación de los canales de voz y de datos hace posible enviar información de señalización y recibirla de la central sin perturbar la transmisión en los canales de voz.

El protocolo de señalización requiere el tratamiento de estados de la llamada dentro del teléfono, por lo que todas las facilidades telefónicas están grabadas en programación permanente. Ello proporciona una asistencia al usuario (p. ej., visualizando mensajes relativos a la programación y operación del teléfono), de tal forma que los usuarios sin experiencia puedan manejar fácilmente el aparato.

La estructura modular de la programación antes citada minimiza las modificaciones que se puedan necesitar, una vez establecido el servicio piloto RDSI del Deutsche Bundespost o emitidas normas por los CEPT y CCITT. El diseño del aparato telefónico permite producir modelos con facilidades adicionales, sin más que añadir módulos de circuitos o de programas. Los aparatos se pueden equipar con un interfaz U a 2 hilos o un interfaz S a 4 hilos.

Las principales características del teléfono Digitel que se utilizará en el servicio piloto de RDSI, son las siguientes:

- interfaz  $S_0$  a 4 hilos con resolución de contiendas en el acceso a la vía
- señalización LAP-D tipo HDLC
- marcación por teclado
- visualización alfanumérica por cristal líquido, indicando abonado llamado,

\* Marca registrada del Sistema ITT



abonado llamante, números almacenados, facilidades activadas, tarificación, mensajes de la central sobre el progreso de la llamada, y mensajes de guía al usuario

- facilidades de marcación, como la marcación por una sola tecla (hasta 14 números), repetición del último número, marcación con el teléfono colgado, marcación "fuera de línea" y línea directa
- teclas de función para activar facilidades de la central, tales como mantener en espera, información de tarificación, y aceptación de llamada con cargo revertido
- utilización de altavoz con control de volumen

salientes, y la resolución de contiendas en la vía para los terminales conectados a dicha vía  $S_0$ .

El controlador de enlace RDSI está formado por un controlador HDLC que atiende las funciones básicas de nivel 2 para el protocolo del canal D y realiza la multiplexación y demultiplexación en los canales B y D. Es el interfaz entre el microprocesador y el SIC.

El sistema microprocesador consta de microprocesador, memoria de programa, memoria de datos con almacenamiento en batería de las facilidades de repertorio y programadas, y circuitos de interfaz con periféricos. Sus funciones primarias son las de generar bitios de señalización y decodifi-

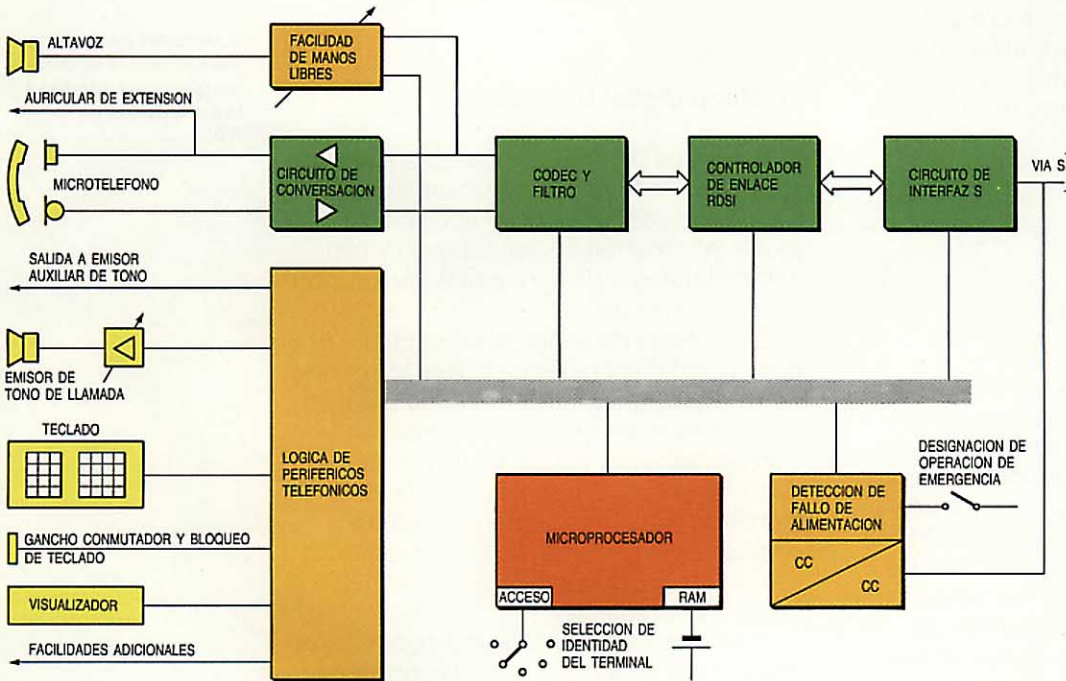


Figura 4 Estructura de equipo del aparato Digitel.

- conmutación por teclado de funciones programables, restricción en llamada saliente, transmisión de llamada directa
- emisión de tono de llamada, controlando tonalidad y volumen vía teclado
- facilidades adicionales, como auriculares y segundo tono de llamada; pueden conectarse dispositivos de marcación abreviada, a través de un interfaz serie especial.

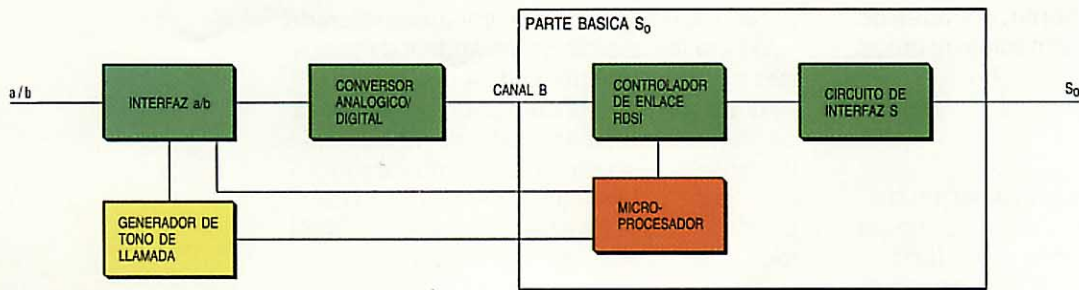
En la figura 4 se muestran los principales bloques funcionales de equipo del aparato Digitel. El SIC realiza el interfaz eléctrico y de transmisión a la vía  $S_0$ . También proporciona la sincronización del sistema, el soporte a los procedimientos de activación y desactivación para llamadas entrantes y

car la señalización recibida de los niveles 2 y 3, manejar las facilidades del usuario, controlar los equipos periféricos telefónicos (p. ej., el visualizador alfanumérico), controlar el teclado y generar los tonos de llamada.

La lógica de los periféricos telefónicos comprende el decodificador del teclado, el control de volumen del tono de llamada, la lógica de activación para el corte de alimentación, y la introducción conmutada del altavoz y otras facilidades.

El visualizador alfanumérico de cristal líquido contiene memoria, generador de caracteres, multiplexor y excitador. El visualizador, controlado directamente por el microprocesador, muestra el estado de la llamada, número marcado, número llamado, tarificación, y otras informaciones.





**Figura 5**  
Diagrama de bloques del adaptador de terminal a/b.

El circuito de voz analógico acopla las características eléctricas del micrófono al codec y al filtro, y realimenta el tono de efecto local desde el amplificador del micrófono al transductor. El codec y el filtro realizan la conversión analógico a digital y digital a analógico de la señal de voz. La codificación y decodificación se basan en el principio de la ley A. Las secuencias de datos de la voz digitalizada se presentan al controlador del enlace RDSI, y se reciben del mismo sin aleatorizar, en palabras de ocho bits.

Para facilitar la alimentación por la línea del aparato Digitel, todos los componentes LSI y VLSI se realizan en tecnología CMOS.

### Adaptadores de terminales

Los terminales que no satisfacen los requisitos de la RDSI (p. ej., terminales para la red telefónica analógica o la red conmutada de datos), pueden conectarse a través de adaptadores de terminales. Estos circuitos adaptan la velocidad binaria a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  y convierten la información de señalización en mensajes de los protocolos de canal D.

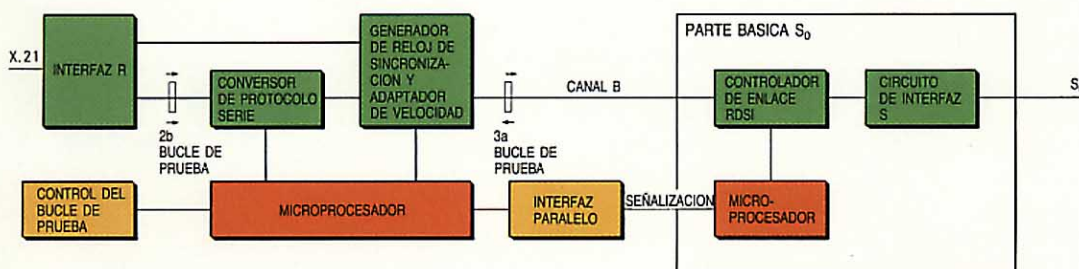
A la red telefónica analógica se conectan una gran variedad de terminales, tales como máquinas de facsímil, terminales de datos con módems y contestadores automáticos. Todos ellos tienen velocidades diferentes y no pueden insertar un indicador especial de servicio cuando se conectan a la RDSI a través de enlaces analógicos, dificultando la selección de velocidad adecuada en el entronque entre la red telefónica analógica y la RDSI. Se ha desarrollado un

adaptador de terminal a/b (Fig. 5), el cual opera utilizando las mismas señales en frecuencia vocal que se transmiten por redes analógicas, sin tener en cuenta el servicio ni su velocidad. Para la adaptación de velocidad se utiliza un codec. Un circuito de interfaz de línea de abonado recibe los impulsos de marcación, siendo esta información convertida al protocolo de canal D mediante un microprocesador y el controlador de enlace RDSI. El interfaz al puerto RDSI lo proporciona también el SIC.

La adaptación de los terminales conectados a redes de datos por conmutación de circuitos se realiza mediante el adaptador de terminal X.21, de acuerdo con la Recomendación X.30 del CCITT (Fig. 6). La parte que convierte la señalización X.21 al protocolo del canal D es la misma que en el adaptador de terminal a/b, y también común al aparato Digitel.

La adaptación para las velocidades de  $0,6, 2,4, 4,8, \text{ y } 9,6 \text{ kbit s}^{-1}$  se lleva a cabo en dos etapas. Primero, estas velocidades se incrementan a  $8 \text{ ó } 16 \text{ kbit s}^{-1}$  mediante la inserción de 48 bits de información en una trama de 80 bits, lo cual multiplica la velocidad por un factor de  $5/3$ . La diferencia restante hasta  $8 \text{ kbit s}^{-1}$  se cubre repitiendo ocho veces los bits de información para  $0,6 \text{ kbit s}^{-1}$ , y dos veces para  $2,4 \text{ kbit s}^{-1}$ . Los 32 bits sobrantes en la trama de 80 se utilizan del siguiente modo; 17 bits para alineación de trama, 7 para información relativa a la velocidad de usuario, 6 para información del estado del interfaz X.21, más dos bits finales reservados para uso futuro, que están puestos a 0.

Para adaptar las velocidades intermedias de  $8 \text{ y } 16 \text{ kbit s}^{-1}$  a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , se insertan 7 ó



**Figura 6**  
Diagrama de bloques del adaptador de terminal X.21.



3 bits "0", respectivamente, después de cada uno de los bits intermedios de datos.

### Conclusiones

Cuando la RDSI llegue a la instalación del abonado, se necesitarán nuevas configuraciones de cableado basadas en la Recomendación I.430 del CCITT, que permitan conectar varios terminales a una línea de abonado, trabajando simultáneamente, y enviar llamadas directamente a terminales preseleccionados. La instalación consiste en una línea a cuatro hilos, con la cual es posible formar una vía de acceso acabada en una terminación de red. A esta nueva instalación se podrá conectar una gran variedad de nuevos terminales para diversos servicios (voz, datos, facsímil, vídeo, etc.).

Se usa un sistema con compensación de eco para la transmisión en ambas direcciones por líneas de abonado a dos hilos. El método garantiza la operación en una línea de abonado con atenuación de 40 dB. Los terminales ya existentes, que no fueron diseñados para el interfaz estándar RDSI, pueden modificarse para operar en la RDSI mediante los adaptadores de terminal.

### Referencias

- 1 K. H. Rosenbrock: Mögliche Integration von Fernmeldediensten im digitalen Fernsprechnetz der Deutschen Bundespost – ISDN: *Zeitschrift für das Post- und Fernmeldewesen*, 1982, volumen 34, n° 9, págs. 3–10.
- 2 L. Gasser y H. W. Renz: Sistema 12: Transmisión a  $144 \text{ kbit s}^{-1}$  por bucles digitales de abonado: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 127–130 (en este número).



## Sistema 12

# Transmisión a $144 \text{ kbit s}^{-1}$ por bucles digitales de abonado

La implantación de la velocidad de datos de  $144 \text{ kbit s}^{-1}$  sobre líneas de abonado existentes es un reto para los diseñadores, tanto de sistemas como de VLSI. Se ha diseñado un nuevo sistema de transmisión que ofrece las elevadas prestaciones necesarias para aplicarse a todo tipo de líneas en las redes locales de cualquier parte del mundo.

**L. Gasser**  
**H. W. Renz**

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

### Introducción

El CCITT ha recomendado la velocidad de  $144 \text{ kbit s}^{-1}$  para líneas de abonado dedicadas al acceso de usuarios a la RDSI (acceso básico). Esta velocidad admite dos canales B de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para transmisión de voz y datos, y un canal D de  $16 \text{ kbit s}^{-1}$  para señalización y datos a baja velocidad o teletimetría. Además, se incluyen canales de información auxiliares para transportar sincronización y mantenimiento en el bucle. La introducción de sistemas de transmisión capaces de proveer estos canales elevará el nivel tecnológico de la planta de abonado.

Los bucles digitales de abonado proporcionarán ante todo la comunicación de voz y datos, aunque a velocidades mucho más altas y con mayor flexibilidad que las actuales líneas analógicas de abonado. Sin embargo, en un plazo ligeramente mayor, se espera ofrecer una gama de nuevas facilidades (p. ej., visualización de números llamante y llamado, almacenamiento de mensajes, guía al usuario).

Si bien la calidad de la transmisión de voz y datos sobre líneas analógicas depende de la atenuación de la línea, distorsión, ruido, y pérdidas de retorno en la banda vocal, la calidad de un bucle digital dependerá de la tasa de errores binarios de la línea en la banda total de transmisión, esencialmente distinta de la banda vocal. En lo que se refiere al funcionamiento de un sistema de transmisión en la planta de cables existente, debería recordarse que los sistemas analógicos y digitales compartirán el mismo cable físico durante un largo periodo de transición.

Se han realizado numerosas medidas y pruebas de campo sobre redes de líneas de abonado en Alemania<sup>1</sup>, Bélgica e Italia, para desarrollar un sistema de transmisión dúplex de amplia utilización. Dos áreas fundamentales afectan a la transmisión en la línea de abonado. Primeramente, sus características en el dominio del tiempo y la frecuencia, incluyendo impedancia, paradiafonía y telediafonía, y atenuación. En segundo lugar, su comportamiento en cuanto a cantidades de ruido por unidad de tiempo dentro de la banda de transmisión, impulsos y ráfagas de ruido en la línea (ya sean simultáneos o no) causados por impulsos de marcación, llamada, cómputo, y por la transmisión de télex, datos o de cualquier combinación de tales servicios por líneas contiguas.

Durante las pruebas de campo se compararon<sup>2</sup> las opciones más atractivas: los métodos de separación temporal (o ping-pong) y de compensación de eco. Los resultados demuestran que el método de compensación de eco ofrece las mejores características con respecto a la longitud de la línea, inmunidad al ruido, y tolerancia a transmisión analógica y digital dentro del mismo mazo de cables. La compensación de eco requiere más funciones y equipo físico, pero podría diseñarse de modo que fuese aplicable a cualquier línea en las redes de abonado de diferentes administraciones. Entre las ventajas de este método figura la de poder elegir el código de línea — y por tanto la frecuencia central de su espectro de densidad de potencia — de forma que se mantenga inferior a 40 dB la atenuación de la máxima longitud de línea



que haya de cubrir el sistema. Además, se admite una amplia gama de diámetros de línea, cadenas de secciones con diferentes diámetros, desadaptaciones, y derivaciones puenteadas. La anchura de banda puede ser inferior a la mitad de la necesaria para el método pingpong, lo cual aumenta la inmunidad al ruido.

### Requisitos del sistema

De acuerdo con la terminología RDSI del CCITT, los bloques funcionales de terminación de la línea de abonado son el LT (terminación de línea), situado en el lado de la central, y el NT1 (terminación de red 1) en el lado de abonado de la línea; ambos se conectan a la línea de abonado de dos hilos por sendos interfaces U. El sistema de transmisión en sí termina en el interfaz V por el lado de la central, y en el interfaz T del lado de la terminación de red (Fig. 1). El requisito más importante de un sistema de transmisión aplicable a la línea de abonado es el de utilizar al máximo la planta de cable local sin restringir las prestaciones del sistema. Esto se puede conseguir si el sistema asegura una alta calidad de transmisión aun con líneas deficientes.

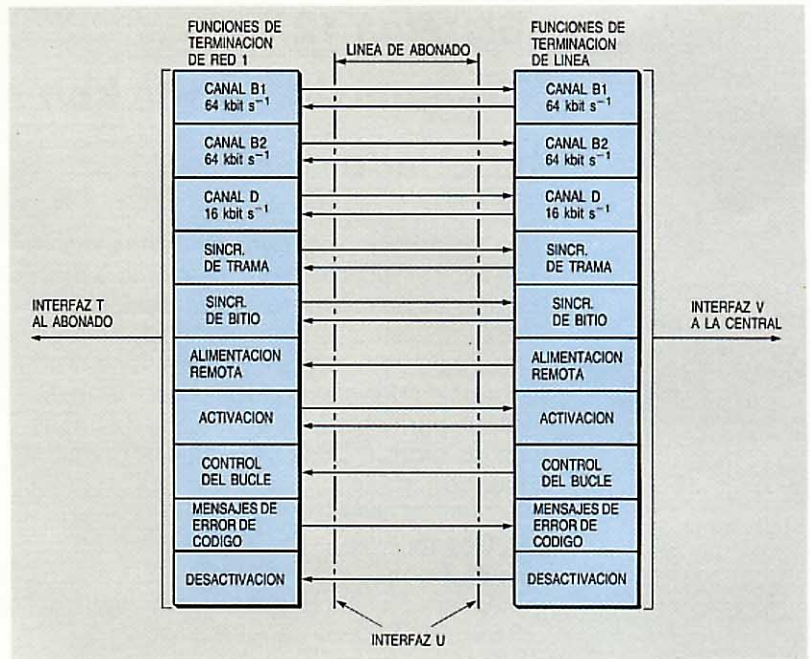
La Recomendación G.821 del CCITT define los siguientes objetivos en cuanto a error en conexiones internacionales:

- transmisión de voz: tasa de error binario inferior a 10<sup>-6</sup> durante el 90% del tiempo de transmisión
- transmisión de datos: tiempo exento de errores del 92% por lo menos.

La contribución a errores de la sección de abonado no debe exceder del 20 al 25%.

Los problemas que han de resolver los diseñadores del sistema son primordialmente los de conseguir las características de transmisión requeridas en redes locales que no fueron diseñadas para transmisión de datos. Más concretamente los problemas fundamentales son:

- Grandes diferencias en las longitudes de las líneas. Aunque tales longitudes no varían mucho en Europa, el diseño del sistema debería admitir redes con diferencias considerables, como sucede en Estados Unidos. Durante la transición a la RDSI, tendrían que poderse utilizar líneas largas donde no haya suficientes centrales RDSI.
- Variaciones en la construcción y dimensiones del cable. Los tipos de cable, diámetros de líneas, y diámetros de secciones concatenadas deben satisfacer las normas de la Administración. Son usuales los diámetros de 0,4, 0,5, 0,6, y



**Figura 1**  
Funciones del sistema de transmisión entre la terminación de línea y la terminación de red 1.

0,8 mm, generalmente en cables de cobre, excepto en el Reino Unido donde también se utilizan algunos cables de aluminio.

- Diafonía procedente de líneas contiguas que transmitan señales digitales de 144 kbit s<sup>-1</sup>, así como entre líneas con señales analógicas y digitales mezcladas, como ocurrirá durante la larga transición a redes totalmente digitales.
- Degradación por transmitirse señales convencionales de datos, télex o teletría por el mismo mazo.
- Pérdida de calidad en líneas de abonados digitales a la vez utilizadas para transmisión de radiodifusión (voz y música), tal como sucede en algunos países europeos (p. ej., Suiza e Italia).
- Degradación de líneas de abonados digitales causada por cables de alimentación de red, interferencia de radio o radiación electromagnética.

Además de ofrecer las prestaciones exigidas por las redes de abonado, tienen que satisfacerse otras demandas del usuario y de la Administración, tales como la de simplificar el mantenimiento. Aunque el interfaz U de acceso básico a la RDSI no será especificado por el CCITT (y en consecuencia seguirá siendo responsabilidad de cada país), algunas características esenciales se desprenden indirectamente de las recomendaciones sobre interfaces V y T.

La figura 1 resume las funciones necesarias para conseguir el acceso básico adecuado. Ante todo, hay un procedimiento de activación/desactivación que reducirá al mínimo el consumo de energía, al dejar sin



alimentación al sistema cuando no se utilice. El procedimiento permite una rápida captura y liberación de la vía de transmisión.

Asimismo, además de los dos canales B y el canal D, hay que proporcionar sincronización de trama y de bitio. El reloj maestro, suministrado por la central, se transmite mediante la información de sincronización desde la terminación de línea a la terminación de red 1, y desde allí al equipo terminal. Haciendo un bucle en NT1 se devuelve la señal de reloj a la LT. La transmisión debe ser independiente de la secuencia binaria.

Se necesita también, en caso de fallo de alimentación local, poder alimentar desde la central un aparato telefónico predeterminado que proporcione las funciones telefónicas básicas.

Por otra parte, el mantenimiento del acceso básico se efectúa mediante conexión de bucles de pruebas: unas órdenes especiales, generadas por rutinas de mantenimiento dentro de la central, inician la conmutación de los bucles de pruebas en la LT, NT1, y en los bloques funcionales siguientes si así se requiere. A través de dichos bucles se transmiten patrones de prueba, bien a petición, o bien en periodos de bajo tráfico, para localizar fallos en los circuitos.

Finalmente, el sistema de transmisión del acceso básico se supervisa continuamente mediante el recuento de violaciones de código durante la actividad del equipo.

## Descripción del sistema

Si se utilizasen componentes convencionales (discretos, híbridos), los rigurosos requisitos del sistema darían lugar a un equipo voluminoso. Por tanto se eligieron el método de transmisión y los parámetros del sistema de forma que pudiera utilizarse proceso digital de la señal, aprovechando así al máximo la moderna tecnología VLSI. En la tabla 1 se resumen las principales características del sistema.

La figura 2 es un diagrama de bloques del circuito VLSI desarrollado para las funciones de terminación de línea y terminación de red 1.

El procedimiento de activación se inicia intercambiando señales de llamada y reconocimiento de 7,5 kHz entre LT y NT1. Una vez reconocidas estas señales, el controlador comienza el procedimiento de sincronización. En ese momento el interfaz externo genera un tren de bitios que se envía al multiplexor a través del aleatorizador y del codificador, al cual se añade la información no aleatorizada (la palabra de sincronización y la información de servicios). Se transfiere luego a la línea la información ternaria a

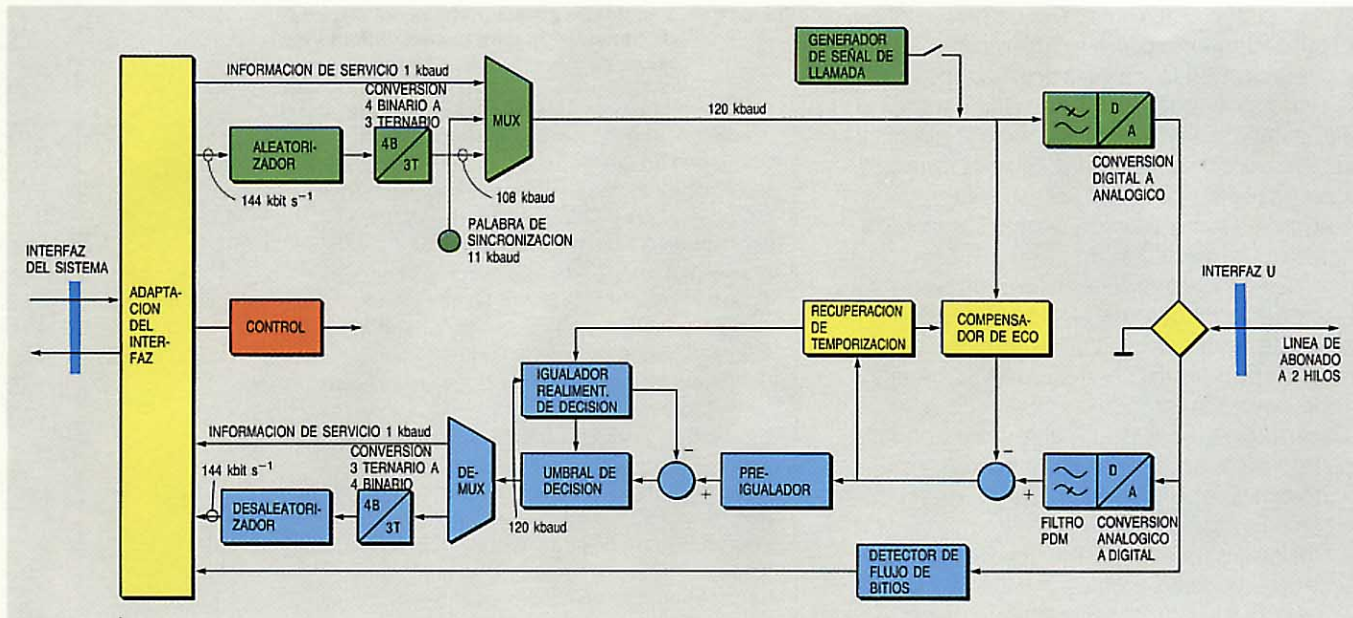
**Tabla 1 — Principales características del sistema de transmisión para bucles digitales de abonado**

Conversión analógico a digital mediante un modulador de densidad de impulsos seguido de un filtro de conversión digital
Velocidad de muestreo de una vez por símbolo
Conversión digital-analógico y conformación de impulsos en el lado de transmisión
Proceso digital de la señal para todas las funciones, incluyendo recuperación de la temporización
Recuperación del reloj de trama y de bitio utilizando una palabra de sincronización Barker
Evaluación del instante de muestreo mediante un bucle enganchado en fase
Codificación y decodificación 4B/3T (MMS43)
Aleatorizador y desaleatorizador utilizando un polinomio de grado 23 (Recomendación V.29 del CCITT)
Velocidad de símbolos en línea de 120 kbaud, ternaria
La trama contiene 120 intervalos ternarios, correspondientes a una longitud de trama de 1 ms
La palabra de sincronización consta de 11 bitios (ternario), no aleatorizados
La información de servicio (órdenes del bucle, mensajes de código de error) se transmite mediante un intervalo ternario, no aleatorizado
La información no aleatorizada se sitúa diferentemente dentro de la trama en las dos direcciones de transmisión de línea, para no degradar la compensación de eco
La compensación de eco adaptativa incluye una estructura de filtro transversal
Igualación adaptativa con realimentación de decisión
Control automático de ganancia
Regreso rápido al funcionamiento después de la toma de la línea merced al almacenamiento de datos durante la ausencia de energía
Activación y desactivación controladas mediante procedimientos de intercambio con secuencias especiales de señales
Control de mantenimiento del bucle y detección de violaciones del código

través del filtro transmisor y del convertor digital a analógico. La sincronización progresa con el intercambio de señales entre LT y NT1. En cuanto éstas se reconocen, la línea queda libre para transmitir los datos del usuario.

A la señal recibida del extremo distante se superpone, en la entrada del receptor, una señal de eco (reflexiones de la señal transmitida por imperfecciones de la híbrida o de la línea de abonado). Esta señal de eco puede ser mucho mayor que la señal recibida del extremo distante. La suma de ambas señales en la entrada del receptor es explorada por el convertor analógico-digital, a una velocidad de 15,36 MHz en la entrada y 120 kHz después del muestreo reductor. Tras un filtraje a la entrada, se extrae la información de temporización por correlación con la palabra de sincronización





**Figura 2**  
Diagrama de bloques del circuito VLSI de terminación de línea/terminación de red 1.

Barker. El compensador de eco elimina la señal de eco perturbadora.

Para garantizar el ajuste en todos los casos, los tres bucles adaptativos importantes (recuperación de reloj, igualación, y supresión de eco) son independientes entre sí, con lo que se evita cualquier riesgo de interferencia mutua. El igualador (compuesto de pre-igualador adaptativo y post-igualador realimentador de decisión) tiene una convergencia inicial adecuada. La señal de control para actualización del igualador se obtiene a partir de la señal de decisión en la salida del umbral lógico.

La señal ternaria que se transmite se utiliza como referencia para el compensador de eco, siendo el criterio de actualización el error cuadrático medio en el lado del receptor.

Las características del compensador de eco deben ser excelentes en cuanto a supresión del eco y al ruido de cuantificación y actualización. La supresión de eco debe ser superior a 60 dB para lograr el comportamiento requerido.

Después que la señal ha pasado el umbral de decisión en el circuito de igualación realimentador de decisión, el demultiplexor extrae la información de servicio y el decodificador convierte en binario el flujo ternario de bits. Por último, el desaleatorizador recupera la información en secuencia binaria, tal como necesitan los bloques funcionales siguientes en el sistema de transmisión. Después la información pasa por un

separador de terminación, y a través del interfaz del sistema, a las unidades funcionales.

### Estado actual y perspectivas

Se ha completado el diseño de un sistema de transmisión a 144 kbit s<sup>-1</sup> para uso en bucles digitales de abonado. Los resultados de las pruebas en un emulador de circuitos, en conjunción con las simulaciones por ordenador, han demostrado que se ha logrado ampliamente el comportamiento previsto. Varios simuladores del sistema de transmisión se han entregado a compañías de ITT, para su utilización por las administraciones en las pruebas de campo de RDSI en Italia, Bélgica, España y Australia.

Se encuentra en fase de diseño el componente VLSI, el cual debería estar terminado y disponible para el proyecto piloto de RDSI del Deutsche Bundespost, que entrará en servicio en 1986.

### Referencias

- 1 B. Aschrafi, P. Meschat y K. Széchenyi: Field Trial Results of a Comparison of Time Separation, Echo Compensation and Four Wire Transmission on Digital Subscriber Loops: *International Symposium on Subscriber Loops and Services*, 20-24 septiembre 1982, Toronto, pág. 181.
- 2 D. Becker, L. Gasser y F. Kaderali: Digital Subscriber Loops Concept, Realization and Field Experience of Digital Customer Access: *International Switching Symposium*, 1981, Montreal, sección 24c, comunicación 2.



# Sistema 12

## Técnicas de aplicaciones RDSI en banda ampliada

Los nuevos servicios planificados para RDSI requerirán que se conmuten señales de banda ampliada por centrales telefónicas. Utilizando un mecanismo sencillo y un nuevo subsistema de equipo físico, la central digital Sistema 12 es capaz de cursar servicios con anchuras de banda de  $N \times 64 \text{ kbit s}^{-1}$ , hasta un máximo de  $1920 \text{ kbit s}^{-1}$ .

**S. R. Treves**

FACE, Milán, Italia

**D. C. Upp**

ITT Advanced Technology Center, Shelton, Connecticut, Estados Unidos de América

### Introducción

Ciertos servicios de telecomunicación, tales como audio de alta calidad, compresión de vídeo y transferencia de datos de ordenador a ordenador requieren velocidades binarias que exceden a la velocidad telefónica digital de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . Para proveer estos servicios se utilizarán trayectos conmutados con velocidades binarias que sean múltiplos de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . Hasta  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  pueden utilizarse mecanismos convencionales de RDSI, pero para servicios de velocidades superiores hay que recurrir a otros nuevos. Dentro de tales velocidades se consideran dos categorías: banda ampliada y banda ancha. Entendemos aquí por servicios RDSI de banda ampliada los que utilizan velocidades de  $N \times 64 \text{ kbit s}^{-1}$  ( $2 \leq N \leq 30$ ), siendo su máximo de  $1920 \text{ kbit s}^{-1}$ . Los servicios cuya velocidad exceda este límite se clasifican como de banda ancha. Una nueva técnica presentada en este artículo, permitirá al Sistema 12 ofrecer servicios conmutados de banda ampliada.

### Requisitos

El CCITT ha definido un conjunto de velocidades de canal RDSI en las Recomendaciones I.412 e I.431 para interfaces físicos red/usuario de RDSI, como se indica a continuación:

Canal D: transporta en primer término información de señalización para conmutación de circuitos por la RDSI a  $16 \text{ kbit s}^{-1}$  en la estructura de canal básica ( $2B + D$ ), y a

$64 \text{ kbit s}^{-1}$  en la estructura de velocidad primaria ( $1544 \text{ kbit s}^{-1}$  para Norteamérica ó  $2048 \text{ kbit s}^{-1}$  para Europa).

Canal B: canal de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  con información de usuario: provee acceso a diversos modos de comunicación dentro de la RDSI, incluyendo conmutación de circuitos de voz o datos y conmutación de paquetes de datos.

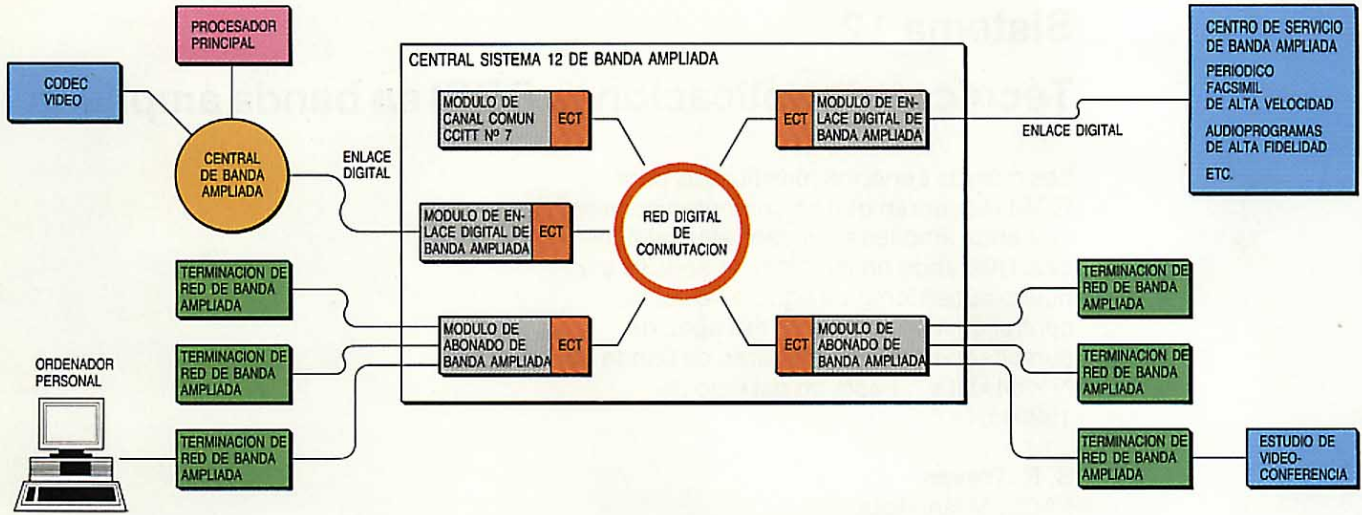
Canal H0: conmutación de circuitos de  $384 \text{ kbit s}^{-1}$ .

Canal H1: conmutación de circuitos de  $1536 \text{ kbit s}^{-1}$  para Norteamérica y  $1920 \text{ kbit s}^{-1}$  para Europa.

Además, se ha propuesto un doble canal H0 para facsímil de alta resolución con conmutación de circuitos de datos a  $768 \text{ kbit s}^{-1}$ . En general, puede necesitarse cualquier velocidad binaria múltiplo de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  para uno u otro servicio.

El principal requisito para que el Sistema 12 dé servicios de RDSI en banda ampliada es poder conmutar canales B,  $N \times B$ , H0,  $N \times H0$  y H1 a través de la red digital de conmutación existente. El servicio de banda ampliada se dará mediante un canal de abonado a abonado, conmutado por circuitos, transparente a la velocidad seleccionada; se establecerá sobre una base de servicio continuo o por llamada. El mecanismo básico de conmutación en banda ampliada deberá ser programable para proporcionar cualquier velocidad binaria, desde  $64$  hasta  $1920 \text{ kbit s}^{-1}$  en incrementos de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . Se necesitarán servicios punto a punto y punto a multipunto, debiendo ofrecerse servicio conmutado





**Figura 1**  
Red de banda ampliada basada en la central digital Sistema 12.

tanto en centrales de tránsito como en locales.

Entre centrales, las señales de banda ampliada se transportarán por varios canales asociados sobre un enlace digital. Las conexiones de abonado en centrales locales pueden abarcar desde pares de hilos, para servicios de velocidad relativamente baja, hasta cable coaxial o fibra óptica, para los de velocidades superiores. En cualquier caso, la estructura probable de la RDSI de banda ampliada incluirá un canal D además de los canales B, H0 ó H1.

Para establecer una llamada de banda ampliada, la información de señalización será transmitida por mensajes en el canal D entre el equipo de abonado y la central. Las conexiones distantes en banda ampliada se efectuarán de acuerdo con el canal de señalización nº 7 del CCITT, que utiliza una nueva parte de usuario expandida. Todavía tiene que decidirse el formato y contenido de estos procedimientos de señalización, pero la nueva información a transmitir es principalmente el número de canales que se han de asociar en la ruta.

**Distorsión oblicua de tiempo**

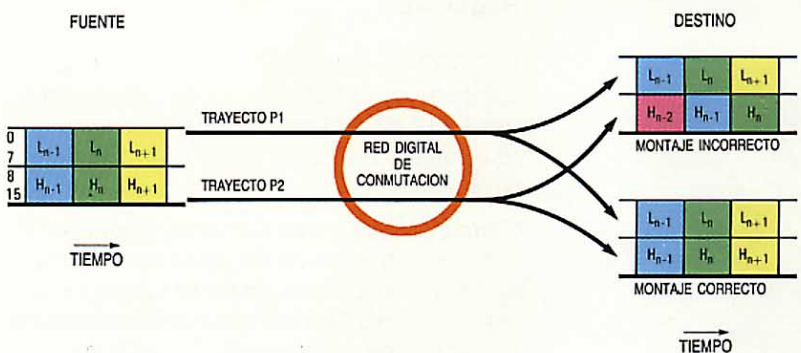
El traslado de una señal de banda ampliada desde una fuente a uno o más destinos requiere establecer un camino de transmisión a través de una o más centrales, como se indica en la figura 1. Se utilizan enlaces digitales que permiten disponer de una velocidad binaria de 1920 kbit s<sup>-1</sup> (30 canales) en líneas de formato CEPT, y de 1536 kbit s<sup>-1</sup> (24 canales) en líneas T1 de Norteamérica. Siendo 30 el valor máximo de N para la RDSI de banda ampliada, se supone que todos los canales asociados de un grupo de señales en banda ampliada se transmiten por el mismo enlace digital. Si

esto no fuera cierto, los distintos canales de señal podrían experimentar retardos de transmisión cambiantes, problema no abordado en el mecanismo que se considera. Siempre que todos los canales pertenezcan a un solo enlace digital, no se introducirá distorsión oblicua de tiempo en la transmisión.

Sin embargo, debe proveerse una compensación para la distorsión de tiempo introducida por la desigualdad de retardos de tránsito entre los N trayectos a través de la red digital de conmutación. Este problema de distorsión se ilustra en la figura 2, que muestra un caso sencillo de dos trayectos asociados (N=2). En la fuente, entran al conmutador palabras formadas por multibitios altos H y multibitios bajos L. Las palabras consecutivas tienen los siguientes multibitios.

$$\dots, H_{n-1}: L_{n-1}: H_n: L_n: H_{n+1}: L_{n+1}, \dots$$

Los multibitios bajos pasan a través del conmutador en el trayecto P1 con retardo T1, mientras que los multibitios altos se conmutan en el trayecto P2 con retardo T2. Si los retardos son iguales, los multibitios altos y bajos asociados, H<sub>n</sub> y L<sub>n</sub>, salen en la secuencia correcta, y el trayecto de banda



**Figura 2**  
Problema de distorsión oblicua para dos trayectos asociados.



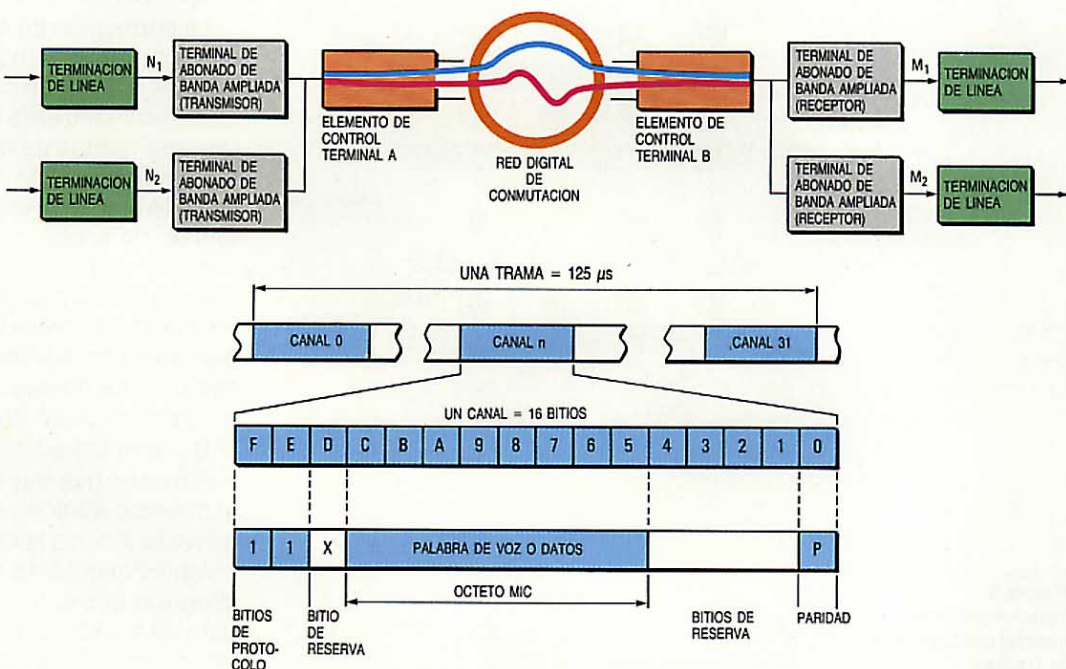
ampliada es *coherente*. Sin embargo, si  $T1$  excede a  $T2$  en una trama, por ejemplo,  $H_{n-1}$  y  $L_n$  se reensamblan incorrectamente, y el trayecto es *incoherente*. Es obvio que los trayectos incoherentes no son útiles, por lo que debe hallarse una técnica que compense los diferentes retardos de tránsito de  $N$  trayectos establecidos independientemente.

**Mecanismo de conmutación en banda ampliada**

Una señal de banda ampliada consta de tramas de  $N$  multibitios, que se suceden cada  $125 \mu s$ . La técnica utilizada para elimi-

se establecen trayectos múltiples a través de la red de conmutación entre módulos de abonado de banda ampliada. En cinco posiciones de bitios de reserva de la palabra de formato del Sistema 12 se transporta un contador de identificación de trama (módulo 32), el cual se indexa una vez por trama. El valor presente de dicho contador se inserta en esos mismos bitios de todos los  $N$  canales asociados.

Un módulo de abonado de banda ampliada puede acomodar desde uno ( $N=30$ ) hasta 15 ( $N=2$ ) terminales de abonado, de modo que no haya más de 30 canales asociados por un módulo. En este caso, todos los canales de todos los trayectos se etiquetan con el mismo identifi-



**Figura 3**  
Conexión de dos terminales de abonado de banda ampliada a través de la red digital de conmutación Sistema 12.

nar la distorsión de tiempo y permitir la conmutación en banda ampliada es añadir un identificador común de trama a cada uno de los  $N$  canales que se han de juntar en un trayecto de banda ampliada a la entrada del conmutador, y luego utilizar este identificador de trama a la salida del conmutador para resolver la distorsión. Esto es muy sencillo de lograr en el Sistema 12.

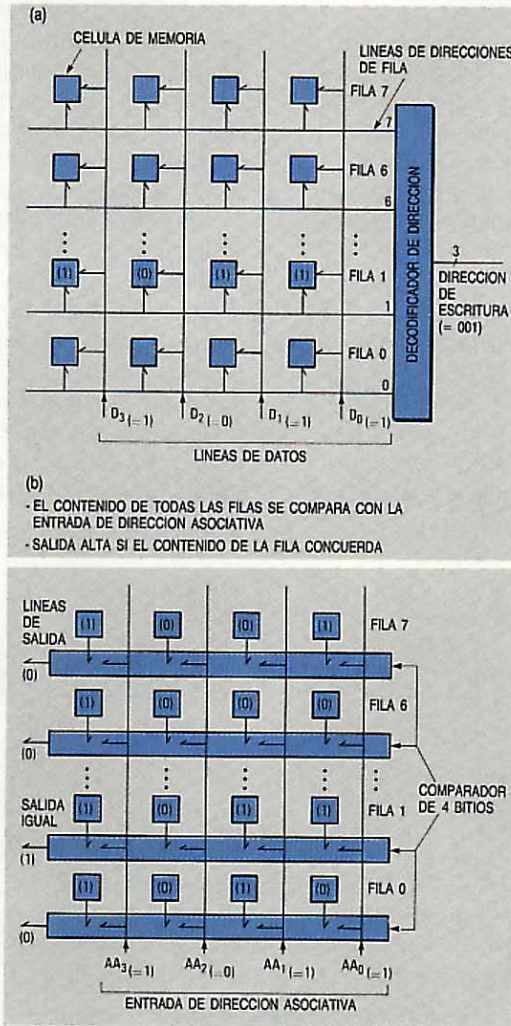
El entorno de banda ampliada del Sistema 12, mostrado en la figura 3, está formado por la red digital de conmutación y módulos de abonado de banda ampliada; estos últimos constan de ECT y uno o más terminales de abonado. El terminal emisor añade una señal identificadora de trama que se utiliza por el terminal receptor para eliminar cualquier distorsión de tiempo. Utilizando métodos convencionales del Sistema 12,

se establecen luego los  $N$  canales a través del conmutador, transportando cada uno datos más el identificador de trama. Se resuelven fácilmente las diferencias en retardo utilizando un conjunto de secciones de RAM y CAM (memoria de contenido direccionable).

El funcionamiento de la CAM se muestra en la figura 4. Su estructura consta de  $R$  filas de células asociativas, cada una con  $C$  bitios de anchura. Hay dos modos de operación: escritura o lectura de filas como una RAM normal, y lectura asociativa. Durante una operación de escritura, los datos que han de escribirse en una fila de células se colocan en las líneas de *datos*. Se selecciona una fila decodificando la dirección de escritura. Unas señales de referencia (no indicadas en la figura 4) hacen que los



**Figura 4**  
**Funcionamiento de la memoria de contenido direccionable (CAM):**  
 a) escritura  
 b) lectura asociativa.



contenidos de las líneas de *datos* se carguen en la fila seleccionada. La operación de lectura es similar, dando salida en las líneas de *datos* a los contenidos de una fila seleccionada.

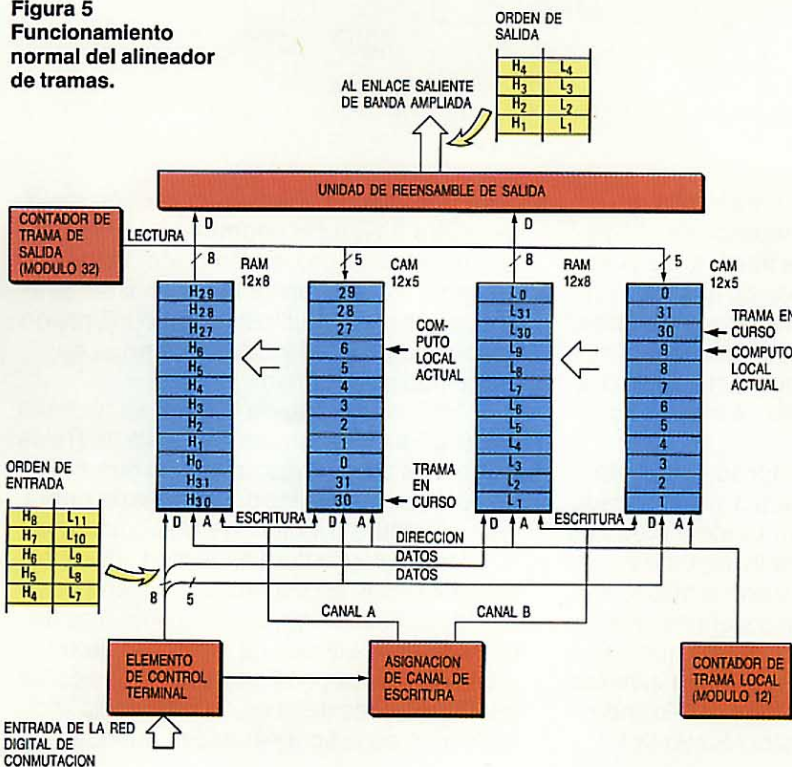
Dentro de cada célula CAM hay, en efecto, una sección de circuito OR exclusivo, diseñado de manera que se forme un circuito comparador de magnitud *R* bits cuando se interconectan en fila *R* células. Durante la operación de lectura asociativa, se coloca una *dirección asociativa* en las líneas de *datos*. El valor de esta dirección se compara simultáneamente con los contenidos de cada una de las *C* filas de células. Si la dirección asociativa y el contenido de una fila son iguales, el comparador da una salida activa *igual* para esa fila. Este mecanismo permite una búsqueda paralela rápida para la localización de un valor particular.

La corrección de distorsión utiliza *N* pares de segmentos RAM de  $12 \times 8$  y CAM de  $12 \times 5$ , más los circuitos de control, como se ilustra en la figura 5 para  $N=2$ . Los dos segmentos de memoria están dispuestos de modo que la dirección de escritura para RAM y CAM llega desde la misma fuente: un contador local de trama de 4 bits. Durante la operación de lectura asociativa, las 12 salidas *igual* de las filas CAM forman las 12 entradas selectoras de fila para sacar multibitios de la RAM. En el contexto de nuestra operación, sólo habrá un *igual* activo en un instante dado.

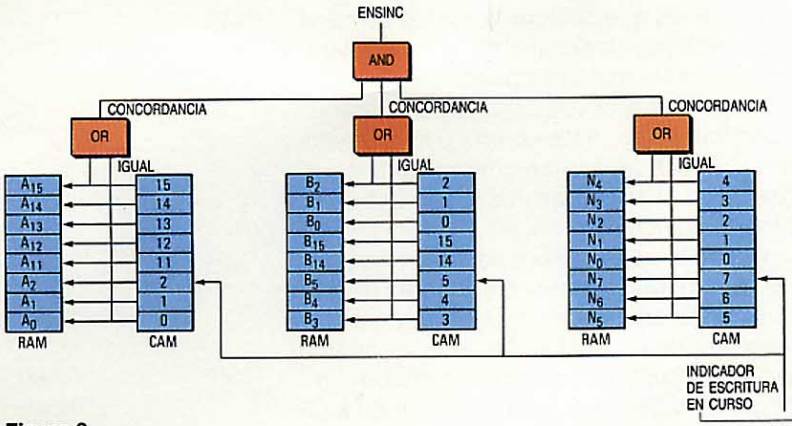
Durante el funcionamiento normal, se establecen dos trayectos a través de la red: el trayecto *X* hacia una CAM/RAM, y el trayecto *Y* hacia la otra. Controlando el establecimiento del trayecto, se puede asegurar que el multibitio *alto* va al primer par y el multibitio *bajo* al segundo. Trece bitios son de interés: ocho bitios de información de canal escritos en la RAM, y cinco bitios de identificador de trama, en la CAM. En cada trama hay dos operaciones de escritura, ambas en una dirección indicada por el contador local de trama. Este contador independiente se indexa en el arranque de cada trama en un ciclo de módulo 12. De esta manera, los dos pares CAM/RAM almacenan las últimas 12 tramas de datos de canal y los identificadores de trama asociados. Lo único necesario entonces para reconstituir la salida correcta es sacar de la RAM los pares asociados de multibitios, con la ayuda de un contador *F0* de 5 bitios de tramas de salida; este contador indica el número de la trama que ha de leerse en ese momento, y se indexa una vez por trama durante el canal *0*.

El número *F0* de salida de la siguiente trama a leer se presenta a ambas CAM como una dirección asociativa. Dentro de las CAM, se activa la salida del comparador

**Figura 5**  
**Funcionamiento normal del alineador de tramas.**







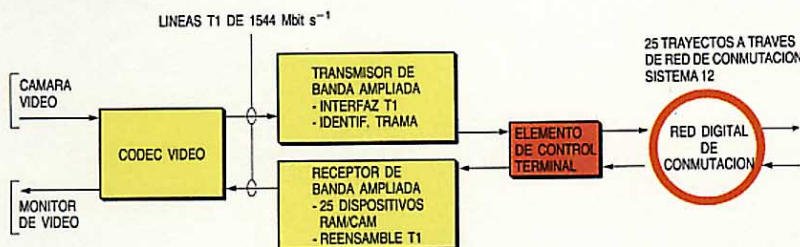
**Figura 6**  
Operación de búsqueda. El indicador normal está en posición CAM/RAM 2. Los números 0, 1 y 2 están contenidos en todas las CAM y, por tanto, son trayectos de igual retardo. El más bajo número de multitrama en común, es 0; éste es el trayecto de retardo mínimo.

de la fila cuyo contenido sea igual a F0, seleccionando, a su vez, los contenidos de la RAM asociados con la trama F0 y llevándolos a la salida de la RAM. Esto ocurre simultáneamente en ambos pares CAM/RAM. De este modo, las dos salidas de RAM recuperadas son los multibitios *alto* y *bajo* correspondientes a la trama F0.

Los tamaños de los campos del contador y de la memoria vienen determinados por los parámetros del conmutador Sistema 12. La longitud de los segmentos de memoria debe ser mayor o igual a la máxima distorsión oblicua, de manera que, aun en el peor de los casos, pueda eliminarse tal distorsión. La longitud del ciclo del contador de multitrama debe ser el doble de la longitud de la memoria, a fin de que no pueda haber ambigüedad. En la red digital de conmutación Sistema 12, que incluye ECT y OBCI, puede darse un máximo teórico de retardo no mayor de 12 tramas. Puesto que todos los trayectos controlados por el usuario se establecen mediante el mecanismo de "selección del primero libre" propio del puerto de conmutación, este retardo casi nunca se alcanza.

El retardo mínimo, ligeramente inferior a una trama, sólo puede lograrse sincronizando cuidadosamente los elementos de conmutación o por ocurrencia casual de tal sincronización. Así, el máximo retardo diferencial entre dos trayectos cualesquiera será inferior a doce tramas, en el peor de los casos. Por tanto, se necesitan una longitud CAM/RAM de 12 y un ciclo contador de

**Figura 7**  
Montaje experimental para demostrar la posibilidad de funcionamiento RDSI de banda ampliada en el Sistema 12.



trama de, al menos, 24. El ciclo utilizado es de 32.

Para llegar a este modo normal de funcionamiento, debe antes realizarse un proceso de sincronización. Este consiste en la búsqueda de un número de trama que aparezca simultáneamente en las N CAM, a lo cual ayuda un circuito asociado con la CAM. Cada una de las salidas *igual* del comparador de la CAM se aplica a una puerta OR, cuya salida se denomina *concordancia* (Fig. 6). Cuando esta salida es activa, denota que una *igual* del comparador también lo es, y ello demuestra que el contenido de alguna fila coincide con el número de entrada de dirección asociativa. Las N salidas de *concordancia* se agrupan en una puerta AND para formar una señal que llamaremos ENSINC. Si esta señal de salida es activa, indicará que hay en las N CAM números de trama iguales al estado actual del contador de trama de salida.

La búsqueda se inicia fijando el valor del contador de trama de salida (por ejemplo, en 1) y manteniendo ese valor hasta que se haya conseguido la sincronización. Una vez por trama, se realiza una lectura asociativa de los N segmentos CAM/RAM y se comprueba el estado de ENSINC. En cuanto se observe que tal estado es activo, se habrá completado el proceso de sincronización. Para mantener la sincronización, se indexa el contador de trama de salida una vez por trama durante el canal 0. Si se produce un error y ENSINC se hace inactiva, unos mecanismos del equipo físico inician automáticamente la resincronización sin que intervenga la programación. El tiempo máximo necesario para obtener sincronización es de 24 tramas después de establecerse el camino. Dado que tal establecimiento en el Sistema 12 requiere unas pocas decenas de milisegundos, los tres milisegundos necesarios para sincronizar resultan insignificantes.

El método de búsqueda, que apunta a un número fijo hasta el momento de la primera aparición de ese número en todas las CAM, minimiza también el retardo de tránsito del camino de los N enlaces a través de la red.

### Situación actual y planes

Se ha construido un modelo para demostrar la factibilidad de la técnica descrita. La figura 7 ilustra la conmutación transparente de una señal de vídeo comprimida de 1544 kbit s<sup>-1</sup>. La salida de una cámara de vídeo en color se lleva a un codec, cuya salida es una señal de 1544 kbit s<sup>-1</sup> que a su vez se acopla al prototipo de un transmisor de banda ampliada, donde se añade el identificador de trama. Se establecen veinti-



cinco trayectos a través del conmutador hacia el receptor de banda ampliada (el canal 25° lleva el bitio 193°).

La distorsión oblicua se elimina en el receptor de banda ampliada mediante 25 módulos de alineación de trama realizados en dispositivos de media escala de integración. La salida se reconstruye como canal de  $1544 \text{ kbit s}^{-1}$ , se lleva al codec para decodificación, y se envía luego a un monitor en color para completar el trayecto de vídeo.

El módulo de alineación de trama es un circuito integrado a medida, diseñado y fabricado para este modelo; contiene unas RAM  $8 \times 8$  y CAM  $8 \times 4$  interconectadas como antes se ha descrito. Está realizado en tecnología NMOS de  $3,5 \mu\text{m}$  y montado en cápsula de 24 terminales en doble fila. En esta fase inicial no se pretendió en absoluto incorporar en la pastilla todo el control necesario. En consecuencia, el dispositivo es muy universal en su aplicación, pero requiere un soporte sustancial de circuitos para realizar todas las funciones del receptor de banda ampliada.

Un módulo de conmutación de banda ampliada económico y versátil exige que los 30 pares CAM/RAM y sus circuitos de control asociados se construyan en un solo circuito VLSI a medida. La condición a

controlar es que cualquiera de los 30 canales pueda ser un canal aislado, cualquiera pueda ser de banda ampliada, y que cualquier combinación de canales pueda participar simultáneamente en uno o más trayectos. A pesar de su gran generalidad, tal realización parece razonable. Se debería tener un dispositivo así en 1986.

Correctamente diseñado, este dispositivo podrá funcionar en dos lugares de la red. Primeramente, como opción en una placa de enlace digital para permitir conmutación interurbana en banda ampliada. En segundo lugar, podrá ser incorporado a un módulo de abonado de banda ampliada, conectándose a un abonado que necesite servicios de tal anchura de banda, o bien directamente a un servidor de banda ampliada. Ambos requisitos quedarán cubiertos por el diseño.

### Conclusiones

Incorporando al Sistema 12 capacidad de conmutación en banda ampliada, se extienden sus posibilidades de aplicación a nuevas áreas. Ello viene a corroborar aún más la potencia y flexibilidad inherentes a su arquitectura fundamental.



# Conmutación para el sistema por satélite alemán

La Administración alemana proyecta instalar un sistema de comunicaciones por satélite para prestar nuevos servicios de datos a alta velocidad. La conmutación en dicha red estará basada en una pequeña central autónoma, que acaso sea una de las primeras centrales que manejarán servicios RDSI a nivel nacional.

**K. Nigge**  
**K. Rothenhöfer**  
**P. Wöhr**

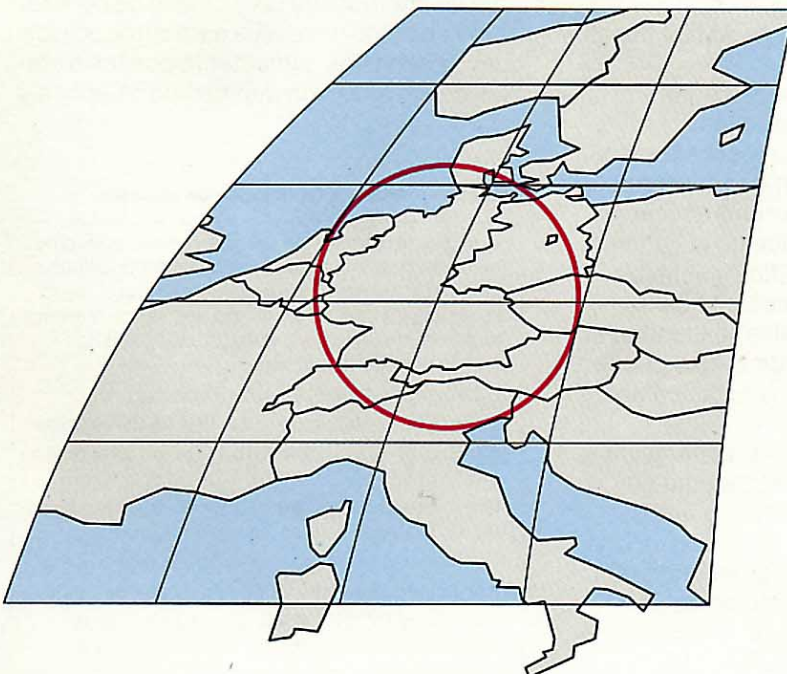
Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

## Introducción

Un consorcio de cuatro compañías alemanas está desarrollando un sistema de comunicaciones por satélite de ámbito nacional para la Deutsche Bundespost, que ofrecerá nuevos servicios, sobre todo para datos en alta velocidad, incluida la conmutación en banda ampliada. Este sistema — denominado DFS (Deutsches Fernmelde-Satelliten-System) — se utilizará también para distribuir programas de televisión y para transmisión digital de larga distancia, cubriendo el área expuesta en la figura 1.

Aparte del satélite, el proyecto incluye 32 estaciones terrestres y un centro de operaciones y mantenimiento. A más largo plazo, se prevé que el sistema se amplíe a 100 estaciones.

**Figura 1**  
Área de cobertura del satélite para el sistema DFS en una posición orbital de 23,5° este.



Después de unas pruebas de campo que utilizarán los satélites existentes, programadas para los comienzos de 1986, el sistema DFS entrará en servicio público a principios de 1988, después del lanzamiento por el Ariane en 1987. Inicialmente, el sistema trabajará como red independiente, atendiendo a un grupo de abonados que requieren conexiones de datos de alta velocidad y enlaces directos con centralitas automáticas privadas. Sin embargo, esta situación cambiará probablemente con la introducción de una RDSI en Alemania en un futuro próximo. Además, siendo un sistema por satélite nacional, puede utilizarse para subsanar un corte temporal en conexiones interurbanas y, en general, para interconectar (temporal o permanentemente) cualquier servicio público de comunicaciones.

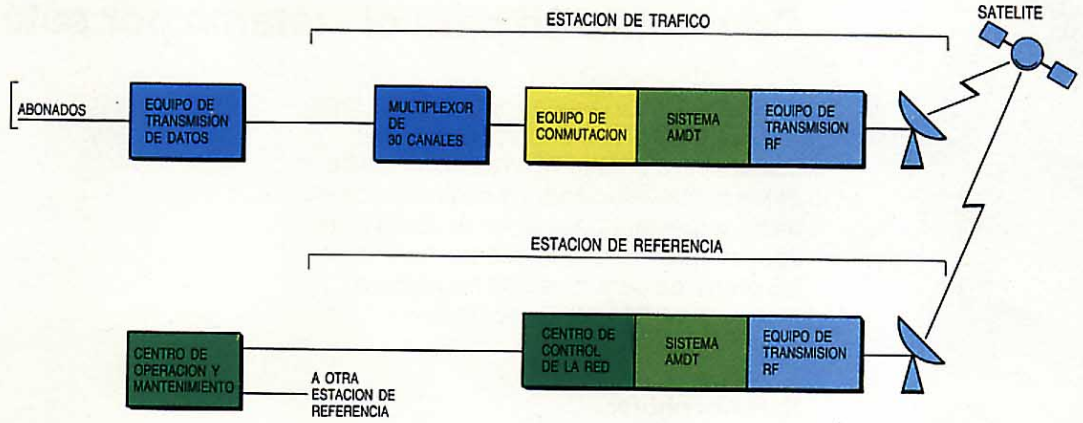
A fin de atender estas exigencias, el sistema de conmutación terrenal debe tener flexibilidad para introducir nuevos servicios a medida que estén disponibles y crecer en pequeños incrementos. Otra ventaja sería disponer de una versión en contenedor. El sistema que está suministrando SEL para la red pública de conmutación de la Administración alemana cumple estos requisitos y hace posible utilizar facilidades comunes de operación y mantenimiento. La instalación del sistema DFS tendrá capacidad de conmutación en banda ampliada.

## Estación de tierra

La conmutación digital del tráfico de datos se realiza en las estaciones de tierra; el satélite actúa simplemente como un medio de transmisión digital, que recibe datos de una estación y los envía de forma transparente a otras estaciones. Los datos sólo son



**Figura 2**  
Estaciones terrestres para el nuevo sistema por satélite del Deutsche Bundespost, mostrando la diferencia entre estaciones de tráfico y estaciones de referencia.



aceptados por la estación de tierra a la que van dirigidos.

La figura 2 muestra un diagrama de bloques de la estación de tierra, en sus dos tipos: estaciones de tráfico a las cuales están conectados los abonados, y estaciones de referencia a las que se conecta el centro de operación y mantenimiento. En la primera fase del proyecto habrá 30 estaciones de tráfico, dos de referencia y un centro de operación. La capacidad del satélite (dos repetidores) permitirá 625 interconexiones simultáneas dúplex de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ .

Las estaciones de tierra consisten en una antena de 3,5 m (12/14 GHz), un equipo de radiofrecuencia/frecuencia intermedia y un sistema AMDT (acceso múltiple por distribución en tiempo). Este último provee acceso a los canales de transmisión del satélite, funcionando en el modo de *distribución de canales asignados por demanda* (es decir, asignación cuasidinámica de los canales del satélite a las estaciones de tierra dependiendo del volumen de tráfico).

Unos centros de control de la red, situados en las estaciones de referencia duplicadas, supervisan los sistemas AMDT de las estaciones de tráfico.

Aunque es posible conectar enlaces terrenales directamente al sistema AMDT de las estaciones de tráfico (pero sin señalización), hay una ANPE (unidad de conmutación) que da al sistema terrenal acceso al sistema por satélite, adaptando la conmutación, concentración de tráfico y señalización. Las unidades de acceso de canal (multiplexores de 30 canales) extienden el área de cobertura dentro de la cual pueden conectarse abonados a una estación de tráfico.

Se dispone de un centro de operación y mantenimiento para todo el sistema por satélite, el cual está conectado a ambas estaciones de referencia. El centro utiliza una configuración dual de ordenador, con almacenamiento redundante de datos, conexión física Ethernet y un sistema de base de datos relacional (ORACLE).

La participación de Standard Elektrik Lorenz en el proyecto de sistema por satélite cubre el equipo de conmutación terrenal (ANPE y unidades de acceso de canal), el centro de operación y mantenimiento, el equipo de transmisión de datos (canal único y banda ampliada) y el subsistema de seguimiento, telemetría y comando que es parte del "segmento espacial". Este artículo se concentra en la parte de conmutación del sistema por satélite, es decir, en el ANPE y unidad de acceso de canal.

### Características y requisitos de conmutación

Los nuevos servicios aportados por el DFS incluyen las facilidades de abonado dadas en la tabla 1. Los abonados pueden acceder a la mayor parte de estos servicios por marcación automática o reserva. Sin embargo, en el futuro, podrá haber una interconexión entre la red DFS y la red pública de conmutación (red telefónica o RDSI).

La tabla 2 muestra la velocidad de conmutación de datos necesaria para introducir los nuevos servicios, juntamente con los sistemas de señalización que han de utilizarse y

**Tabla 1 — Nuevas facilidades de abonado**

Servicio de reserva que permite el establecimiento automático de llamadas solicitadas para una hora determinada y con una duración especificada, siendo la demora máxima de un minuto; la duración reservada puede extenderse o acortarse dentro de ciertos límites durante la conexión.
Conmutación de datos de alta velocidad.
Conexiones ordenador a ordenador de alta velocidad.
Servicio punto a multipunto (p. ej., para impresoras de periódicos).
Conexiones directas entre PABX analógicas o digitales, con llamada automática a extensiones.
Conferencias en audio y vídeo, en una fase posterior.
Servicio RDSI, que se introducirá posteriormente.
Facilidades CCITT X.2 (ej., grupos cerrados de usuarios, tasación revertida, punto a multipunto).



las características de operaciones y administración del sistema por satélite. El tráfico interno (tanto de canal único como de banda ampliada) debe ser tratado por la ANPE.

La conmutación en la red DFS se basa en cierto número de centrales locales (30 en la primera fase), constituidas por la ANPE y las unidades de acceso de canal en las estaciones de tráfico, las cuales se conectan a un centro único de conmutación nodal representado por las AMDT de las estaciones de tráfico y del satélite.

### Configuración del sistema ANPE

La figura 3 ilustra el equipo de conmutación de las estaciones de tráfico. Todos los abonados de datos de canal único, que representan un interfaz de  $72 \text{ kbit s}^{-1}$  ( $8 \text{ kbit s}^{-1}$  para señalización CCITT X.21), y los enlaces directos con PABX están conectados a las unidades de acceso de canal, mientras que los usuarios de banda ampliada se conectan directamente a la ANPE a través de enlaces de  $2 \text{ Mbit s}^{-1}$  (formato CEPT). Enlaces similares de  $2 \text{ Mbit s}^{-1}$  que utilizan señalización asociada al canal y formato CEPT, conectan la ANPE y las unidades de acceso de canal. La ANPE se une al sistema AMDT por enlaces de  $2 \text{ Mbit s}^{-1}$  con señalización de canal común (CCITT n° 7 reducida).

Comparada con las centrales de la red de conmutación pública, la ANPE es más bien pequeña, con una configuración máxima prevista de 17 enlaces terrenales y 6 locales con el sistema AMDT, todos ellos a  $2 \text{ Mbit s}^{-1}$ . Las 30 centrales que se instalarán en la primera fase utilizarán 9 enlaces terrenales y 3 enlaces locales. Sin embargo, el Deutsche Bundespost ha especificado que ha de admitirse una ampliación ulterior de la red.

La ANPE (Fig. 4) es una central autónoma de pequeña capacidad que puede realizarse

en un solo bastidor, haciéndola competitiva para uso en contenedor. Está construida a partir de módulos normalizados de circuitos y programas de un equipo de conmutación digital, que utilizan ampliamente pastillas de memoria de  $256 \text{ k} \times 1$  bitio, con pequeñas modificaciones para cumplir los requisitos del DFS.

**Tabla 2 — Características principales de conmutación para el sistema alemán por satélite**

#### Conmutación de datos

Canal único de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ .

Banda ampliada con  $n$  canales de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  ( $n = 2$  a  $30$ ); actualmente el Bundespost ha elegido para  $n$  valores de 2, 4, 8, 12, 24 y 30.

$2 \text{ Mbit s}^{-1}$  sólo para servicio de reserva. Estructurado y cuasi-estructurado, posiblemente conmutado por la ANPE en una fase posterior; actualmente no pasa por la ANPE y se conecta directamente a la AMDT.

$8 \text{ Mbit s}^{-1}$  exclusivamente para servicio de reserva; en una fase posterior se conectará directamente a la AMDT.

#### Sistemas de señalización

Señalización IKZ 50 para uso en PABX dotadas de selección automática de extensiones; éste es un tipo de señalización nacional.

Señalización CCITT X.21 para todos los abonados de datos conectados a la ANPE y unidad de acceso de canal para usuarios de canal único ( $64 \text{ kbit s}^{-1}$ ) y terminales de banda ampliada.

Señalización reducida de canal común CCITT n° 7 para señalización interna del sistema por satélite (ANPE-ANPE, ANPE-centro de operación y mantenimiento).

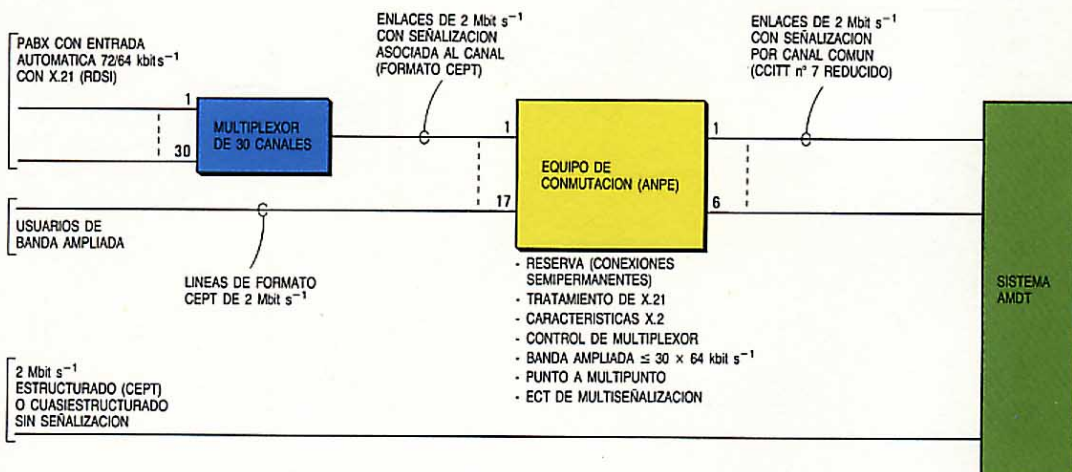
#### Administración y operación

Todas las estaciones de tráfico son no atendidas.

Todas las estaciones de tráfico se supervisan desde el centro de operación y mantenimiento a través del satélite y, además, mediante conexiones terrenales con características de supervisión reducidas.

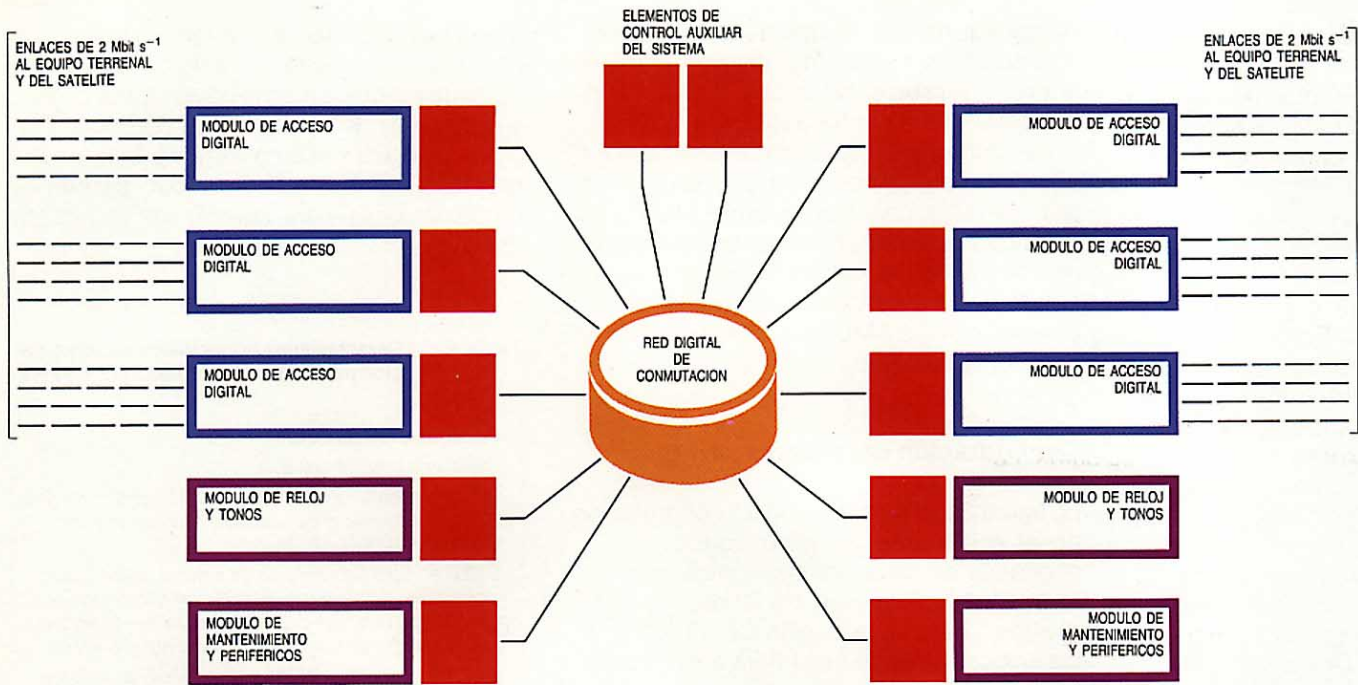
Comunicación hombre-máquina local y remota a partir del centro de operación y mantenimiento.

Control remoto de la función de adaptación de  $n$  (utilizado por el terminal de banda ampliada) en el equipo de transmisión del terminal de datos.

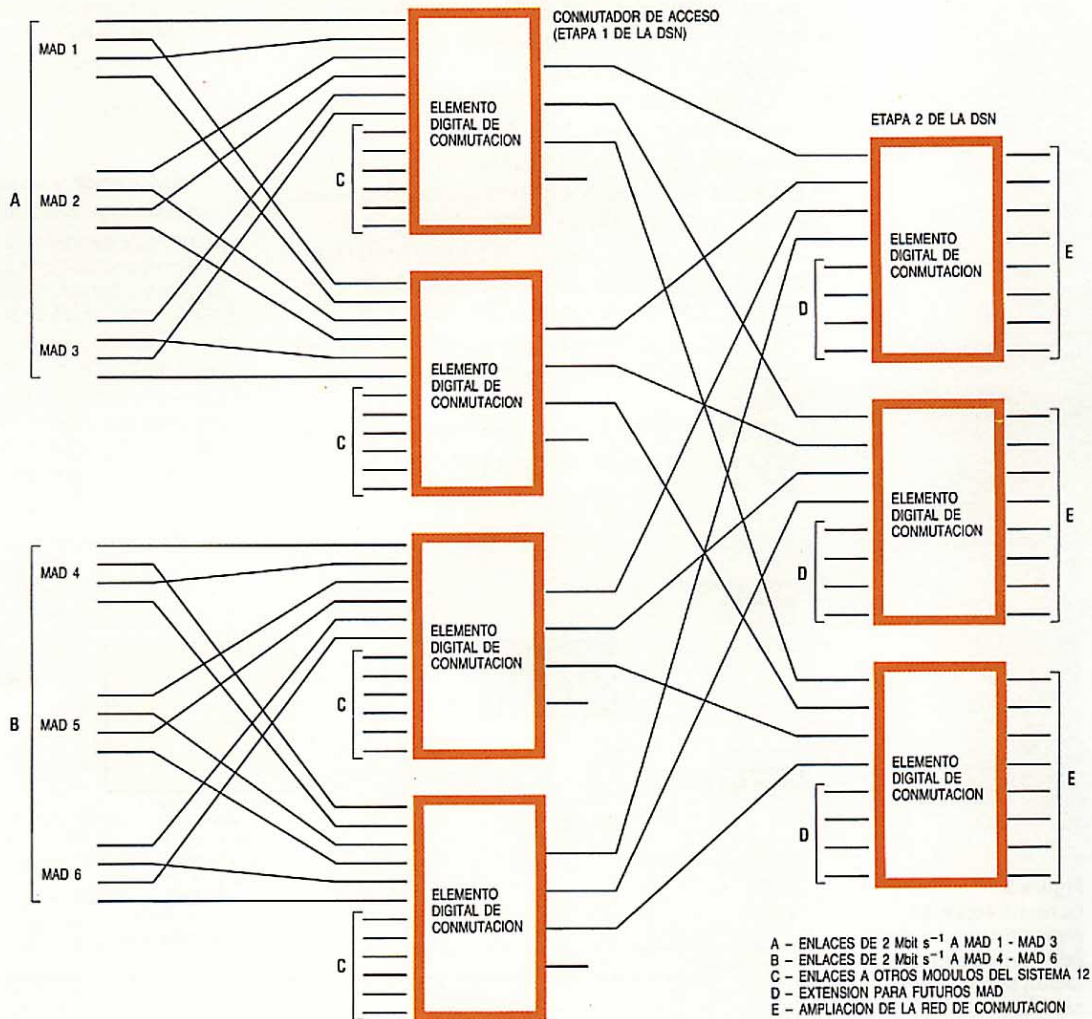


**Figura 3**  
Configuración de conexión y requisitos principales de conmutación para las estaciones de tráfico.





**Figura 4**  
Configuración de la ANPE, esencialmente una pequeña central autónoma basada en módulos de conmutación existentes.



- A - ENLACES DE 2 Mbit s<sup>-1</sup> A MAD 1 - MAD 3
- B - ENLACES DE 2 Mbit s<sup>-1</sup> A MAD 4 - MAD 6
- C - ENLACES A OTROS MODULOS DEL SISTEMA 12
- D - EXTENSION PARA FUTUROS MAD
- E - AMPLIACION DE LA RED DE CONMUTACION



**Bloques constitutivos de la ANPE***Módulo de acceso digital*

El MAD (módulo de acceso digital) se conecta a los enlaces MIC de 32 canales,  $2048 \text{ kbit s}^{-1}$ . Está compuesto por ECT y circuitos de enlace digitales<sup>1</sup>, lo mismo que el módulo de enlaces digitales, salvo en que dos ECT pueden conectar y manejar más de dos circuitos de enlace.

El número de circuitos de enlace controlados por un ECT depende del tráfico. Se necesita concentración de tráfico, particularmente para la interconexión de multiplexores y terminales de datos. Los requisitos de tráfico y anchura de banda para la aplicación DFS originaron una configuración con cuatro circuitos de enlace por MAD. Se requieren, pues, tres MAD para la primera fase y seis MAD para el tamaño de central previsto, con 23 circuitos de enlace. Para atender las exigencias del DFS se utiliza una variante de circuito de enlace digital.

*Circuito de enlace digital*

Además de las características normales, el circuito de enlace digital modificado tiene varias facilidades que se introducirán por vez primera en el sistema DFS (ver tabla 3). La figura 5 es un diagrama de bloques del circuito que incorpora una nueva DTRL (lógica de enlace digital) para poder manejar las facilidades añadidas. Hay que incrementar también la RAM de la DTRL, tanto para asegurar la integridad de la secuencia de tramas de las conexiones en banda ampliada, como para recibir la información de señalización CCITT X.21. La RAM de trama almacena dos tramas MIC para alineación de trama en el lado de recepción, y 16 tramas en el lado de transmisión para controlar la integridad de la secuencia. La RAM de CCITT X.21 sirve de memoria intermedia hasta de ocho mensajes de recepción, cada

**Tabla 3 — Características principales del circuito de enlace digital****Características de la central**

Interfaz MIC de 32 canales,  $2048 \text{ kbit s}^{-1}$ , conforme a las Recomendaciones de la series G.700 y Q.500 del CCITT.

Señalización asociada al canal.

Señalización punto a punto CCITT n° 7.

Autocomprobación del equipo físico.

**Características del sistema por satélite**

ECT compartido por dos circuitos de enlace digitales.

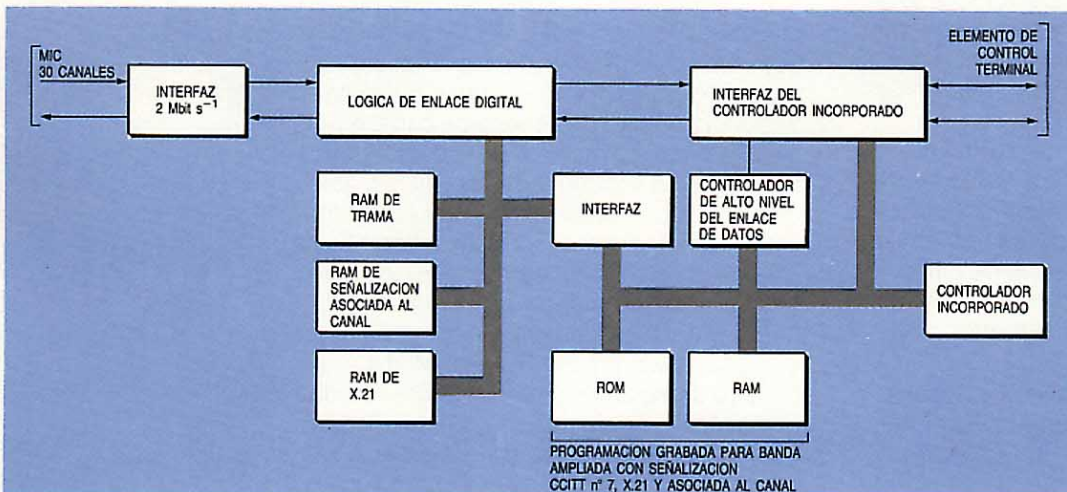
Control de las conexiones de banda ampliada (integridad de secuencia de trama, canal y bitios).

Señalización CCITT X.21 para servicio de datos.

uno con una longitud máxima de 512 octetos. Las funciones básicas están controladas por el mismo programa grabado utilizado en el circuito de enlace digital normal.

Se describe seguidamente el procedimiento que garantiza la integridad de secuencia de trama, canal y bitio en conexiones de banda ampliada. Los canales MIC a utilizar se asignan por programación. Una vez establecido el registro de asignación en la DTRL, el estado de un contador multitrama de 5 bitios se añade a la información entrante de voz o datos a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , y se transfiere por la red de conmutación al enlace de salida conectado. La red digital de conmutación transmite 16 bitios por canal: dos de protocolo, ocho de voz o datos, cinco de estado de multitrama y uno de paridad.

La búsqueda y establecimiento del trayecto se realiza en la forma usual para los  $N$  canales asociados en la conexión de banda ampliada. La secuencia original de trama y canal puede perderse en el lado de salida de la red, dado que el mecanismo de búsqueda libre de trayecto produce diferentes retardos y asignaciones de canal. La

**Figura 5**  
Circuito de enlace digital basado en el circuito normalizado, pero con nueva lógica de enlace digital.



secuencia de canales se controla por programación, reordenándose dichos canales en el interfaz de controlador incorporado; la integridad de la secuencia de trama se controla por circuitos y programa grabado. La DTRL almacena cíclicamente 16 tramas de 16 bits por canal en la RAM de trama. El controlador incorporado lee información sobre el estado de multitrama en una zona especial de dicha RAM, para todos los canales incluidos en la conexión, analizándose después tal información para determinar qué canal tiene mayor retardo y cuáles deberían ser los retardos en los otros canales para asegurar la correcta secuencia de tramas. Los retardos se calculan en múltiplos de tramas, y el resultado se escribe en la RAM. La DTRL calcula primero la dirección del canal que se ha de transmitir (número de canal + estado del contador de multitrama + factor de retardo), y luego lee e inserta la información de voz o datos en el tren de bits de salida. Este procedimiento minimiza el retardo para las conexiones de banda ampliada.

El procedimiento para manejar los mensajes de señalización CCITT X.21 es el siguiente:

*Recepción de la señal:* los canales MIC utilizados para conexiones de datos con señalización X.21 tienen que asignarse por programación. Para activar la recepción de señal, se asigna al canal MIC la dirección de un área libre de la RAM X.21. La DTRL supervisa el tren de bits de llegada y lo encamina a la memoria tan pronto como se recibe información útil. Seguidamente el controlador incorporado lee y envía la información al ECT para su proceso, suprimiendo el DTRL la información ficticia del tren de bits. La información de señalización puede recibirse simultáneamente desde ocho canales.

*Transmisión de la señal:* la programación grabada del controlador prepara la secuencia de transmisión en la RAM asociada. A continuación un canal de DMA (acceso directo a memoria) del interfaz controlador debe conmutarse al canal MIC utilizado. La transferencia de mensaje puede arrancar cuando se ha activado la DTRL y está controlada por el interfaz de controlador incorporado. El tren de bits está supervisado por la DTRL; en cuanto se detecta el final del bloque de señalización, se envía al enlace MIC una configuración de bits constante preasignada. Pueden enviarse cuatro mensajes simultáneamente.

*Elemento de control auxiliar del sistema*  
Este módulo duplicado consta de un elemento de control con 1 M-octeto de memoria.

### *Módulo de mantenimiento y periféricos*

El módulo duplicado de mantenimiento y periféricos es esencialmente el módulo estándar<sup>2</sup> con algunas modificaciones; a saber, que hay menos interfaces de comunicación hombre-máquina y ningún sistema de cinta; en el bastidor del equipo de conmutación se proveerán dos discos de 5¼ pulgadas<sup>3</sup> y los interfaces asociados. Asimismo se han combinado en una sola placa impresa las funciones de la lógica de visualización, excitador de lámparas y monitor de doble fallo.

### *Red digital de conmutación y elemento de conmutación*

En vista del número de enlaces entre los módulos y la red digital de conmutación<sup>4</sup>, se equiparán cuatro elementos de conmutación para los conmutadores de acceso y tres elementos de conmutación en la etapa 1 del conmutador de grupo (etapa 2 de la red digital) durante la primera fase con tres MAD. Podría necesitarse un cuarto elemento en la etapa 1 del conmutador de grupo (no indicado en la figura 4) cuando se amplíe el sistema a seis MAD.

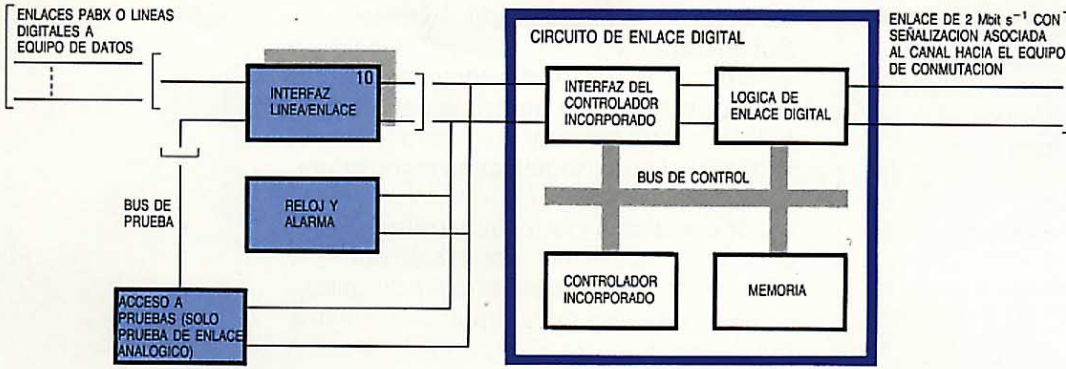
### **Unidad de acceso de canal**

Esta unidad es un multiplexor para conectar hasta 30 líneas de datos con una velocidad de transmisión de  $72 \text{ kbit s}^{-1}$  y señalización CCITT X.21, ó hasta 30 enlaces bidireccionales analógicos para PABX con llamada automática directa a extensiones y señalización IKZ (Fig. 6). Cada línea o enlace está asignado a un canal específico del enlace MIC.

El controlador incorporado del circuito de enlace digital controla la unidad de acceso de canal con el soporte de la ANPE, utilizando por el canal 16 señalización asociada al canal. Todos los programas de control necesarios, incluyendo la rutina de carga y autocomprobación, se han provisto en programación grabada. La RAM se inicializa automáticamente mediante una función de reposición al activarse. En cuanto a señalización, la unidad de acceso de canal es transparente. La mayor parte de los bloques constitutivos son unidades normales, asegurando la comonalidad en todo el sistema.

La unidad de acceso de canal tiene hasta 10 placas de circuito interfaz de línea o de enlace, cada una capaz de manejar tres líneas o enlaces y con acceso, mediante dos enlaces internos MIC de  $4 \text{ Mbit s}^{-1}$ , al circuito de enlace digital. Existe una unidad de acceso a pruebas que permite probar los circuitos interfaz de enlace. Una placa con circuito combinado de reloj y alarma da la





**Figura 6**  
Diagrama de bloques de la unidad de acceso de canal (multiplexor de 30 canales).

temporización local, sincronizada con la señal MIC procedente de la ANPE, y transfiere a esta última información de alarmas.

### ANPE: una nueva aplicación de la programación existente

La programación utilizada para conmutación en la unidad ANPE se basa en programas ya existentes y, por tanto, está disponible para las facilidades genéricas. La ANPE ofrece suficiente redundancia de elementos de control y una mayor distribución de las funciones de tratamiento de llamadas desde el ECA hacia los ECT. Se ha aumentado la inteligencia en los terminales telefónicos, asignando al terminal de enlace digital las funciones de establecimiento del camino y señalización para el tráfico de voz y datos.

La mayor inteligencia del enlace digital se consigue por la amplia utilización de un controlador incorporado, con su interfaz, y de circuitos VLSI. Las pastillas VLSI, en el circuito de enlace digital reciben y envían las señales de registrador X.21 (dígitos, información de control de facilidad) y realizan las funciones de nivel 1 y nivel 2 de la señalización CCITT n° 7.

#### Características del tratamiento de llamadas

Se han de tratar dos tipos de llamada: llamadas automáticas y llamadas reservadas. Las llamadas reservadas difieren de las automáticas en el proceso de establecimiento, el grado de servicio durante el mismo, y la seguridad en la fase estable. El abonado solicita al operador de reservas del centro de operación y mantenimiento una llamada para un momento dado y de una duración determinada. En el momento requerido la ANPE establece automáticamente la conexión, utilizando una capacidad reservada en las áreas donde pueda producirse bloqueo.

En el caso de conexiones PABX, la llamada reservada ocasiona el establecimiento de una línea directa entre dos PABX. Durante el tiempo de reserva, el sistema

DFS asegura señalización transparente entre las dos PABX involucradas.

#### Características de administración

La tasación se efectuará por tarificación detallada, sin contadores. Los registros de llamadas se almacenarán en la ANPE y se transferirán por bloques al centro de operación y mantenimiento. La ANPE mantiene registros de llamadas durante 24 horas a modo de reserva.

La fecha y hora del día se inicializan a partir de una fuente central y se distribuyen a la ANPE, en parte como mensaje CCITT n° 7 (orden alto) y en parte como información dinámica dentro del canal (orden bajo).

#### Funcionamiento de la ANPE

La ANPE es esencialmente una pequeña central autónoma conectada a un centro de operación y mantenimiento, el cual puede iniciar por control remoto todas las órdenes de comunicación hombre-máquina posibles en la ANPE (es decir, activar todas las funciones de operación y mantenimiento), según se indica en la tabla 4.

#### Sistema de señalización CCITT n° 7

Para la comunicación entre centrales de la red se utiliza la señalización CCITT n° 7. Las partes de usuario que han de implantarse son:

- Parte de usuario telefónico para todo el tratamiento de llamadas orientadas a IKZ.
- Parte de usuario de datos para todo el tratamiento de llamadas CCITT X.21.
- Parte de usuario de explotación y mantenimiento, que prestará soporte a la comunicación remota hombre-máquina, la transferencia de datos de especificación de llamada, transferencia de ficheros, inicialización de disco y generación de la cinta de reserva. Como en un principio existirán 30 ANPE en la red, la inicialización de discos se agilizará actuando simultáneamente sobre todos los discos ANPE por medio de las facilidades de radiodifusión que posee el sistema de satélite.



**Tabla 4 — Facilidades de operación y mantenimiento de la ANPE**

Supervisión y observación de tráfico centralizados.  
Iniciación de acciones de gestión de la red.  
Recopilación centralizada de todos los datos de especificación de llamadas.  
Informe de alarmas centralizado.  
Activación de la inicialización e inhabilitación del bloque de seguridad.  
Inicialización con un nuevo paquete de programas de todos los discos ANPE de la red del sistema por satélite.  
Recolección de datos soporte procedentes de la ANPE.  
Recogida de información de tarificación detallada y suministro de datos al centro de tasación del Deutsche Bundespost.

## Conclusiones

Se ha logrado de modo económico la conmutación de enlaces de datos de alta velocidad (incluidas las conexiones de banda ampliada) para el sistema por satélite alemán, utilizando centrales autónomas de pequeña capacidad del mismo sistema de

conmutación digital que SEL suministra al Bundespost para la red pública. Al incluirse en el proyecto DFS, estas centrales podrían ser las primeras que prestaran servicios RDSI a escala nacional, demostrando así la versatilidad de su arquitectura modular de control distribuido.

Los conceptos y los equipos que se van a desarrollar para el sistema alemán por satélite abrirán una extensa gama de aplicaciones para redes en la superficie terrestre.

## Referencias

- 1 J. J. van Rij y P. Wöhr: Sistema 12: Circuitos de enlace analógicos y digitales: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 48–53 (en este número).
- 2 R. H. Mauger: Sistema 12: Arquitectura para el cambio: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 35–42 (en este número).
- 3 A. Bessler, M. E. Edelman y L. Lichtenberg: Sistema 12: Sistema de comunicaciones de empresa ITT 5630: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 179–187 (en este número).
- 4 W. Frank, M. C. Rahier, D. Sallaerts y D. C. Upp: Sistema 12: Puerto doble de conmutación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 54–59 (en este número).



## Sistema 12

### Central interurbana internacional de Acilia

Aunque la arquitectura básica del Sistema 12 permite configurar fácilmente cualquier tipo de central, hay un cierto número de requisitos específicos de las centrales interurbanas internacionales. Por esto el desarrollo de la central de Acilia para Italcable implicó el diseño de módulos para operación internacional. La central se ha entregado ya con pleno éxito y está sometida a pruebas de aceptación.

#### M. Della Bruna

Industrie FACE Standard SpA, Milán,  
Italia

#### F. Minuti

Italcable, Roma, Italia

#### Introducción

La posición clave de una central interurbana internacional en la red mundial impone requisitos especiales al sistema de conmutación. En particular, la central debe garantizar un excelente comportamiento en cuanto a operación, mantenimiento, disponibilidad y flexibilidad. Es importante que la central sea capaz de realizar funciones complejas, asegurando al mismo tiempo que los nuevos servicios y tecnologías puedan introducirse de modo económico. La central digital Sistema 12 de ITT cumple estos estrictos requisitos por su diseño orientado a la RDSI, basado en una arquitectura modular con control distribuido que permite añadir

nuevas facilidades según se vayan necesitando, sin tener que aumentar previamente la capacidad de proceso.

La central interurbana internacional de Acilia, en el centro de operaciones de Italcable en Roma, es la primera gran aplicación mundial de un sistema de control distribuido. Está basada en la adición de facilidades internacionales a la arquitectura estándar del Sistema 12.

#### Estructura de la red de Italcable

Italcable, la compañía privada reconocida que explota todos los servicios de comunicación intercontinental de Italia, ha ampliado considerablemente sus recursos de conmutación y transmisión para atender la demanda de tráfico telefónico intercontinental. Hoy la red telefónica de Italcable conecta a Italia directamente con unos 80 países, utilizando más de 2.200 circuitos internacionales. Todo el tráfico internacional se encauza a través de tres centros en Acilia (Roma), Milán y Palermo (Fig. 1), conectados entre sí por una red nacional. Los enlaces nacionales e internacionales se distribuyen entre estos centros de acuerdo con dos criterios fundamentales: ubicación del centro e interés del tráfico (países a los que se dirige).

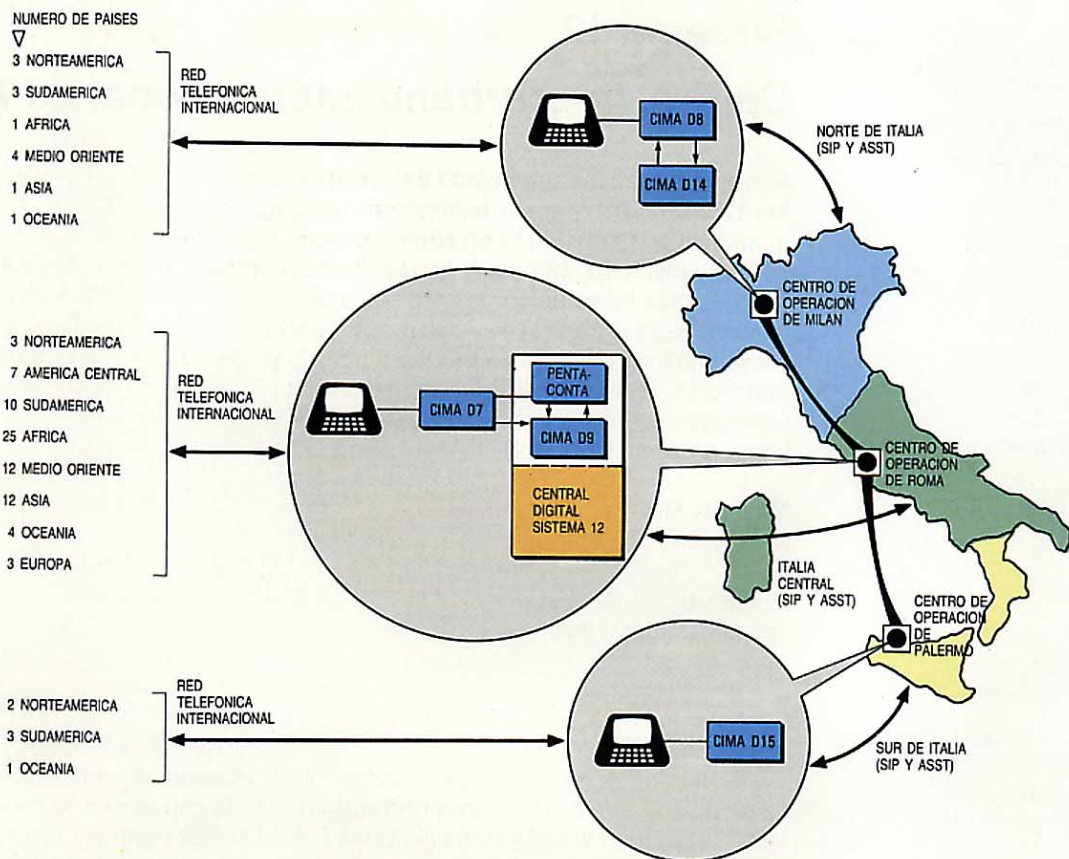
Un centro que no tenga conexión directa a un país determinado puede cursar tráfico hacia ese país a través de alguno de los otros centros. Esta facilidad se puede utilizar también para el tráfico de desbordamiento, habiéndose dispuesto los controles adecuados para evitar bucles dentro de la red.

Centro de operación  
de Italcable en Acilia.





**Figura 1**  
Red de centrales interurbanas internacionales de Italcable.



Para mejorar el encaminamiento de las llamadas y la calidad del servicio, Italcable ha implantado un centro de gestión de red que cumple todas las recomendaciones pertinentes del CCITT<sup>1</sup>. Este centro se basa en dos grandes sistemas: GTAI (un acrónimo italiano para la gestión del tráfico de tránsito entre centrales de Italcable) desarrollado por dicha Compañía, e ITSS (supervisión del servicio telefónico de Italcable) diseñado por FACE.

Debido a su tamaño, facilidades y capacidad de manejo de tráfico, la central Sistema 12 de Acilia es muy importante en la red de Italcable, y lo será aún más en el futuro a medida que vaya reemplazando a las centrales existentes Pentaconta y CIMA D9. La nueva central potenciará la estrategia de

mantenimiento de la red mediante la integración física y lógica de facilidades internacionales (por ejemplo, supresión de eco, conferencias múltiples, tratamiento de la señalización dentro de banda), y proporcionando un eficaz subsistema de pruebas de enlace (12ST).

Además de ello, la capacidad del Sistema 12 para el servicio por operadora mediante su eficiente posición digital de operadora (que será introducida en Acilia en la segunda mitad de 1985), así como para el tratamiento de servicios de la RDSI, le garantiza un papel cada vez más importante en la red de Italcable.

### Requisitos de una central interurbana internacional

El escenario de trabajo de una central de este tipo difiere enormemente del de otros nodos locales o de tránsito de la red telefónica. Encabezando la jerarquía de una red nacional, la central internacional representa a los servicios de telecomunicación del país, por lo cual deberá prestar una amplia variedad de servicios y facilidades especiales.

Para cerciorarse de que la central Sistema 12 de Acilia ofrezca todos los servicios y facilidades necesarios, los requisitos fueron

**Tabla 1 — Sistemas de señalización en la central de Acilia**

Canal asociado	Nacional	decádica fuera da banda multifrecuencia fuera de banda 2V/V (2 canales por dirección)
	Internacional	CCITT n° 1 CCITT R.2 (analógico/digital) CCITT n° 5
Canal común	Nacional	CCITT n° 7 (analógico/digital)
	Internacional	CCITT n° 6 (incluyendo función de transferencia de señalización) CCITT n° 7



analizados conjuntamente por expertos de Italcable y de FACE, preparándose especificaciones detalladas de facilidades, tráfico y prestaciones de los servicios, con el fin de:

- Asegurar el correcto interfuncionamiento entre las redes nacional e internacional que manejan diversos sistemas de señalización por canal asociado y común (Tabla 1).
- Analizar dígitos, suministrando medios para interpretar, añadir o eliminar dígitos para servicios especiales (Tabla 2).
- Dar capacidad y flexibilidad de encaminamiento, teniendo en cuenta las características del tráfico internacional y el posible desbordamiento entre las centrales de Italcable según la información GTAI (Tabla 2).
- Activar o desactivar supresores de eco, de acuerdo con la información de señalización o a petición de un operador (Tabla 2).
- Prestar servicios especiales, tales como llamadas de conferencia, llamadas de datos y conexiones semipermanentes, bajo control del operador o del abonado (Tabla 3).
- Proveer una amplia recopilación de datos y facilidades de medida en soporte de la tarificación de llamadas, planificación de red, observación de la calidad del servicio y funciones de gestión de la red (Tabla 3).
- Iniciar acciones y controles de gestión de red, bien automáticamente (a la recepción de las señales apropiadas de los centros de gestión de red remotos o locales), o bien manualmente, a fin de reducir o eliminar la posibilidad de bloqueo (Tabla 3).
- Ofrecer facilidades de administración y mantenimiento que flexibilicen las ampliaciones de la red, cambios en las topologías nacionales o internacionales, y el tratamiento de fallos y alarmas (Tabla 3).
- Asegurar la fácil adición de funciones y servicios durante la transición a la RDSI.

Estos requisitos serán atendidos en dos fases operacionales.

### Equipo y circuitos

En un número anterior de *Comunicaciones Eléctricas*<sup>2</sup> se describieron las características generales de la central de Acilia y el nuevo equipo necesario para satisfacer los requisitos identificados. El presente artículo considera detalles prácticos de la configuración de Acilia, y hace hincapié en facilidades

**Tabla 2 — Requisitos telefónicos de la central de Acilia**

Numeración	Plan nacional Plan internacional Servicios especiales
Encaminamiento	Análisis de hasta 12 dígitos Hasta 16 rutas alternativas por dirección Hasta 8 grupos de enlace por ruta Variadas restricciones de tráfico Variable en función de { El tiempo (p. ej., en domingo) Petición de operadora Gestión de la red El servicio
Tarificación	Por tráfico saliente En base a la llamada Para servicios especiales Con archivos duplicados } para tráfico automático y semiautomático
Locuciones grabadas	Ciertos mensajes exentos de bloqueo Duración de mensajes predefinida Difusión de mensajes En varios idiomas Iteración de mensajes programable
Control de supresor de eco	A petición de la operadora Información de señalización
Sincronización de red	Nacional Internacional

**Tabla 3 — Servicios y facilidades actuales**

Administración	Comunicación hombre-máquina Recopilación de datos Informe de medidas (automático o a petición) Estadísticas Control de la configuración de la central Ampliaciones de tamaño/funciones de la central
Mantenimiento	Detección de alarmas y fallos Informe de alarmas (diferentes prioridades) Pruebas rutinarias Aislamiento de fallos Degradación paulatina
Tratamiento automático de parches	Manejo de conexiones semipermanentes Desactivación del supresor del eco por operadora
Gestión de red	Procesamiento de los datos recogidos Control de sobrecarga Acciones de inhibición/restauración de tráfico Interconexión con centros de mantenimiento de red
Posición de operadora	Asistencia de idiomas Llamadas manuales Conferencias controladas por operadora Servicio Datel
Pruebas de enlaces	Procedimientos automáticos nacionales (MCA-DRA) ATME-2 internacional Interfaz a mesa de pruebas y pruebas manuales Terminaciones de prueba Medición de señales temporizadas Medición de enlaces digitales Tratamiento e informes de resultados



específicas de la aplicación interurbana internacional.

La central de Acilia está basada en la arquitectura estándar del Sistema 12. La red digital de conmutación se compone de conmutadores de acceso y de tres etapas de conmutador de grupo, dispuestas en un máximo de cuatro planos para así satisfacer todas las exigencias de una gran central de este tipo. La tabla 4 muestra los enlaces asociados con los distintos sistemas de señalización.

Los módulos se pueden agrupar en estos doce tipos<sup>2</sup>:

- módulo de mantenimiento y periféricos
- módulo de reloj y tonos
- módulo de circuitos de servicio
- módulo de canal común
- módulo de interfaz de operadora (se añadirá en la segunda fase)
- elementos de control auxiliar
- módulo de enlaces digitales para aplicación internacional
- módulo de enlaces analógicos para aplicación internacional
- módulo de locuciones grabadas
- módulo de servicio de conferencia (a instalar en la segunda fase)
- módulo de prueba de enlaces
- módulo de administración y periféricos.

Los primeros seis tipos son módulos estándar Sistema 12, mientras que los otros seis

**Tabla 4 — Enlaces y sistemas de señalización de Acilia**

Enlaces			Sistema de señalización
Entrantes	Salientes	Bidireccionales	
2130 analógicos	3750 analógicos		multifrecuencia/decádico
		660 analógicos	CCITT R2
		240 analógicos 240 digitales	CCITT R2 + SDE
		2790 analógicos 60 digitales	CCITT n° 5 + SDE
		900 analógicos	CCITT n° 6 + SDE
		120 analógicos 600 digitales	CCITT n° 7
		420 digitales	CCITT n° 7 + SDE
210 digitales	210 digitales		Dos canales por dirección
		60 analógicos	Líneas manuales (CCITT n° 1)

SDE - Supresor digital de eco

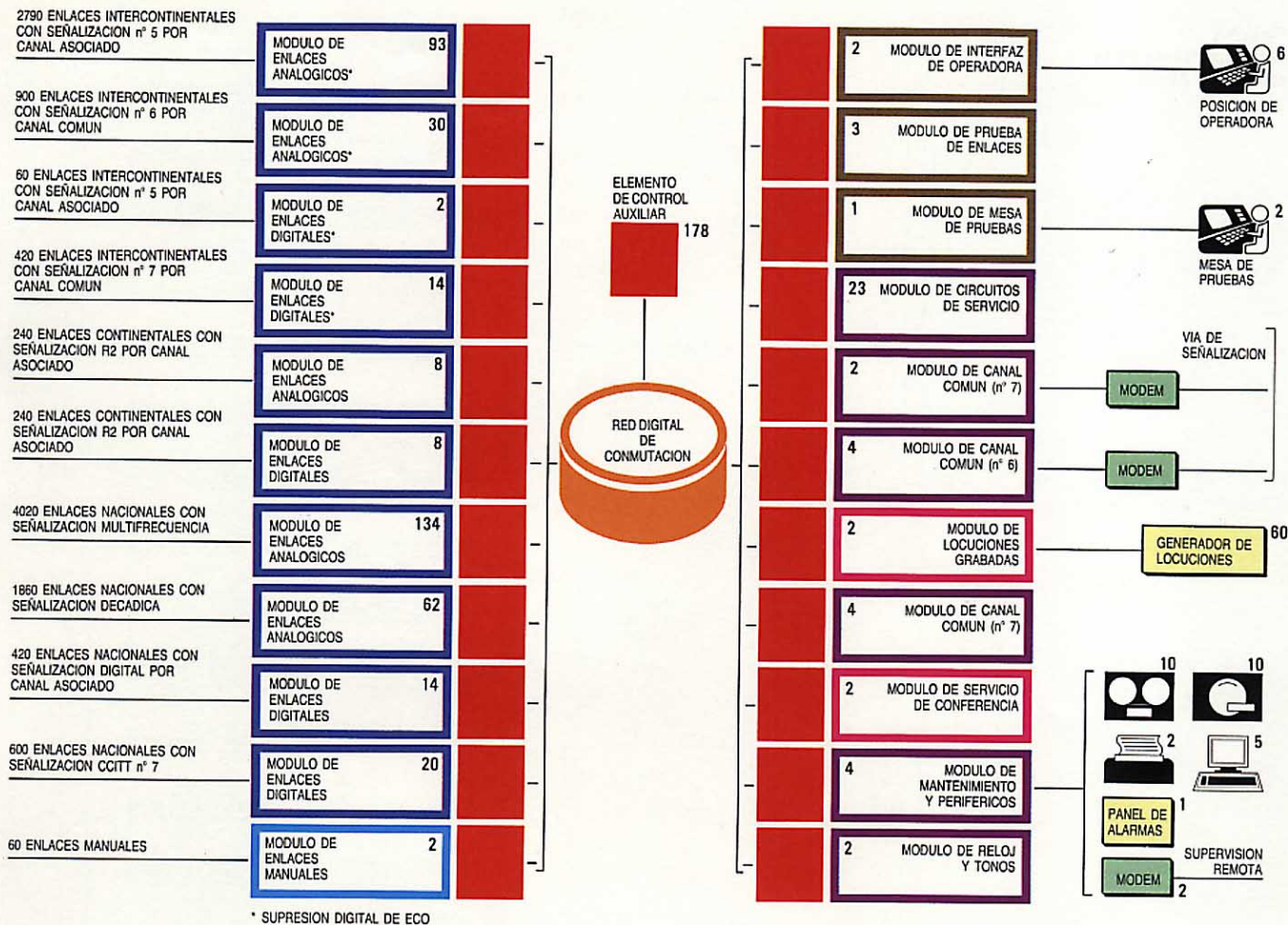
fueron desarrollados por FACE para la aplicación internacional y se conectan a la red digital de conmutación exactamente en la misma forma que todos los demás módulos.

En la central de Acilia se utilizan sólo 62 tipos de placas impresas (muchos menos que en centrales internacionales equivalentes). Alrededor de unas 7.450 pla-



Sala de la central digital Sistema 12 en Acilia.





**Figura 2**  
Diagrama de enlaces de la central interurbana internacional Sistema 12 de Acilia.

cas se instalaron y probaron en la primera fase del proyecto, y unas 600 placas se añadirán en la segunda fase.

Cerca de 4.300 de las placas ya instaladas están dedicadas a funciones internacionales, entre ellas el interfaz para enlaces digitales y analógicos, supresión de ecos para las llamadas de larga distancia, señalización dentro de banda internacional (CCITT n° 5), pruebas de enlaces digitales y analógicos, mesa de pruebas para enlaces, locuciones grabadas, llamadas en conferencia nacional e internacional con muchos participantes, y detección de conversación para sistemas de señalización tonales manuales.

El número de módulos de equipo físico (463) y de bastidores (116), así como la planta de la central, se muestran en las figuras 2 y 3; la tabla 5 enumera los tipos de bastidor mostrados en el diagrama de planta.

La tabla 6 resume el comportamiento de la unidad de prueba de enlaces digitales. En *Comunicaciones Eléctricas* se describieron ya<sup>2</sup> las características del supresor de eco digital, el interfaz digital para señalización CCITT n° 5, y el mezclador de conferencias. Además de los módulos, la central de Acilia

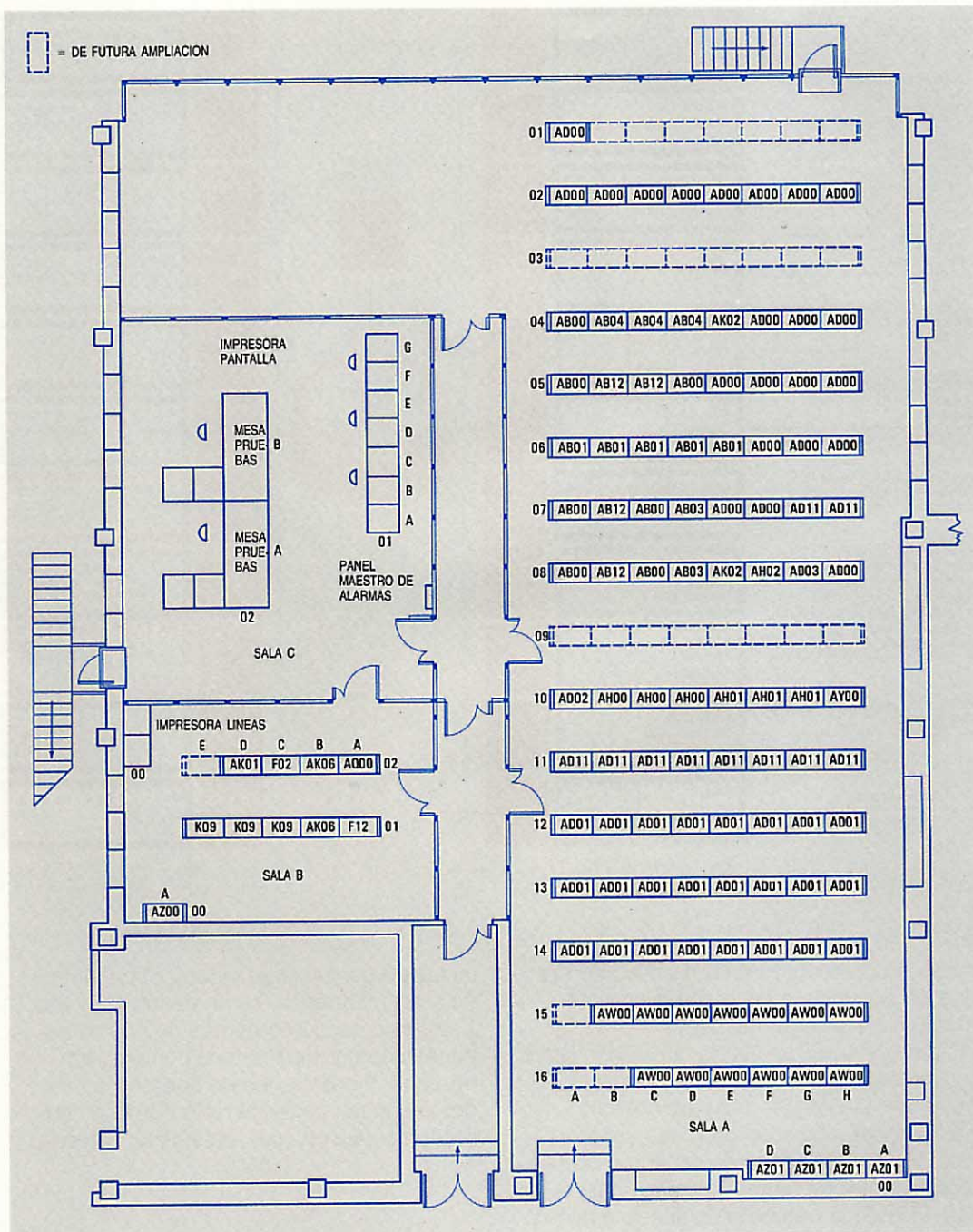
incluye 5 pantallas de vídeo, 10 unidades de cinta magnética, 10 unidades de disco, 7 impresoras, 2 impresoras de líneas, un panel maestro de alarmas, 2 mesas de pruebas, 6 posiciones de operadora más dos unidades de terminación de línea, 16 módems para enlaces analógicos con seña-

**Placas impresas del supresor digital de eco desarrolladas por FACE Sud para la aplicación de la central interurbana internacional Sistema 12.**





Figura 3  
Plano de planta de la  
central de Acilia.



lización por canal común, 5 bastidores de alimentación y 900 convertidores CC/CC, más todo el cableado necesario, el repartidor principal y un cuadro de acceso digital. En una segunda fase se añadirá el equipo para interfaz del sistema de señalización CCITT nº 7, el módulo de servicio de conferencia y las posiciones de operadora.

Todas las nuevas facilidades (supresión de eco, interfaz de señalización, conferencia, prueba de enlace, etc.) están integradas en el sistema, y por tanto amparadas por su avanzada estrategia de mantenimiento. Este nuevo equipo, que cumple todas las recomendaciones relevantes del CCITT, supervisa continuamente las funciones

activadas, y controla el cierre de los bucles para las pruebas funcionales rutinarias realizadas fuera de servicio.

### Programación y prestaciones del sistema

Los 12.390 enlaces de la central de Acilia pueden cursar un tráfico ofrecido de aproximadamente 4.500 erlang para un total de 162.000 intentos de llamada en la hora cargada, cumpliendo las recomendaciones del CCITT sobre tiempo de respuesta y grado de servicio. Incluso si la carga excede



el umbral predeterminado, cualquier degradación se presentará de forma gradual.

La programación<sup>3</sup> Sistema 12 utilizada en la central de Acilia se divide en dos categorías:

- núcleo (conjunto de programas básicos que sustentan la programación genérica de cualquier central Sistema 12)
- aplicación (conjunto de subsistemas de programación que se añade al núcleo para realizar las funciones de la central).

Los principales subsistemas implantados en Acilia son:

- tratamiento de llamadas
- entrada/salida
- mantenimiento
- tarificación
- prueba de enlace (ó 12ST)
- subsistema de operadora, incluyendo servicio de conferencia y Datel
- administración más interfaz GTAI
- subsistema de servicios especiales (por ejemplo, locuciones grabadas, conexiones semipermanentes, servicio de rellamada, llamada maliciosa, etc.).

**Tabla 5 — Tipos de bastidores usados en la central de Acilia**

Número	Tipo de bastidor	Equipo
1	AB00	120 enlaces analógicos; conmutadores de grupo 1/2
2	AB01	120 enlaces analógicos; conmutador de grupo 3
3	AB03	2 módulos de circuitos de servicio; 2 de canal común n° 6; conmutadores de grupo 1/2
4	AB04	2 módulos de circuitos de servicio; 2 de canal común n° 7; conmutadores de grupo 1/2
5	AB12	4 módulos de circuitos de servicio; conmutadores de grupo 1/2/3
6	AD00	240 enlaces analógicos
7	AD01	120 enlaces analógicos (n° 5 con SDE)
8	AD02	60 enlaces analógicos; 2 módulos de circuitos de conferencia
9	AD03	180 enlaces analógicos; 60 módulos de locuciones grabadas
10	AD11	120 enlaces analógicos (n° 6 con SDE)
11	AH00	360 enlaces digitales o enlaces de interfaz operadora
12	AH01	240 enlaces digitales con SDE
13	AH02	60 enlaces digitales (n° 5 con SDE)
14	F02	2 módulos de mantenimiento y periféricos; 2 módulos de reloj y tonos; 4 unidades de disco
15	FI2	2 módulos de administración y periféricos; 2 unidades de disco
16	AK01	máquinas de locuciones grabadas
17	AK02	módems para señalización analógica n° 6 y n° 7
18	AK06	periféricos (cintas, formateadores, discos)
19	K09	periféricos (cintas)
20	AQ00	interfaz para mesa de pruebas y prueba de enlaces
21	AW00	repartidor principal
22	AY00	cuadro de acceso digital
23	AZ01	distribución de corriente continua
24	AZ00	distribución de corriente alterna

Nota: los bastidores 1 al 13 y el 20 contienen también conmutadores de acceso

**Tabla 6 — Principales características del equipo de prueba de enlace digital**

Verificación de la calidad de transmisión de la voz y del camino de señalización, ejecución de las pruebas internas del Sistema 12, autopruueba por medio de bucles

Manejo de hasta 30 canales de prueba simultánea (transmisores o receptores)

Generación digital de tonos y códigos multifrecuencia en toda la banda vocal ( $\pm 4$  Hz de precisión) con un amplio margen de niveles (en pasos de 0,5 dB)

Detección digital y medida de tonos y niveles de ruido, incluyendo ruido sofométrico ponderado, con o sin filtros de banda eliminada por el sistema TASI

Pleno cumplimiento de las recomendaciones relevantes del CCITT (p. ej., la 0.22 para el ATME-2)

Medición de las señales temporizadas y medición en enlaces digitales (tasa de errores de bitio, tasa de errores de línea)

Operaciones de prueba de enlace directas e indirectas por medio de procedimientos automáticos, rutinas semiautomáticas e instrumentos externos controlados por operador

Flexibilidad para ejecutar, bajo control programado, cualquier procedimiento de prueba nacional o internacional que utilice un plan de pruebas automático programable o desde una mesa de pruebas (operadores de mantenimiento de central y red)

Los particulares requisitos de la aplicación internacional afectaron sobre todo a las siguientes áreas de programación: tratamiento de llamadas, administración, mantenimiento, tarificación, tipo y número de órdenes de operadora, subsistemas de diagnóstico, prueba de enlaces y operadoras, y subsistema de tratamiento de periféricos y de entrada/salida.

Hubo que potenciar el tratamiento de llamada para atender las exigencias reseñadas en las tablas 1 y 2. En particular, se necesitaron siete sistemas de señalización analógicos y cuatro digitales para las aplicaciones de canal asociado y canal común, tanto para llamadas de corta como de larga distancia con eco.

Italcable exigió que se dedicase un gran esfuerzo a los aspectos de administración, con el fin de amoldar el sistema a los distintos niveles de gestión, lo que venía impuesto por la gran cantidad de datos a recopilar y los diversos tipos de informes solicitados. Se definió una nueva sistemática de informes en cuatro niveles, concebida para personal clave de Italcable.

También el sistema de mantenimiento y protección fue sometido a requisitos estrictos (Tabla 3), teniendo que modificar el paquete estándar de programas para implantar una organización de bloques de seguridad basada en las nuevas unidades de equipo. Hubo que introducir una mejora para adaptarse al sistema de alarmas de Italcable (una impresora especializada y determinados requisitos para visualización de alarmas).

Una de las nuevas posibilidades concebidas para la aplicación internacional es la prueba de enlaces, que, además de las facilidades presentadas en la tabla 6, permite dividir cualquier circuito en dos lados (del enlace y de la central), y realizar medidas hacia uno y otro lado desde la mesa de pruebas.

El subsistema de operadoras incluirá asistencia de idioma, servicio Datel y llama-



das de conferencia para un máximo de 30 participantes, así como supervisión de enlaces manuales utilizando unidades especiales detectoras de voz digitalizada.

Se desarrolló una programación para el módulo de administración y periféricos basada en los circuitos del módulo de mantenimiento, a fin de que la central pudiera manejar un mayor número de dispositivos para tarificación y medidas. Por esta razón, las unidades de disco utilizadas en la central de Acilia tienen capacidad de 70 M-octetos cada una.

La tabla 7 resume el contenido de la programación de la central de Acilia. La organización en máquinas de mensajes finitos genera un conjunto de programas bien estructurados, con un alto grado de modularidad, flexibilidad y transparencia, que resulta de la atención dedicada al diseño de alto nivel, del uso de interfaces estándar y de una filosofía generalizada y bien definida de intercambio de mensajes.

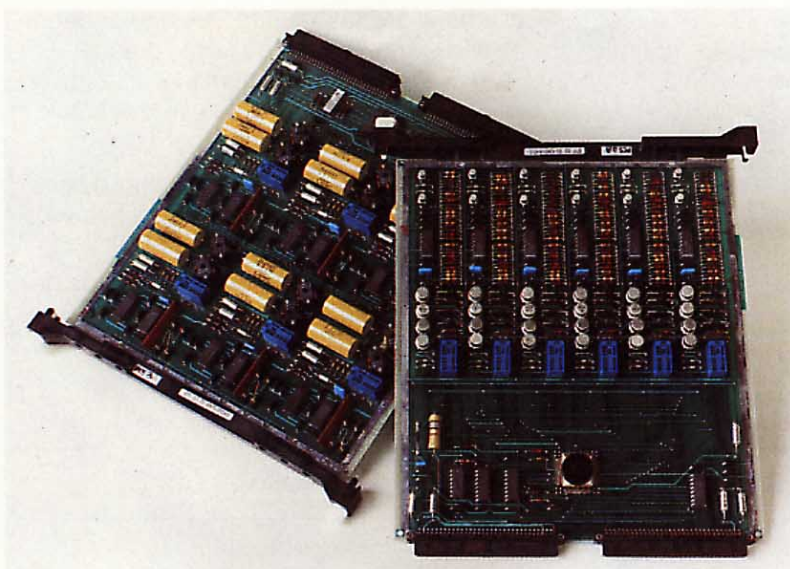
La realización del concepto de máquina virtual asegura que el Sistema 12 no se verá prácticamente afectado por la evolución tecnológica de circuitos y programas. La programación del Sistema 12 se aprovecha cada vez más de las herramientas soporte que han sido desarrolladas para mejorar la eficacia de la codificación, producción, fabricación y supervisión, potenciando así notablemente su calidad.

### Servicios especiales y evolución de la red

Las tendencias indican que la comunicación telefónica continuará produciendo, durante muchos años, más tráfico y rentas que otros servicios de telecomunicación. Sin embargo, el interés creciente de abonados y administraciones por servicios no telefónicos (p.ej., servicios de valor añadido y servicios RDSI) hace que esta situación esté cambiando. El Sistema 12 admite la incorporación, a medida que la administración lo requiera, de nuevos servicios portadores (ej., comunicación digital transparente, comunicación en banda ampliada, conmutación de paquetes) y nuevos teleservicios, como el teletex, videotex, facsímil y conversión de protocolos.

La figura 4 describe la estrategia que se adoptará para añadir nuevas facilidades y servicios a la central de Acilia. Estas posibilidades se probarán en una experiencia de RDSI en la central de Acilia que Italcable y FACE preparan conjuntamente.

La existencia de una sofisticada central digital, unida a los nuevos medios y tecnologías de transmisión digital (cable de fibra óptica, dispositivos de interpolación de voz,



Placas impresas de interfaz de enlace digital para la central interurbana internacional de Acilia.

sistemas de satélite), permitirá a Italcable extender la estrategia de mantenimiento del Sistema 12 a la red entera. Así, por ejemplo, podrá analizarse la supervisión de extremo a extremo y los bitios de control de desbordamiento en los enlaces digitales que conectan Acilia con la estación terrestre italiana de Telespazio en Fucino, para el control de los circuitos del satélite utilizando técnicas de acceso múltiple por división en tiempo o de interpolación digital de voz.

Todas estas ideas se están examinando en detalle sobre la base de los planes de evolución de la red de Italcable y de la central digital Sistema 12<sup>4</sup>. En particular, parece que el concepto de adjunto digital<sup>5</sup> ofrece una orientación adecuada, en la cual las centrales Sistema 12 proporcionan

Tabla 7 — Contenido del paquete de programación en la central interurbana internacional de Acilia

Areas de programación	Máquinas de mensajes finitos	Máquinas soporte del sistema	Sentencias (× 1000)	
			Total	Diseño de FACE
Núcleo del sistema operativo	7	—	20	—
Sistema de control de la base de datos	—	1	6	—
Operador de red	9	—	—	—
Unidad de disco	20	—	20	—
Trabajo a petición de operador	25	—	30	12
Subsistema de entrada/salida	31	1	30	—
Administración*	10	—	21	21
Tratamiento de llamadas	38	13	40	40
Protección	24	—	35	2,5
Diagnósticos	86	—	85	8,5
Posiciones digitales de operadora	54	7	58	15
Subsistema de pruebas de enlace	6	1	15	15
<b>Total</b>	<b>310</b>	<b>23</b>	<b>360</b>	<b>114</b>

\* Incluyendo el tratamiento de tráfico de tránsito entre centrales de Italcable



servicios más avanzados, mientras se mantienen las centrales existentes que aún no hayan completado su ciclo de vida económico.

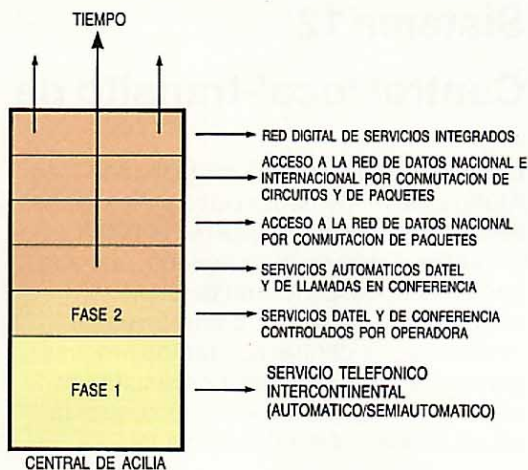
Sin embargo, la más importante expansión en servicios provendrá de la adición de facilidades de la RDSI<sup>6,7</sup>. La central internacional de Acilia será entonces la vía italiana para conectarse a las redes de comunicación nacionales e internacionales de conmutación de circuitos y paquetes.

## Conclusiones

El éxito conseguido en la central interurbana internacional Sistema 12 en Acilia ha demostrado que el equipo funciona bien y satisface los requisitos de Italcable. El desarrollo de esta nueva aplicación del Sistema 12 ha supuesto la definición y realización de equipos y facilidades para nuevos servicios, así como del control y supervisión de las llamadas. Ha conducido asimismo a definir y realizar con mayor detalle los bloques constitutivos e interfaces básicos, como son el interfaz de enlaces internacionales, la prueba de red y de enlaces, y la conferencia.

## Referencias

1 A. Di Benedetto y M. Ketmaier: Network Management in Italcable: Present Situation and Perspectives: *Telecom 83*, Ginebra, noviembre 1983.



**Figura 4**  
Estrategia de Italcable para aumentar los servicios ofrecidos por la central digital Sistema 12 de Acilia.

- 2 P. Haerle y M. Della Bruna: Aplicación a la red interurbana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 235-247.
- 3 G. Becker, R. S. Chiapparoli, R. S. Schaaf y C. Vander Straeten: Sistema 12: Programación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 60-67 (en este número).
- 4 R. H. Mauger: Sistema 12: Arquitectura para el cambio: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 35-42 (en este número).
- 5 J. Cox y R. E. Pickett: Sistema 12: Papel del adjunto digital en el desarrollo de la red: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 195-199 (en este número).
- 6 F. Haerens, B. Rossi y J. Serrano: Sistema 12: Pruebas de campo RDSI en las redes belga, italiana y española: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 89-97 (en este número).
- 7 S. R. Treves y D. C. Upp: Sistema 12: Técnicas de aplicaciones RDSI en banda ampliada: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 131-136 (en este número).



## Sistema 12

### Central local-tránsito de Aarhus

La central local-tránsito del Sistema 12 en Aarhus es un elemento clave en los planes de digitalización de toda la red telefónica de Jutlandia. Dado su gran tamaño, las pruebas de aceptación fueron de especial importancia ya que por primera vez se construía una central con tantos procesadores intercomunicados. Los resultados de estas pruebas han vuelto a demostrar la eficaz concepción del Sistema 12.

**J. A. Broux**

Bell Telephone Manufacturing Company,  
Amberes, Bélgica

**P. Erlandsson**

Standard Electric Kirk A/S, Horsens,  
Dinamarca

**E. Rishøj**

Jydsk Telefon A/S, Aarhus, Dinamarca

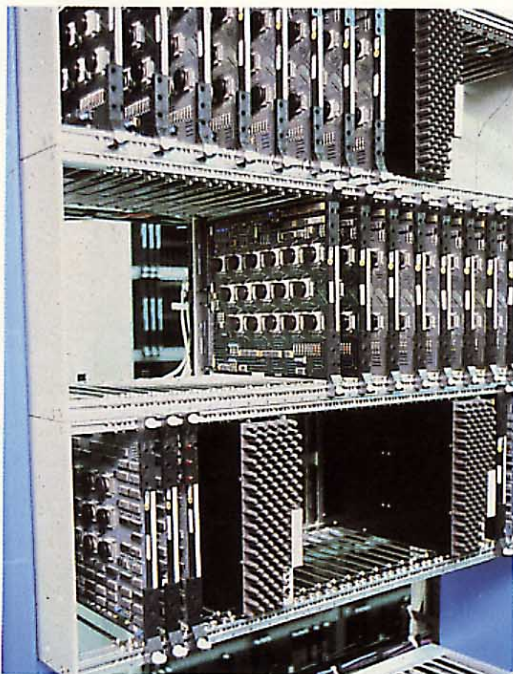
#### Introducción

En otoño de 1979, JTAS (Jydsk Telefon-Aktieselskab) evaluó la viabilidad económica de introducir la conmutación digital en su red telefónica. Los estudios demostraron el gran atractivo de la conmutación digital frente a los sistemas electromecánicos existentes, sobre todo para las centrales de tránsito. En concreto, se puso de relieve la relación coste-eficacia global del equipo de conmutación digital, incluyendo la reducción de los costes de locales y de explota-

ción, en un entorno donde ya era abundante la transmisión digital. En consecuencia, JTAS fue una de las primeras administraciones del mundo en decidir que a partir de 1983 sólo se instalarían equipos de conmutación nuevos enteramente digitales. Entre 1980 y 1981, JTAS adjudicó pedidos por 250 000 líneas para ser instaladas y puestas en servicio entre 1983 y 1988.

El nuevo equipo digital permitirá a JTAS ofrecer a sus abonados una variedad de servicios controlados por el abonado, a precios razonables. A más largo plazo, los abonados se beneficiarán de una red de comunicación con voz y datos integrados, incluyendo facilidades para transmisión de datos, televisión por cable, telefax y otros servicios nuevos.

JTAS coopera con las otras tres compañías explotadoras — el PTT, Kopenhagen Telefon Aktieselskab y Fyns Kommunal Telefonselskab — en la ampliación de la red de comunicación danesa completa.



Vista de un armario del Sistema 12 con las puertas quitadas, apreciándose algunas de las placas de circuito impreso de la central de Aarhus.

#### Central Sistema 12 de Aarhus MC

La primera fase de los planes de JTAS sobre la red consiste en digitalizar las centrales de tránsito de alta tasa de crecimiento en las principales áreas urbanas: Aarhus, Aalborg, Holstebro, Horsens y Kolding. Al mismo tiempo, se hace una inversión considerable en la red de transmisión digital que enlaza las centrales. En la mayoría de los casos el equipo digital reemplazará parcialmente a las centrales de tránsito electrome-



cánicas, con el fin de establecer "núcleos" digitales para una futura expansión. El espacio mucho menor requerido por un sistema digital supone una ventaja importante para tal ampliación. Cuando ahora se libera equipo electromecánico como resultado de una conversión, se le reutiliza para absorber el incremento de tráfico en zonas de conmutación secundarias. Sin embargo, esta reutilización tenderá a cesar a medida que estas centrales sean gradualmente sustituidas por otras totalmente digitales.

Un ejemplo típico de la evolución actual de la red telefónica de Jutlandia es la central principal de tránsito de Aarhus. Esta ciudad, con sus 250 000 habitantes y sus 120 000 abonados, es la más poblada de Jutlandia, y en ella funcionan 14 centrales locales, la mayor con 30 000 abonados. Además de las centrales locales, el complejo de conmutación de Aarhus incluye dos centrales interurbanas. La más antigua de ellas opera desde 1953 y procesa tráfico entrante que procede de otras zonas; también atiende a unas 150 posiciones de operadora ubicadas en el edificio de Aarhus. La otra central, puesta en servicio en 1964, procesa tráfico saliente desde Aarhus hacia áreas distantes.

La central Sistema 12 de Aarhus es una central local-tránsito combinada que realiza las siguientes funciones:

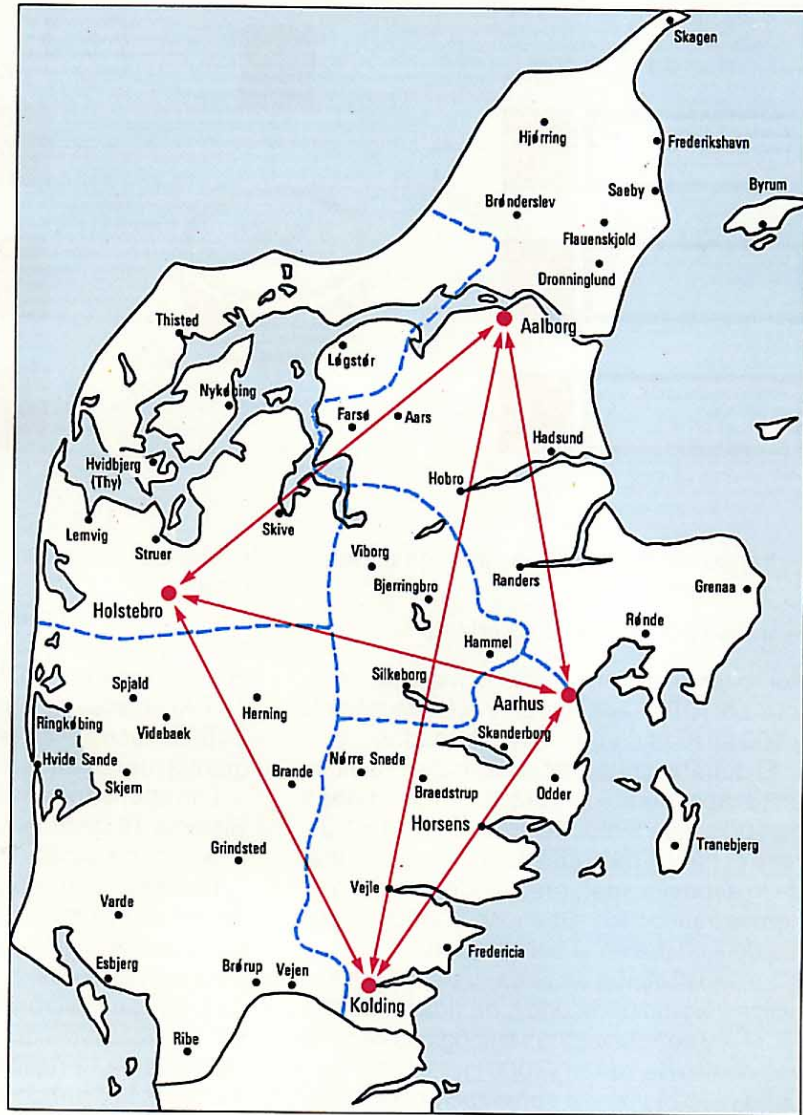
- Punto de tránsito para el tráfico entrante a Aarhus desde la red interurbana.
- Punto de tránsito para el tráfico saliente desde Aarhus a la red interurbana.
- Punto de tránsito para todo el tráfico del área de Aarhus que no se curse por rutas directas entre las centrales locales de la ciudad.
- Punto de conexión para concentradores digitales, centralitas privadas y centrales locales digitales.
- Central principal para las centrales satélite rurales existentes provistas de transmisión digital.
- Central local para los abonados de alto volumen de tráfico en el centro de la ciudad. Los abonados de pequeño tráfico se conectan a otras centrales.

La figura 1 muestra la red telefónica de Jutlandia, cuyas centrales digitales se enumeran a continuación:

**Aarhus** (Sistema 12): central combinada local-tránsito, con 12 720 enlaces y 4 020 líneas de abonado.

**Horsens** (Sistema 12): central de tránsito con 5 010 enlaces.

**Tyrsted** (Sistema 12): central local en el área de Horsens con 8 160 líneas.



**Figura 1**  
La red de conmutación telefónica de Jutlandia.

**Aalborg:** central combinada local-tránsito, con 9 000 enlaces y 10 000 líneas.

**Kolding:** central de tránsito con 9 000 enlaces.

**Holstebro:** central de tránsito con 6 000 enlaces.

Otras dos centrales locales Sistema 12 se están instalando actualmente en el área de Aarhus: Lisbjerg (2 400 líneas) y Hasselager (4 800 líneas). Estas centrales las instala y prueba JTAS, con BTM (Bell Telephone Manufacturing Company) como consultor.

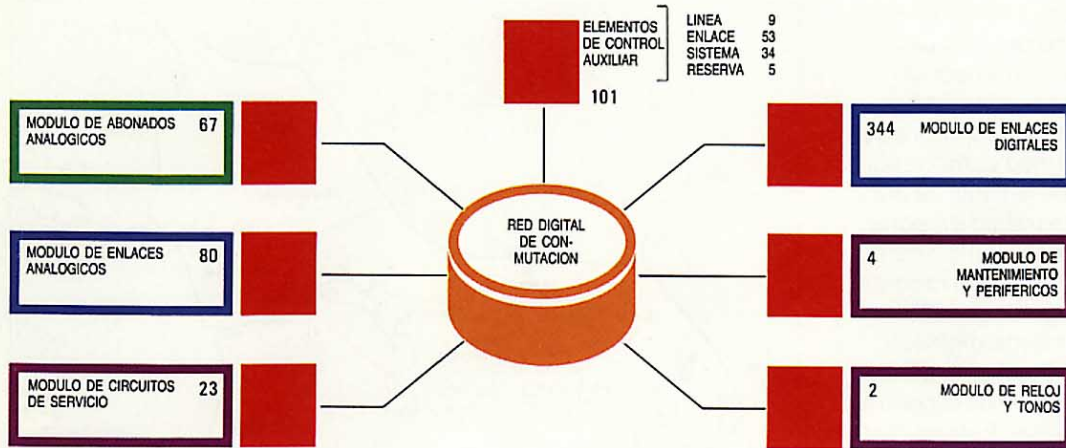
#### **Detalles técnicos de Aarhus MC Sistema 12**

Aarhus MC Sistema 12 es la mayor central digital de Jutlandia, y también la mayor instalación de Sistema 12 hasta la fecha en toda ITT.

La central está diseñada para procesar el tráfico siguiente:



**Figura 2**  
Esquema de la central digital Sistema 12 de Aarhus.



- tráfico bidireccional por línea de abonado: 0,125 erlang
- tráfico por enlace: 0,85 erlang.

Por lo tanto, la central puede manejar un total de 10812 erlangs de tráfico de tránsito y 500 erlangs de tráfico de abonados.

El dimensionado de la central se basa en un tiempo medio de duración de la llamada de 100 s y un factor de sobrecarga de 1,2 para el tráfico de abonado (o sea, 20% más de lo especificado), resultando una capacidad de tráfico bien superior a 200 000 intentos de llamada en la hora cargada.

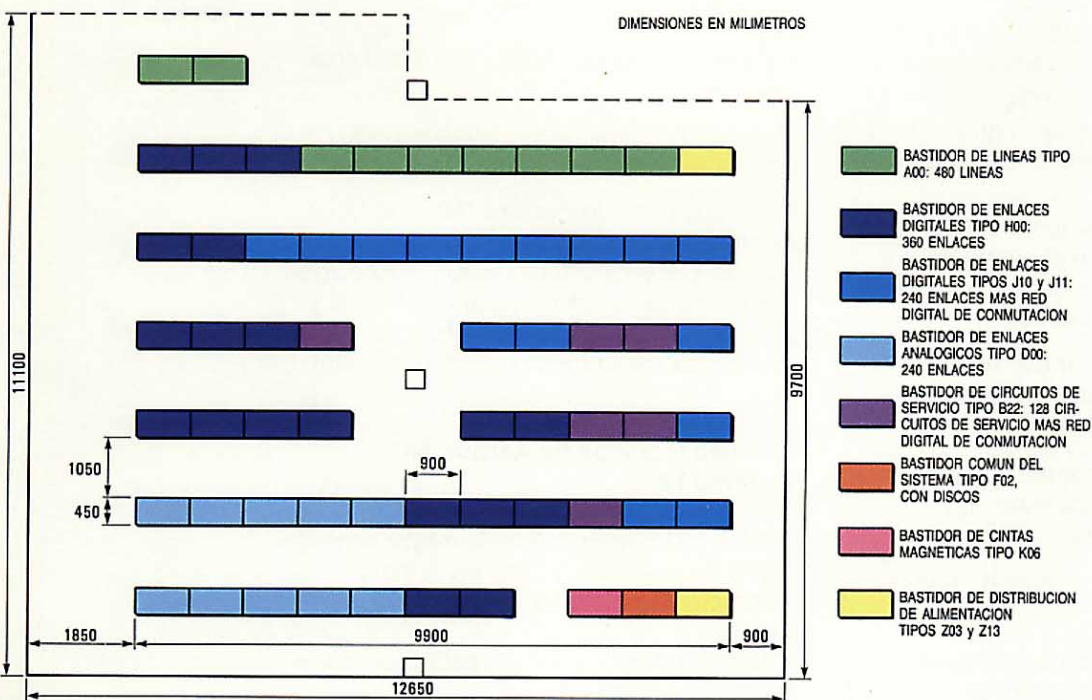
La señalización de línea entre centrales utiliza versiones de uno y de dos bits del CCITT, y señalizaciones analógicas impulsivas dentro de banda (3000 Hz) y fuera de banda (3825 Hz). La señalización de registrador es CCITT R2, habiendo una señaliza-

ción especial para las centrales satélite rurales.

Dado el gran predominio de la transmisión digital (múltiplex de 30 canales y de orden superior a  $140 \text{ Mbit s}^{-1}$ ), 10320 de los 12720 enlaces de Aarhus son digitales. Los 2400 enlaces analógicos serán sustituidos gradualmente en el futuro.

Los abonados conectados a las centrales Sistema 12 disfrutan de los más modernos servicios de abonados.

La tarificación se verifica por contadores de impulsos periódicos, tipo Carlsson. Cada abonado tiene dos contadores en discos duplicados, por razones de seguridad, que proporcionan la información necesaria para la tarificación global. La central del Sistema 12 realiza la tarificación de las llamadas interurbanas originadas en el área de Aarhus; además, contiene medios para



**Figura 3**  
Plano de planta de la central digital Sistema 12 de Aarhus.



repartir los ingresos entre las compañías explotadores cuando se hacen llamadas entre distintas áreas de la red.

La central Sistema 12 de Aarhus MC es de un tamaño excepcionalmente grande (Fig. 2). Equipa 621 elementos de control con microprocesador, incluyendo cinco ECA de reserva para la sustitución automática en-línea de una unidad averiada.

El equipo de la central se alberga en 63 bastidores estándar del Sistema 12 en una sala de 125 m<sup>2</sup>. En la figura 3 se presenta un plano simplificado de la planta. Todo el cableado de la central discurre bajo un falso suelo.

Para la comunicación hombre-máquina se utilizan tres teleimpresores y tres pantallas, colocadas en una sala separada de supervisión, junto con el panel general de alarmas.

No apareció, durante las pruebas, ninguna dificultad debida a la magnitud de la central. Análogamente, tampoco hubo problemas de retardos de transmisión o interferencias electromagnéticas. Esta experiencia, unida a los excelentes resultados de las medidas de transmisión realizadas por JTAS, ha demostrado la validez del diseño del Sistema 12.

### Experiencia de puesta en servicio

Inicialmente, JTAS había planeado un periodo de pruebas de aceptación de siete semanas, otra semana para pruebas de estabilidad y seis más para pruebas funcionales posteriores. No se tardó en constatar que la previsión pecaba de optimismo para ser la primera central del Sistema 12 en Dinamarca. Aunque el personal de mantenimiento de JTAS había recibido una amplia formación teórica y práctica en BTM (Amberes), necesitaba todavía refrescar sus conocimientos y una familiarización mayor con el equipo para poder iniciar unas pruebas de aceptación eficaces.

La primera prueba de estabilidad concebida por JTAS consistía en un funcionamiento continuado a lo largo de 72 horas, seguido inmediatamente por una prueba de temperatura de siete horas de duración en un ambiente controlado a 35° C. Durante ambos periodos se aplicaron criterios cuantitativos de rendimiento individual muy estrictos. Los generadores automáticos de llamadas hacían llamadas en bucle doble sobre las líneas de abonados, a razón de 35 000 llamadas por hora. Con esta carga, los ECT de línea y los ECA de línea soportaban hasta 1,6 veces la carga máxima garantizada. Además de este tráfico interno, JTAS utilizó generadores automáticos de

llamadas para producir tráfico externo de los modos siguientes:

- llamadas originadas en el Sistema 12 y terminadas en otras centrales de las redes locales e interurbanas
- llamadas originadas en las redes locales e interurbanas y terminadas en el Sistema 12
- llamadas interurbanas que utilizaban la central de Aarhus como central de tránsito.

JTAS también estableció 30 conexiones permanentes a través del Sistema 12 durante toda la prueba. Algunas de ellas eran puramente internas del Sistema 12, mientras que otras terminaban en centrales distantes.

En total, se hicieron más de 3 000 000 de llamadas durante las 72 horas de la prueba. En el transcurso de la misma se observaron

**Central local-tránsito Sistema 12 instalada en Aarhus.**





distintos parámetros: alarmas, fallos de equipo, reiniciaciones y recargas de procesadores, todos los aspectos de la tarificación relativos al tráfico de prueba, grado de servicio para todos los tipos de llamadas, medidas de tráfico relacionadas con la prueba, informes de fallos, etc. No se permitió ninguna interrupción del servicio, aunque sí el mantenimiento normal.

La primera prueba de estabilidad fracasó debido a un excesivo número de reiniciaciones y recargas de los ECA. Además, JTAS formuló ciertos comentarios sobre el comportamiento de la tarificación en condiciones de tráfico. Pronto se aclaró la causa de estas dificultades: aunque todas las funciones del Sistema 12 se habían probado previamente con éxito utilizando un número limitado de líneas de prueba de JTAS y llamadas de prueba individuales, JTAS y BTM se dieron cuenta de la considerable diferencia que existe entre llamadas de prueba y tráfico de prueba. Para la prueba final de una primera central es esencial disponer de un tráfico de prueba apreciable. La central se puso en manos de BTM durante una semana para descubrir los problemas en situación de tráfico real. La prueba de estabilidad se volvió luego a pasar con éxito total.

La tabla 1 resume los requisitos principales y los resultados obtenidos, pudiendo comprobarse que la central Sistema 12 de Aarhus cumplió todas las condiciones impuestas dentro de márgenes satisfactorios.

Conviene hacer notar que la prueba de temperatura a 35°C no afectó de modo apreciable a la operación de la central Sistema 12, por lo cual no hubo que repetirla durante la segunda prueba de estabilidad.

Una vez completadas las pruebas funcionales de la central y después de actualizar sus datos, la central Sistema 12 de Aarhus se cortó al tráfico en octubre de 1984.

### Futuros planes de JTAS

JTAS se dedica activamente a planificar la futura evolución de la red de Jutlandia en tres direcciones fundamentales:

*Tráfico internacional.* En el futuro la central Sistema 12 de Aarhus podría cursar el tráfico internacional hacia y desde los demás países escandinavos.

*Sincronización.* En colaboración con las otras administraciones danesas, JTAS proyecta construir una red sincronizada para la transmisión de datos en todo el país,

Tabla 1 — Resultados de la prueba de funcionamiento de 72 horas

Pruebas	Requisito (72 horas)	Resultados (72 horas)
Tiempo de caída del sistema	Ninguno	Ninguno
Grado de servicio: tráfico interno	0,5%	0,12%
Grado de servicio: tráfico total	1,5%	0,45%
Fallos de equipo	5	1
Caídas dúplex de ECA de sistema	0	0
Reiniciaciones de ECA	56	5
Reiniciaciones de ECT	82	19
Recargas de ECA	17	5
Recargas de ECT	30	2
Errores de tarificación	Ninguno	Ninguno

en la cual la central de Aarhus actuaría como central primaria maestra para toda Jutlandia. A su vez, Aarhus sería esclava de la central de Copenhague, donde se instalará un reloj de cesio. En previsión de ello, todas las centrales Sistema 12 instaladas en Jutlandia están equipadas con interfaz de sincronización externa. Las pruebas realizadas entre centrales Sistema 12, y entre éstas y otras centrales digitales, han demostrado que el modo de operación no sincronizado es enteramente satisfactorio para cursar el tráfico de señalización y conversación.

*Señalización CCITT n° 7.* Durante los cinco años del proyecto (1985 a 1989), se construirá en Jutlandia una red con señalización por canal común CCITT n° 7, cuyos principales puntos de transferencia de señal serán: Aarhus MC, Aalborg, Kolding y Holstebro. Estas centrales se interconectarán en una red en malla (Fig. 1).

### Conclusiones

La central local-tránsito de Aarhus MC se ha entregado a JTAS, y ha sido aceptada. Ya a principios de noviembre de 1984 había unos 4000 enlaces en servicio, y se proyectaba iniciar la conexión de abonados a finales del mismo mes. La experiencia obtenida en la central ha demostrado la solidez del concepto del Sistema 12 de control completamente distribuido en centrales grandes.

La comodidad con que la arquitectura permite añadir nuevas funciones a la central será muy provechosa para poner en práctica los futuros planes de JTAS en la red de Jutlandia.



# Sistema 12

## Centrales interurbanas para la red alemana

Para iniciar su plan de digitalización a largo plazo de la red telefónica, el Deutsche Bundespost hizo una evaluación de los sistemas de conmutación digital disponibles comercialmente cursando tráfico real. La experiencia en la operación de dos centrales interurbanas del Sistema 12, que fueron cortadas en Heilbronn y Stuttgart durante 1982, concluyó con el pedido de nuevas centrales Sistema 12 para la red alemana.

### M. Langenbach-Belz

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

### Introducción

Cuando a mediados de los setenta quedó patente que la futura expansión de la red telefónica se lograría con mayor eficacia y economía introduciendo centrales y transmisión digital, el Bundespost comenzó a planear la digitalización de la red alemana. La primera etapa en este plan fue una presentación, durante un año (1982/1983), en la que se solicitó a tres compañías de telecomunicación instalar y hacer funcionar centrales interurbanas para demostrar sus prestaciones y facilidades. Con ello el Bundespost modificaba su anterior política de aceptar una sola marca de sistemas de conmutación en la red alemana.

Standard Elektrik Lorenz (SEL) ofreció la central digital Sistema 12<sup>1,2</sup> para la aplicación interurbana, e instaló dos centrales de presentación en Heilbronn y Stuttgart.

Gran central interurbana Sistema 12 instalada en Stuttgart para el Deutsche Bundespost.



Durante esta fase, en la que las centrales cursaron tráfico real, el Bundespost evaluó la experiencia operacional<sup>3</sup> antes de decidir qué sistema o sistemas deberían instalarse en la red a comienzos de 1985. A la vista del comportamiento del Sistema 12 durante el año de presentación, el Bundespost alemán decidió introducir en la red alemana esta avanzada central digital con control distribuido.

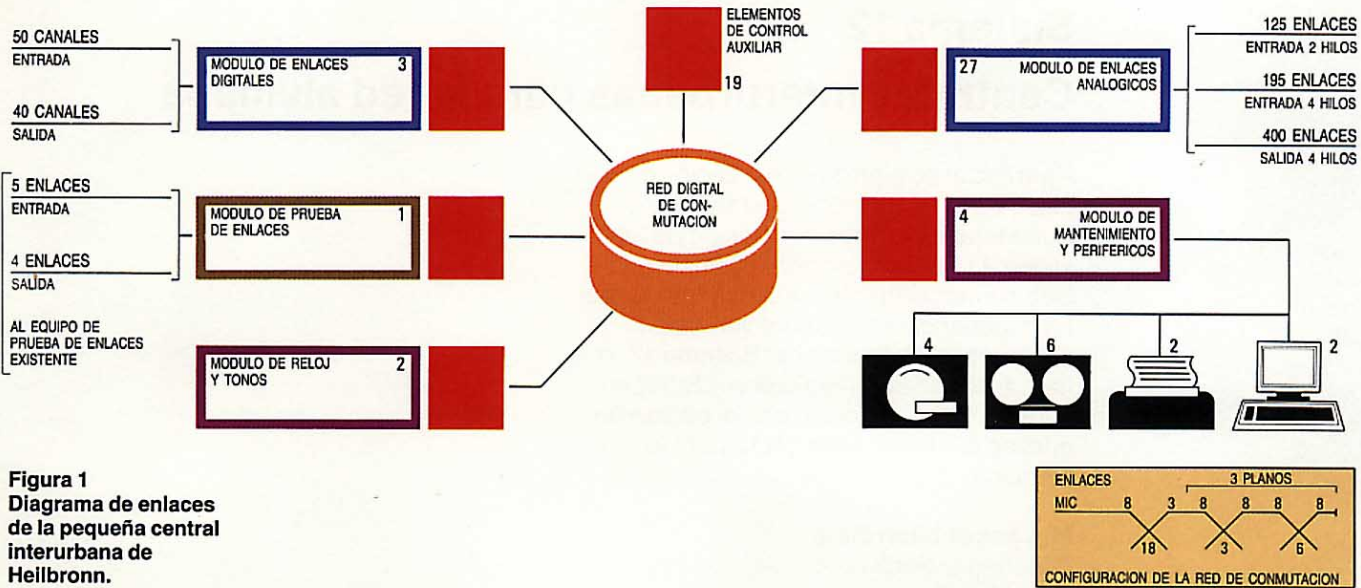
Seis meses después el Bundespost estableció un programa similar para centrales digitales locales. De nuevo SEL ofreció con éxito el Sistema 12, esta vez en la configuración local.

### Requisitos del Deutsche Bundespost

El principal requisito impuesto por el Bundespost fue que las centrales presentadas proporcionaran toda la gama de servicios que ofrecía la red existente, y al menos la calidad de servicio actual. De este modo los abonados no recibirían un servicio inferior durante el periodo de presentación. Se especificaron además servicios adicionales de implantación opcional, con objeto de indicar el conjunto de facilidades que podrían incluir las centrales en producción. No se exigió demostrar servicios futuros más avanzados.

Las especificaciones de presentación solicitaron a cada suministrador que instalara dos centrales interurbanas de diferentes tamaños: una pequeña, con 800 enlaces, y otra grande con 3.800; ambas capacidades son típicas en las centrales interurbanas de la red alemana. De esa manera el Bundespost podría apreciar cómo afecta el tamaño de la instalación al comportamiento





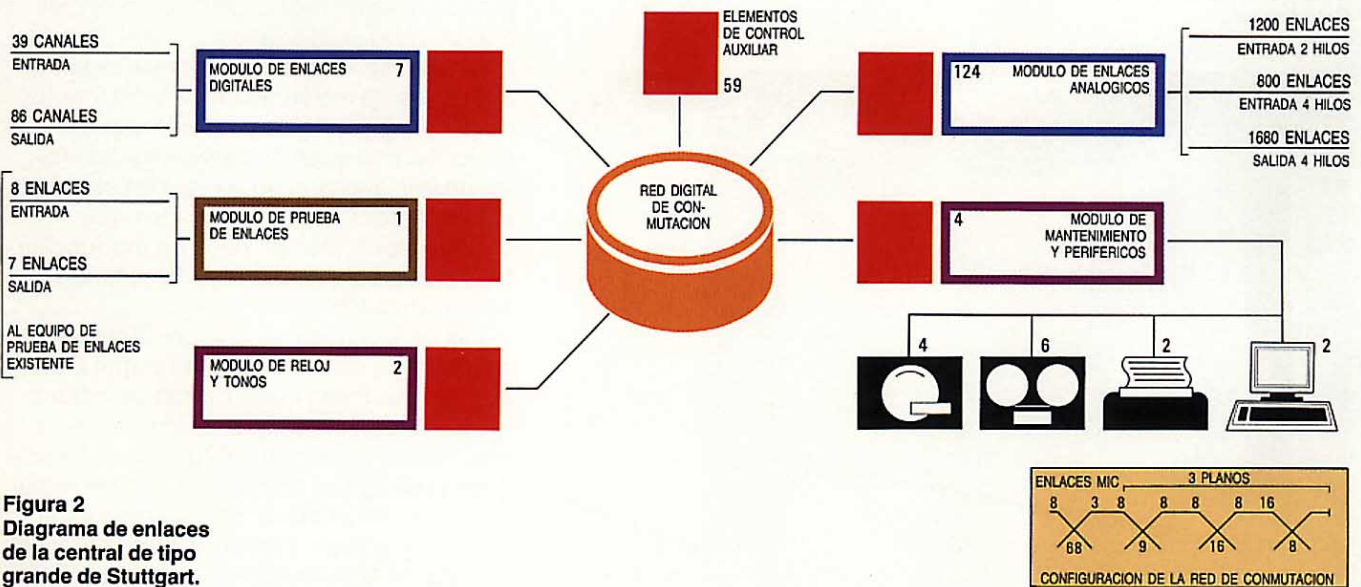
**Figura 1**  
Diagrama de enlaces de la pequeña central interurbana de Heilbronn.

de la central, y en particular si se necesitarían versiones diferentes del sistema. La especial arquitectura de control distribuido del Sistema 12 aseguró el que pudieran realizarse ambas centrales utilizando la misma configuración básica, diferenciadas solamente en la cantidad de circuitos o programas requeridos.

La más pequeña de las dos centrales Sistema 12 está ubicada en Heilbronn, 30 km al norte de Stuttgart, y funciona como central nodal, que es el nivel más bajo de central interurbana dentro de la jerarquía de la red. La central mayor está instalada en Stuttgart, y combina una central nodal con una principal, siendo el nivel de central interurbana inmediatamente superior en la jerarquía. Cada central ha asumido las funciones de un tercio de una central analógica electromecánica existente en la red.

El Bundespost redactó unas detalladas especificaciones para las centrales interurbanas en los siguientes aspectos:

- Requisitos de red, cubriendo la introducción en la red actual y la utilización de los dispositivos existentes (p. ej., en pruebas de red).
- Requisitos de funciones generales, cubriendo los interfaces a equipos de prueba y algunos otros aspectos generales.
- Requisitos técnicos, para aspectos tales como capacidad de manejo del tráfico por el control y la red de conmutación, señales de reloj, interfaz de la red (sistema de señalización, transmisión, requisitos eléctricos) y fiabilidad.
- Exigencias operacionales, que abarcan la supervisión e informes de alarmas,



**Figura 2**  
Diagrama de enlaces de la central de tipo grande de Stuttgart.



medidas y pruebas, recopilación de datos de operación y planificación, y documentación.

- Requisitos de programación: seguridad, flexibilidad, mantenimiento, etc.

Algunos aspectos de esta especificación se referían al uso del sistema de señalización decádico IKZ 50, y al cambio automático de encaminamiento y tarificación según la hora del día, el día de la semana y vacaciones oficiales.

En lo que concierne a la operación, mantenimiento y pruebas, había que utilizar el equipo existente para las medidas y pruebas de enlaces. Tenían que suministrarse dispositivos de entrada/salida para operación y mantenimiento (unidad de pantalla e impresora), tanto en la sala de central como en una posición remota. Asimismo, en los momentos en que la central estaba desatendida, debía ser posible el enviar señales de alarma a dicha posición remota.

### Configuración de las centrales interurbanas Sistema 12

Los diagramas de enlace de las figuras 1 y 2 muestran los números y tipos de módulos que se requieren para la central pequeña y la central grande respectivamente. En la figura 3 se muestran configuraciones típicas de bastidores para ambas centrales.

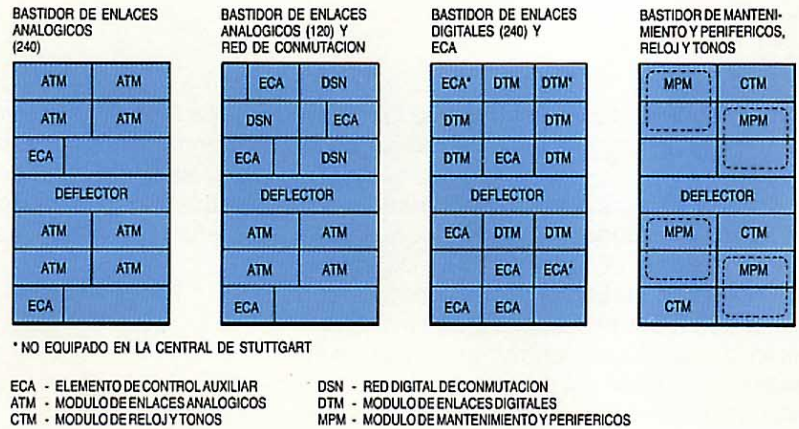
Tal como se indica en el diagrama de enlace de la central de tipo grande, ésta incorpora 197 procesadores (uno por módulo), siendo la primera central en servicio con tan gran número de estos elementos; sin embargo, después se han instalado con éxito centrales del Sistema 12 con más de 600 procesadores<sup>4</sup>.

La distribución del equipo de la central con 3.800 enlaces en Stuttgart ha conseguido un ahorro de espacio al menos del 65% en comparación con la central analógica a la que ha reemplazado en este caso específico, con un 95% de entorno analógico. En un entorno enteramente digital, se podrán lograr ahorros de espacio aún mayores. Esta reducción resolverá por sí sola prácticamente todos los problemas de espacio del Bundespost para las ampliaciones de centrales previstas en los próximos 20 años. La figura 4 muestra el plano de planta de la central pequeña de 800 enlaces.

Un factor importante para el mantenimiento (almacenamiento de repuestos y actividades de mantenimiento) es el corto número de placas impresas diferentes utilizadas en las centrales Sistema 12. Sólo se necesitan 30 tipos distintos de placas para una central entera — reducción espectacular frente a los anteriores sistemas

controlados por procesador que generalmente necesitaban centenares de tipos de placas. Además, este número es mucho menor que en otras centrales digitales, que pueden requerir más de 30 tipos de placas sólo para el control de la central.

La programación de la central consiste en unas 210.000 sentencias fuente, la mayoría de las cuales están escritas en CHILL, lenguaje de alto nivel concebido por el CCITT para los sistemas de telecomunica-



**Figura 3**  
Distribución de algunos bastidores típicos para la configuración interurbana del Sistema 12.

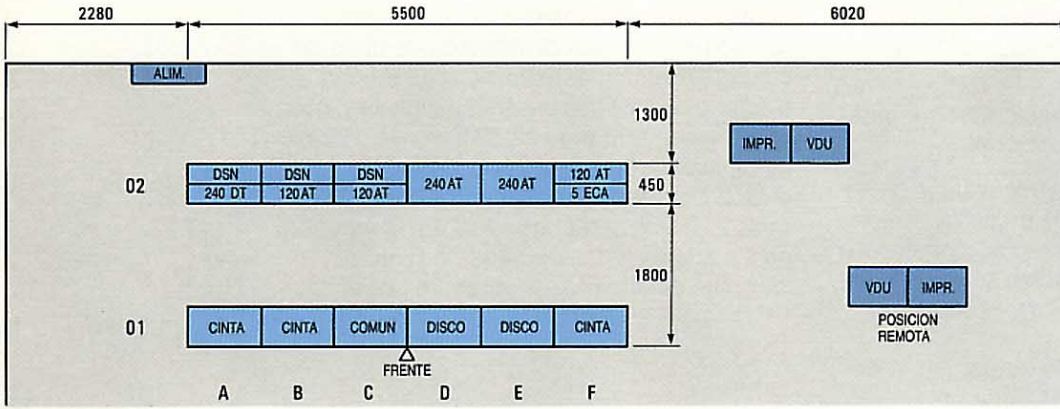
ción. El porcentaje de programación dedicada a las diversas funciones de la central se da en la tabla 1. Los módulos individuales de los distintos subsistemas no están situados en elementos de control específicos, sino distribuidos (y repetidos) en forma flexible entre los muchos elementos de control del sistema.

### Programa de implantación de la central interurbana

Un concepto de sistema enteramente nuevo suele conducir a nuevos (y a veces inesperados) problemas para los ingenieros de diseño y pruebas. Sin embargo, el riesgo se minimiza por la concepción del Sistema 12, ya que su modularidad y control distribuido hace posible el uso de muchos procedimientos nuevos durante el diseño, las pruebas y la integración del sistema, que no eran factibles en sistemas anteriores.

En particular, los interfaces sencillos y claramente definidos permiten probar los módulos de circuitos y programas independientemente y, en gran parte, en paralelo. Esto se apoya en procedimientos eficaces para controlar todos los cambios que resulten de las pruebas. En consecuencia, la combinación en una central de módulos probados individualmente y la posterior prueba de toda la central duró solamente





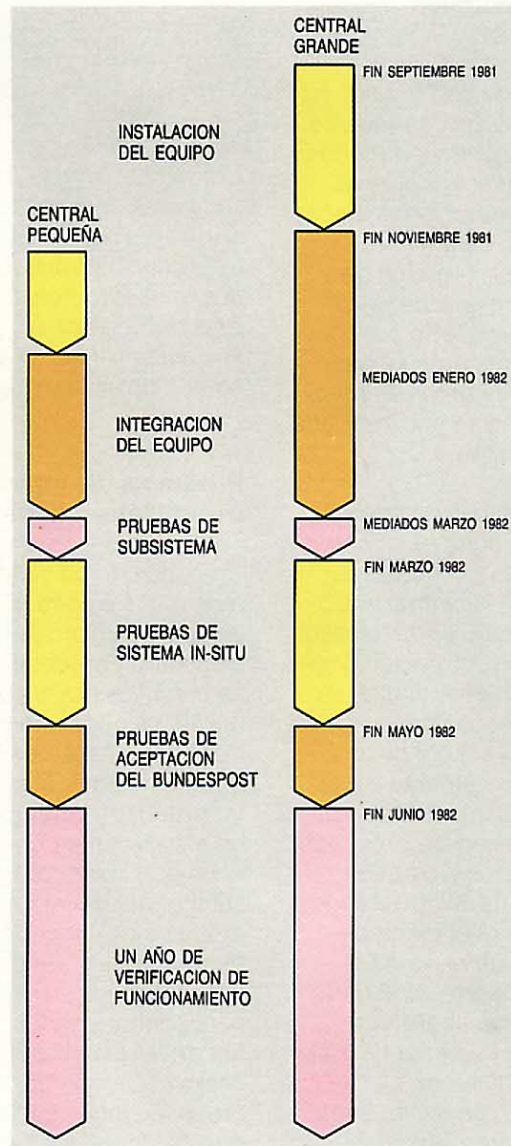
**Figura 4**  
 Diagrama de planta de la central pequeña, con 800 enlaces en un entorno 90% analógico.  
 AT - enlaces analógicos  
 DSN - red digital de conmutación  
 DT - enlace digital.  
 Las dimensiones se dan en milímetros.

unos pocos meses, mientras que los sistemas anteriores necesitaban tal vez un año o más.

Además de equipar en los laboratorios diversas estaciones de prueba pequeñas, SEL instaló en ellos modelos de las dos centrales interurbanas del Bundespost con el fin de probar el sistema. Tales modelos eran idénticos a las centrales verdaderas en cuanto a distribución de bastidores, número y tipos de módulos, número de elementos de control y datos de la central. Sólo estaban subequipados en número los enlaces en los módulos. Esta disposición permitió llevar a cabo una gran variedad de pruebas con el apoyo completo (en personal, pericia y herramientas) de un laboratorio bien dotado. Por ser idénticas las cintas de carga del sistema en los prototipos y las centrales del Bundespost, dichas cintas pudieron tomarse directamente del laboratorio. Por ello, en la instalación sólo hubo que repetir algunas pruebas con necesidades mínimas de personal.

Además, los problemas que se encontraron en la instalación se pudieron investigar rápida y eficazmente dentro del laboratorio. Normalmente esta táctica permitió hacer correcciones dentro del día, o a lo sumo en pocos días. Como resultado, SEL pudo probar el sistema in-situ en un periodo de ocho semanas.

La figura 5 muestra la ordenación en tiempo de las actividades en el lugar de instalación. El tiempo relativamente largo requerido para instalación y pruebas del equipo físico (aun siendo mucho más corto



**Figura 5**  
 Cronograma de la instalación y pruebas de las dos centrales interurbanas de presentación del Sistema 12 para el Bundespost alemán.

**Tabla 1 — Porcentaje de programación dedicado a las diferentes funciones de la central**

Subsistema	Porcentaje de las sentencias fuente totales
Sistema operativo	26
Base de datos	15
Entrada/salida	10
Tratamiento de llamadas	15
Administración	12
Mantenimiento	22



que en sistemas anteriores) fue debido a las rigurosas pruebas de los circuitos y de las conexiones a otras centrales, ya que era la primera vez que se instalaba un sistema nuevo tan grande. Esto aseguró también que las pruebas siguientes de programación y de sistema no fueran afectadas por problemas en circuitos. Desde esta instalación inicial, los tiempos de prueba se han reducido apreciablemente.

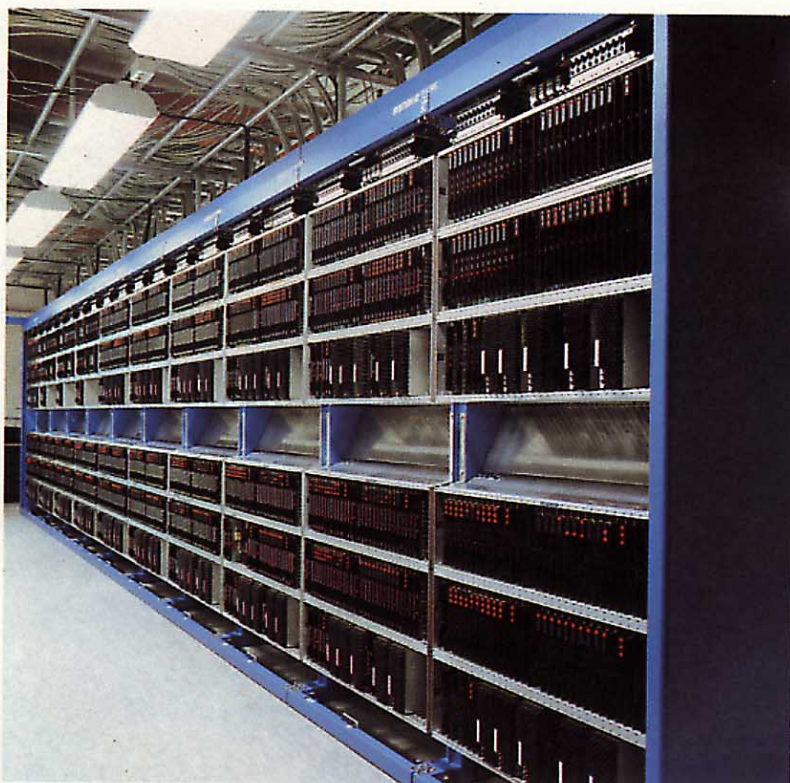
Una vez entregadas las centrales, un grupo de ingenieros del Bundespost las comprobó exhaustivamente durante un mes para su aceptación. Este grupo había sido previamente adiestrado en SEL sobre operación y mantenimiento de las centrales del Sistema 12, utilizando una central de entrenamiento con idéntica configuración que la central de Heilbronn. Desde el punto de vista de la programación, las dos centrales interurbanas sólo difieren en cuanto a los datos, y no en los programas, por lo que el personal del Bundespost pudo familiarizarse con el funcionamiento de la configuración interurbana del Sistema 12 al mismo tiempo que los ingenieros de SEL realizaban las pruebas in-situ.

Completado el mes de pruebas de aceptación por parte del Bundespost, ambas centrales entraron en servicio con tráfico real. En la mayor parte de los casos, los problemas que aparecieron durante los primeros seis meses del periodo de presentación se resolvieron en pocos días, ya que pudieron ser reproducidos y corregidos en las centrales de prueba de los laboratorios de SEL.

### Experiencia de campo

Ambas centrales de Heilbronn y Stuttgart se pusieron en pleno servicio con tráfico real en julio de 1982, y desde entonces exclusivamente las maneja personal del Bundespost. Antes del corte de las centrales, el Bundespost y SEL acordaron un procedimiento eficaz para informe y corrección de los fallos. A lo largo de la operación de estas centrales interurbanas Sistema 12 en la red alemana, se adquirió una experiencia práctica muy importante: la primera conseguida con una central interurbana digital de arquitectura de control distribuido.

El personal de operación y mantenimiento pudo hacerse cargo del funcionamiento de la central en cuestión de días. Cuando ocurrió algún fallo, las facilidades de prueba y diagnóstico integradas en la central y sus indicadores identificaron rápidamente la fuente del fallo (tanto de circuitos como de programas). Tan pronto como pudieron reproducirse en el laboratorio los



**Vista de la gran central interurbana de 3800 enlaces, con las puertas de los armarios quitadas.**

fallos de programación, se tuvo normalmente la corrección en unos pocos días.

El periodo de presentación demostró que no había discrepancias importantes entre el comportamiento de la central pequeña con 56 procesadores y el de la grande con 197 procesadores. No apareció ningún fallo del sistema básico, y se confirmó totalmente la ventaja inherente al Sistema 12 de descartar la caída total del sistema.

La capacidad de manejo de tráfico demostró ser tan buena como se había predicho, incluso durante periodos de tráfico extremadamente alto. Como ejemplo, durante la noche de fin de año 1983/84 se trató sin problema alguno un número de intentos de llamada doble del usual.

La tabla 2 resume algunas de las principales estadísticas de fallos de circuitos en ambas centrales. Esta tabla demuestra que las placas impresas del Sistema 12 básico

**Tabla 2 — Estadísticas de fallos de circuitos**

Placas impresas	Número total instalado	Placas con fallo junio 82-dic. 83	Tasa de fallos	
			medida (10 <sup>-6</sup> /h)	predicha (10 <sup>-6</sup> /h)
Conmutador	212	3	1,3	8,9
Memoria	359	7	1,4	28
Procesador	253	9	2,6	3,1
Multiplexor MIC	152	1	0,5	1,7
Enlace saliente a 4 hilos	694	106	10,9	4,0
Enlace digital	10	4	21,5	2,0





Central pequeña de 800 enlaces en Heilbronn.

son más fiables que lo que se había predicho. Sin embargo, algunas otras placas cuyo diseño tuvo que adaptarse al cliente resultaron algo menos fiables de lo que se esperaba, descubriendo que ello se debía a problemas de componentes. En este aspecto se han conseguido mejoras considerables para las centrales en producción.

El comportamiento del sistema completo, incluyendo equipo físico y programación se puede expresar por la cifra de disponibilidad de servicio, que mide el tiempo en el que se tiene servicio en todos los circuitos de



Figura 6 Disponibilidad de servicio de las dos centrales interurbanas a partir del corte.

enlace. En la figura 6 se indica la disponibilidad de servicio en las dos centrales interurbanas. Puede encontrarse información más detallada de las experiencias de campo en otros lugares<sup>3, 5, 6</sup>.

Gracias a la arquitectura del sistema orientada al futuro, y a los excelentes resultados de la presentación durante un año en una red real, el Deutsche Bundespost tomó la decisión de instalar en su red centrales digitales del Sistema 12.

### Aplicación futura en la red alemana

Las primeras centrales que se suministrarán por contrato con el Bundespost alemán se instalarán a comienzos de 1985. Se diferenciarán en un cierto número de detalles de las centrales de presentación. Primero: no se conectarán más enlaces analógicos, sino sólo enlaces digitales. Segundo: los dispositivos de prueba de enlaces se integrarán dentro de la central; no se suministrará ningún equipo convencional separado para prueba de enlaces. Tercero: se introducirá señalización por canal común CCITT n°7 siguiendo los proyectos piloto planeados para mediados de 1986. Finalmente, se instalará el servicio 130, mediante el cual el abonado llamado tiene que pagar la tasación siempre que el llamante haya comenzado por marcar las cifras 130.

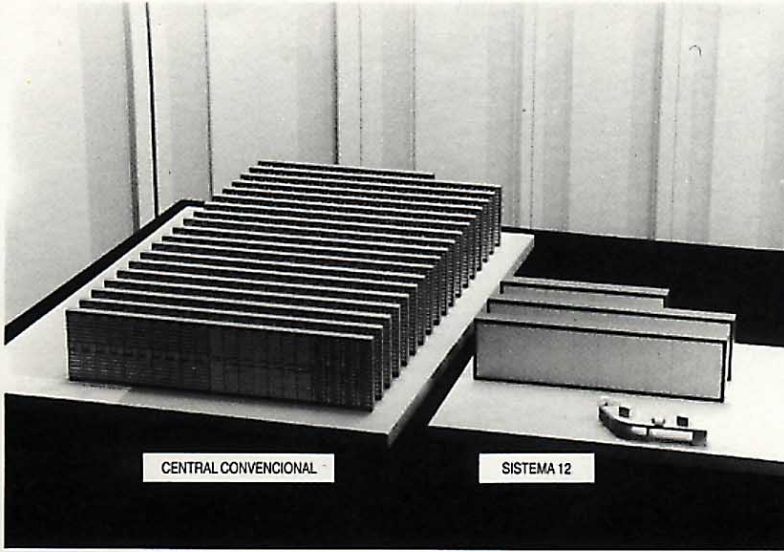
Además de las centrales interurbanas, SEL suministrará centrales locales del Sistema 12, empezando también en 1985, así como centrales interurbanas internacionales.

### Conclusiones

Las dos centrales interurbanas instaladas en Heilbronn y Stuttgart para el Deutsche Bundespost fueron las primeras aplicaciones prácticas de la configuración de central interurbana cursando tráfico real en una red telefónica pública. Los resultados han demostrado las ventajas de una arquitectura de control distribuido basada en muchos procesadores individuales que se interrelacionan y comunican a través de una red de conmutación. En el caso de la central de Stuttgart se necesitaron 197 procesadores, pero ya se han instalado centrales con más de 600 en otros lugares de Europa.

La arquitectura y los principios de diseño se han aplicado no sólo en las actividades de diseño de alto nivel sino hasta el nivel más detallado de realización. Esta disciplina ha sido una gran ayuda, tanto durante las





**Maquetas que ilustran las enormes reducciones de espacio conseguidas por centrales Sistema 12 respecto a centrales convencionales equivalentes de tipo analógico.**

fases de diseño y prueba, como durante la operación con tráfico real.

Las dos centrales interurbanas descritas han sentado la base para nuevas aplicaciones y han confirmado la orientación de las

futuras actividades del Sistema 12, que finalmente conducirán a la introducción de una red digital de servicios integrados<sup>7</sup>.

#### Referencias

- 1 M. Langenbach-Belz, A. Melis y H. Verhille: Central digital ITT 1240: Introducción: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 114–125.
- 2 P. Haerle y M. della Bruna: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red interurbana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 235–247.
- 3 R. W. Slabon y J. Haag: Presentation of Digital Switching Systems to the Deutsche Bundespost Network – Presentation Method and Experiences: *XI International Switching Symposium*, Florencia, mayo 1984, documento 24 BI.
- 4 J. A. Broux, P. Erlandsson y E. Rishøj: Sistema 12: Central local-tránsito de Aarhus: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 154–158 (en este número).
- 5 K. J. Hamer-Hodges, G. De Wachter y H. Weisschuh: Sistema 12: Integración y experiencias de campo: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 12–19 (en este número).
- 6 J. Dutt: Field Experience with Sistema 12: *4th International Conference on Reliability and Maintainability*, Lannion, mayo 1984.
- 7 D. Becker y W. May: Sistema 12: Servicio piloto RDSI de la administración alemana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, n° 1/2, págs. 98–104 (en este número).



# Sistema 12

## Isla digital de Collado-Villalba

Durante 1985 se instalará en Collado-Villalba, España, una red totalmente digital utilizando equipo rural del Sistema 12. Presenta como novedad principal el Centro de Servicios de Red del Sistema 12 para la operación y mantenimiento centralizados, basado en el sistema de señalización por canal común CCITT n° 7.

**A. Campos Flores**

**M. Fernández Moreno**

Standard Electrica SA, Madrid, España

### Introducción

La aplicación del Sistema 12 en las áreas rurales es atractiva por varios motivos. Por una parte, su configuración modular con el control distribuido permite una realización económica de centrales pequeñas, ofreciendo al mismo tiempo todos los servicios que normalmente disfrutaban los abonados de grandes centrales urbanas. Por otra, permite la introducción de nuevos servicios, lo que está propiciado por el uso de señalización por canal común CCITT n° 7.

El Sistema 12 ofrece además un buen número de ventajas en la operación y el mantenimiento de redes rurales, basadas en la comunidad de equipo, el reducido número de tipos de placas impresas y los conceptos de programación, entre otros. Estas cualidades se han visto potenciadas con el desarrollo del CSR (centro de servicios de red), concepto que permite centralizar la operación y el mantenimiento de un área con un coste mínimo. Esto es posible por ser pequeña la cantidad de equipo adicional necesaria para prestar esos servi-

cios centralizados (p. ej., supervisión de alarmas, administración de abonados, tarificación), ya que todas las funciones del CSR se realizan utilizando módulos del Sistema 12 y señalización por canal común CCITT n° 7 sobre vías de transmisión digital compartidas con el tráfico telefónico.

La aplicación del Sistema 12 en la red rural de Collado-Villalba, en España, se beneficia de todas las características mencionadas.

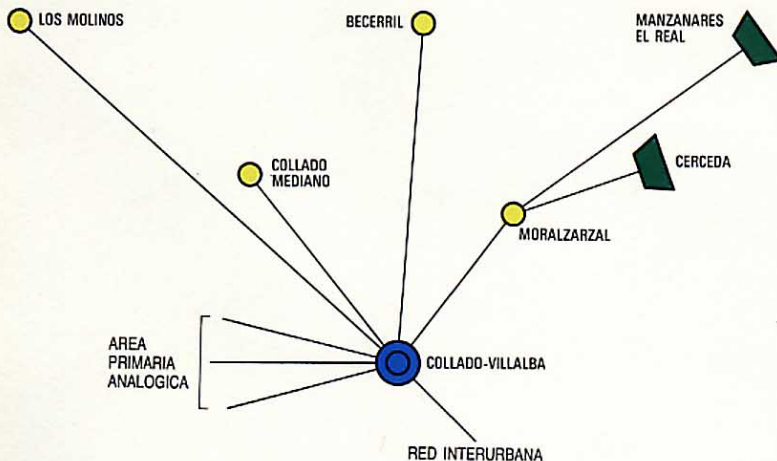
### Aplicación del Sistema 12 en la red de Collado-Villalba

La isla digital de Collado-Villalba es una de las primeras aplicaciones del Sistema 12 en una red rural. Consiste en un grupo de centrales y unidades remotas de abonados (URA) digitales, interconectadas por sistemas de transmisión digital para formar una red digital integrada en estrella, cuyo centro se localiza en la central digital local-tránsito (primaria) del sector de Collado-Villalba.

En la fase inicial, la red digital se superpone geográficamente a la red analógica existente, apareciendo como una "isla digital". Como muestra la figura 1, la primera fase de la red, que se pondrá en servicio en 1985, consiste en:

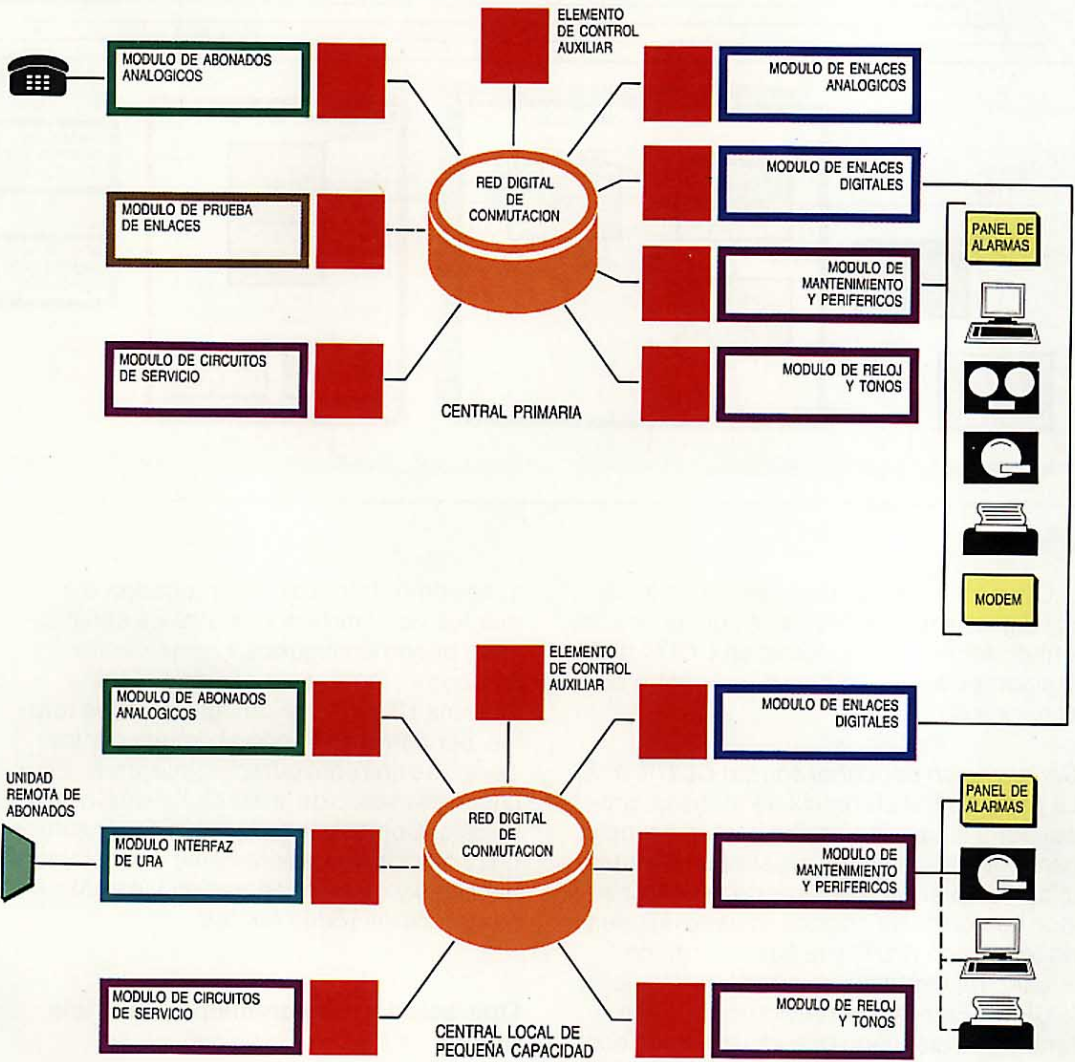
- Una central primaria digital, con funciones de local y tránsito, equipada inicialmente con 2.400 líneas y 2.800 enlaces (analógicos y digitales). Esta central conmutará el tráfico de acceso a la red interurbana y el de tránsito entre las centrales analógicas y digitales del área primaria; es el único punto de conexión entre la isla digital y la red analógica. La configuración de la central integra además las funciones de CSR para explotación, operación y mantenimiento de toda la isla digital.

**Figura 1**  
Isla digital de Collado-Villalba, mostrando la configuración con una central local-tránsito primaria, cuatro centrales locales y dos unidades remotas de abonado, todas del Sistema 12.





**Figura 2**  
Configuración inicial de la instalación del proyecto de Collado-Villalba, mostrando la conexión de las centrales Sistema 12, primaria y de pequeña capacidad.



- Cuatro centrales locales de pequeña capacidad (CLPC) con instalaciones iniciales que varían entre 1.000 y 1.500 líneas.
- Dos URA de 120 líneas, dependientes de una de las CLPC.

El área de Collado-Villalba muestra las posibilidades del Sistema 12 para cubrir los variados requisitos de las redes rurales. Permite utilizar un mismo concepto de sistema, tanto para la central primaria como para las pequeñas y las URA, con total comunidad de elementos constitutivos de programación y equipo. De ese modo, la arquitectura modular distribuida del Sistema 12 permite seleccionar el número y tipos de módulos más apropiados para reducir el coste inicial de las CLPC, y al mismo tiempo que las centrales crezcan ilimitadamente, tanto en tamaño como en servicios, sin más que añadir módulos genéricos<sup>1,2</sup>.

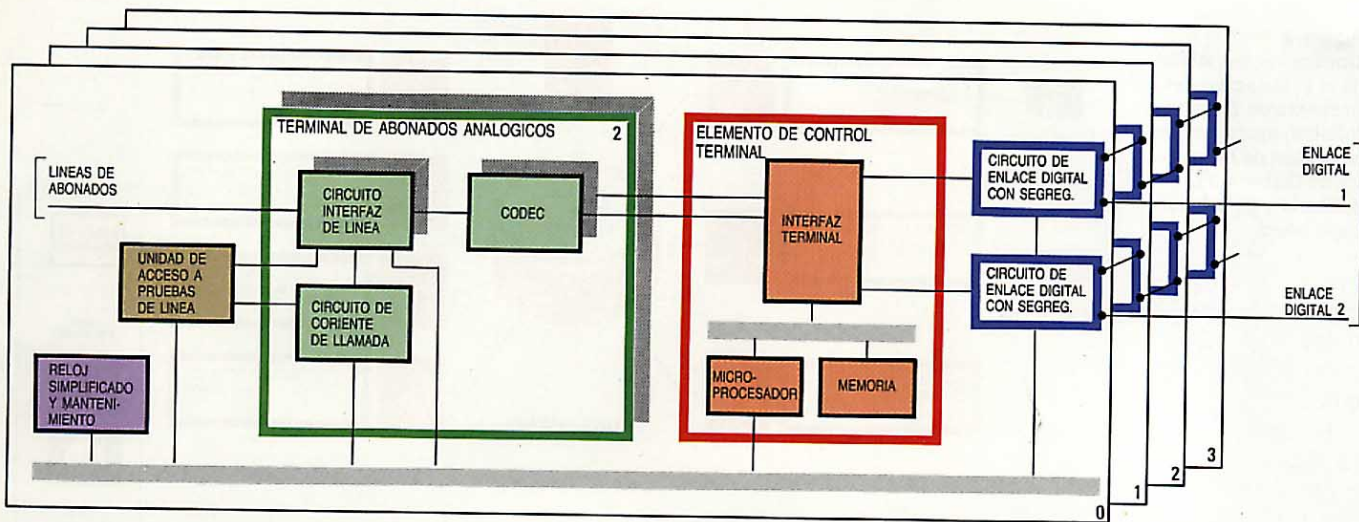
En la figura 2 se indican los módulos utilizados en las configuraciones iniciales de las centrales primaria y CLPC. La URA

(Fig. 3) tiene una configuración semejante a un módulo de abonados analógicos del Sistema 12, salvo en que puede acomodar 120 abonados y en que se conecta por medio de enlaces digitales a un módulo de interfaz de URA (RIM) de su central principal, utilizando señalización por canal común<sup>2,3</sup>.

Los servicios y facilidades de abonado son los mismos en todas las centrales, incluyendo las URA que comparten los de su central principal; así, por ejemplo, la tarificación detallada y el uso de receptores multifrecuencia para teléfonos de teclado. Del mismo modo, en todas las centrales del área se dispone de las amplias facilidades de explotación, operación y mantenimiento del Sistema 12.

La introducción de centrales Sistema 12 proporciona todas las ventajas económicas y operativas de las redes digitales, especialmente cuando van acompañadas por la transmisión digital, como sucede en la isla digital de Collado-Villalba y en parte de sus rutas de conexión a la red analógica.





**Figura 3**  
Unidad remota de abonados del Sistema 12.

Otras importantes características de la isla digital de Collado-Villalba son: el uso de señalización<sup>3</sup> por canal común CCITT n°7, la sincronización jerárquica y el centro de servicios de red.

**Señalización por canal común CCITT n° 7**  
La parte de transferencia de mensaje proporciona el soporte básico para una amplia gama de aplicaciones, presentes y futuras, tales como el uso nacional de la señalización telefónica de enlaces, la parte de usuario telefónico (PUT) y la nueva parte de usuario de explotación y mantenimiento (PUEM). Para las instalaciones del área rural se ha diseñado una variante más económica de realización del sistema CCITT n°7 en el Sistema 12, consistente en incluir las funciones de nivel 2 y la de distribución del nivel 3 (a PUT y PUEM) en los módulos que controlan los enlaces digitales. Dada su posición en la red, la central primaria Sistema 12 de Collado-Villalba hace interfuncionar la señalización por canal común CCITT n°7 con los sistemas de señalización convencionales utilizados en enlaces analógicos o digitales.

**Sincronización jerárquica**  
Los osciladores de gran estabilidad equipados en la central primaria suministran, a través de las vías de transmisión digital, las señales de referencia para los relojes locales de las CLPC, reduciendo así la necesidad de referencias locales estables. El módulo de reloj y tonos de las CLPC puede por tanto equipar el reloj central normalizado del Sistema 12 o una versión simplificada. Análogamente, las URA se sincronizan con su central principal.

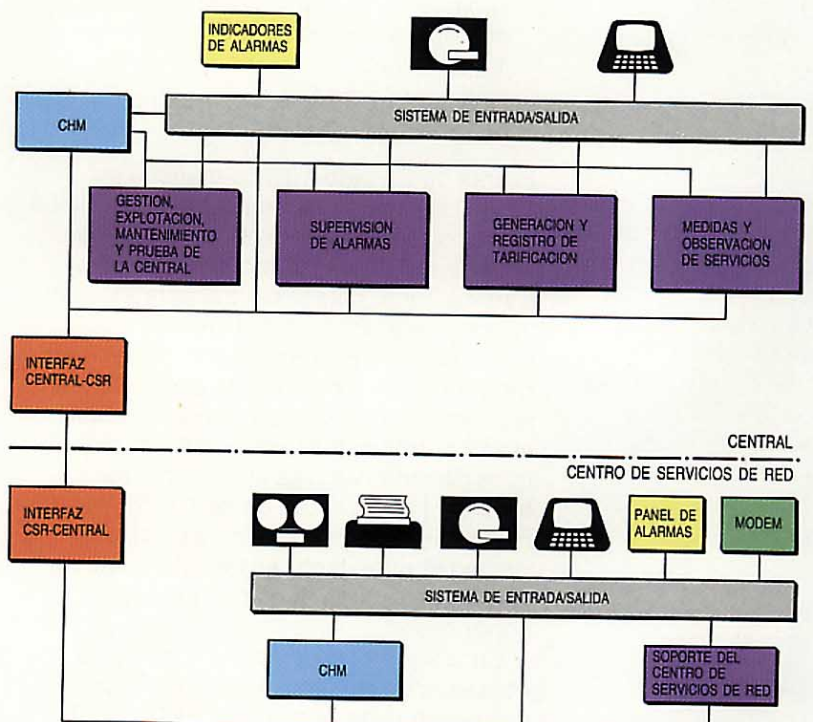
**Centro de servicios de red**  
Esta configuración del Sistema 12 ofrece una plena centralización de las funciones de operación y mantenimiento. El equipo

asociado (periféricos de ordenador, elementos de control, terminales de señalización) puede configurarse como centro autónomo, localizarse en una central Sistema 12 o incluso, en aplicaciones rurales, ser compartido con el de una central, dentro de una configuración integrada. Este último es el caso de la isla digital de Collado-Villalba. Como resultado, el CSR constituye una solución verdaderamente económica para la explotación, operación y mantenimiento de las redes rurales.

**Operación y mantenimiento en la isla digital**

El hecho de utilizar un sistema de conmutación único para realizar todos los elementos

**Figura 4**  
Partición funcional del centro de servicio de red y las centrales conectadas. CHM - comunicación hombre-máquina.





de la red de Collado-Villalba reduce considerablemente el coste de la operación y el mantenimiento. En concreto, el CSR del Sistema 12 es sumamente apto para esta aplicación rural, aunque no se limite a ella (Fig. 4).

En la isla digital de Collado-Villalba, el CSR proporciona, desde la central primaria, operación y mantenimiento centralizados para toda el área, permitiendo que las centrales no-atendidas sean supervisadas, controladas, operadas y explotadas a distancia<sup>4</sup>.

El CSR del Sistema 12 ofrece amplias facilidades de operación y mantenimiento, entre ellas el acceso remoto a funciones dependientes del sistema que usualmente sólo están disponibles in-situ. La tabla 1 indica los servicios esenciales del CSR utilizados en el área rural de Collado-Villalba; sin embargo, el centro puede ampliarse para prestar otros servicios, tales como el interfaz con centros electrónicos de proceso de datos donde se facturen las llamadas, y la gestión de la red. Las facilidades actuales incluyen:

- Recogida centralizada de datos de tarificación en memorias de masa transportables (cintas magnéticas) para proceso posterior en un centro de facturación.
- Visualización e informes de alarmas.
- Manejo de los datos resultantes de medidas y observaciones de servicio, centralizando su visualización y registro en cinta magnética para análisis posterior, y concentrando su transferencia a un centro especializado en medidas de tráfico por medio de un canal de datos.
- Centralización de terminales de comunicación hombre-máquina remotos, unidades de visualización, impresoras, etc., compartidos por todas las centrales de la isla digital.

La operación remota de las centrales no excluye su operación local durante las visitas de mantenimiento.

Las URA se consideran como partes remotas de las centrales locales a que se conectan. De este modo, el CSR proporciona también el soporte de operación y mantenimiento para las URA, a través de sus centrales principales. Además, el mantenimiento local de una URA se apoya en un terminal de comunicación de hombre-máquina conectable a ella, aunque funcionalmente pertenece a su central principal.

### Parte de usuario de explotación y mantenimiento del Sistema 12

Las funciones del CSR se basan en la transferencia de mensajes y ficheros de

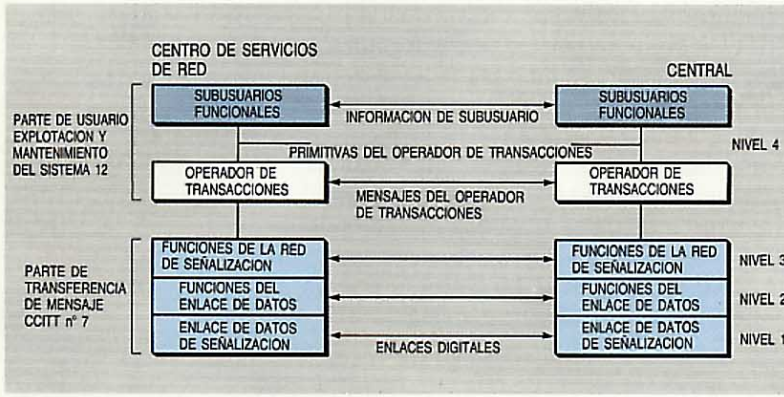
datos, formateados o no, hacia y desde las centrales conectadas. Esta transferencia, en el Sistema 12, se ha basado en la definición y uso de una PUEM especial del sistema de señalización CCITT n° 7, que tiene un interfaz con la parte de transferencia de mensaje semejante a las partes de usuario telefónico o de datos (es decir, como un usuario de nivel 4).

La PUEM también se ha estructurado en niveles, como puede verse en la figura 5.

**Tabla 1 — Funciones principales del centro de servicios de red del Sistema 12**

<p><b>Recogida y administración de la tarificación</b></p> <p>Registro centralizado en cinta magnética</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– en contadores (tarificación global)</li> <li>– tarificación detallada</li> <li>– gestión del registro en cinta</li> </ul> <p>Obtención de informes solicitados</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– contadores individuales</li> <li>– estadísticas de tarificación</li> </ul> <p>Cambio de datos de tarificación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– tarifas, escalas, zonas, etc.</li> <li>– tipos de llamada a detallar</li> </ul>
<p><b>Medidas y observación de servicio</b></p> <p>Registro centralizado en cinta y/o visualización de resultados de medidas y observación de servicio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– de tráfico</li> <li>– de línea de abonado</li> <li>– muestreo de llamadas</li> <li>– ocupación en-línea</li> <li>– medidas de carga y sobrecarga</li> </ul> <p>Concentración y transferencia de datos de tráfico a un centro de proceso</p>
<p><b>Gestión de la central</b></p> <p>Administración de abonados</p> <p>Administración de encaminamiento</p> <p>Administración de los circuitos de servicio</p> <p>Administración del control de la central</p> <p>Administración de los enlaces de señalización CCITT n° 7</p>
<p><b>Mantenimiento</b></p> <p>Visualización del estado de los elementos de reparación y bloques de seguridad</p> <p>Iniciar y presentar resultados de diagnósticos</p> <p>Transferencia de ficheros de seguridad</p> <p>Transferencia de datos reales de la central</p>
<p><b>Función de supervisión de alarmas</b></p> <p>Visualización de alarmas en panel centralizado</p> <p>Impresión de informes de fallos</p> <p>Transferencia de ficheros históricos</p> <p>Visualización de alarmas pendientes, por central</p>
<p><b>Pruebas</b></p> <p>Iniciar y presentar resultados de pruebas de líneas de abonados y de enlaces</p>
<p><b>Explotación del centro de servicios de red</b></p> <p>Asignar y desasignar centrales</p> <p>Entrada de órdenes de operador</p> <p>Informes de resultados de operaciones</p> <p>Medidas de parámetros de funcionamiento</p> <p>Cambios de datos semipermanentes del CSR</p>





**Figura 5**  
Parte de usuario de explotación y mantenimiento del Sistema 12 y red de señalización CCITT n° 7, según se utilizan en la isla digital de Collado-Villalba.

**Programa operador de transacciones**

El operador de transacciones proporciona un soporte común para todos los (sub)usuarios PUEM necesarios en la aplicación de Collado-Villalba, y se basa en un conjunto definido de primitivas, en línea con las recomendaciones provisionales de la serie Q del CCITT. Su diseño ha considerado la utilización prevista del canal de datos y el futuro aumento del número de usuarios.

El operador de transacciones es la capa intermedia entre la parte de transferencia de mensajes del CCITT n° 7 y los (sub)usuarios funcionales. A petición de un usuario, establece una conexión lógica, o transacción, entre usuarios que cooperan en una función dada (p. ej., transferencia de datos de tarificación) y que están situados en dos puntos conectados por la red de señalización CCITT n° 7, directamente o a través de puntos de transferencia de señalización. Para una conexión dada, el operador de transacciones ejecuta las siguientes funciones:

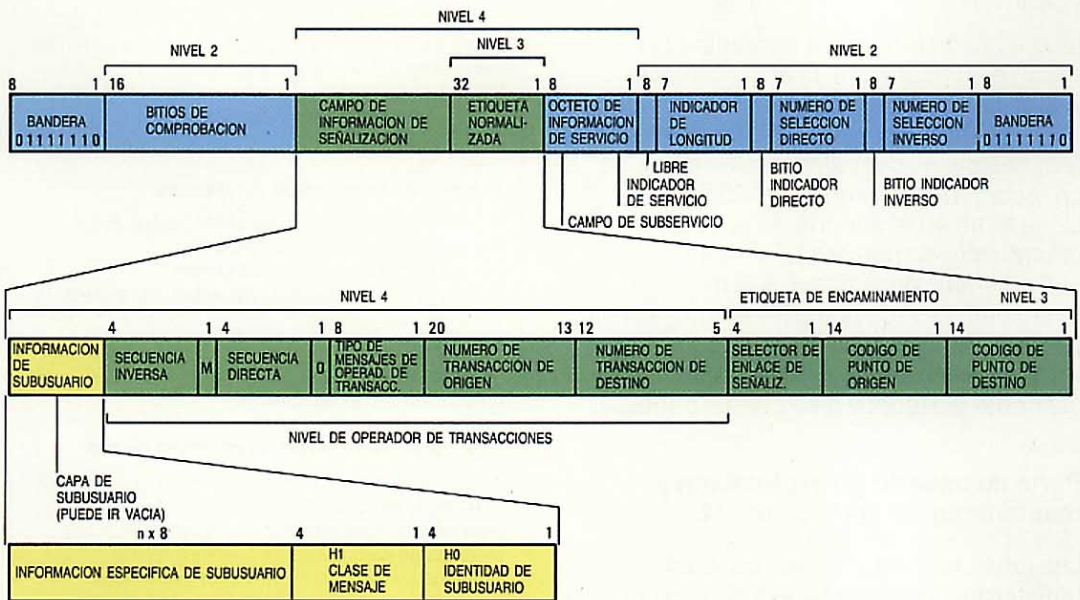
- establecer y liberar la conexión lógica, asignándole un número de transacción
- control extremo a extremo
- secuenciación de mensajes
- retransmisión en caso de mensajes con secuencia incorrecta
- control de flujo de los mensajes PUEM
- distribución de la carga entre los canales de datos (enlaces de señalización)
- manejo de la etiqueta de encaminamiento para la parte de transferencia de mensaje (Recomendación Q.704 del CCITT) y de la etiqueta de nivel 4 (Fig. 6)
- envío y recepción de paquetes de datos de usuario
- segmentación y reagrupamiento de los bloques de datos de usuarios de hasta 2 k-octetos (p. ej., registros de ficheros) en unidades de señalización de mensaje más cortas, utilizadas por CCITT n° 7.

Se ha definido un conjunto de mensajes entre operadores de transacciones, el cual comprende los mensajes que transportan información de usuarios y aquéllos requeridos para realizar el control extremo a extremo, la recuperación de fallos, etc., que conforman los protocolos de clase 4 del operador de transacciones.

**Subusuarios funcionales**

La capa de aplicación del PUEM consta de un máximo de 16 subusuarios especializados. Los subusuarios funcionales se han realizado por medio de un conjunto de módulos, como puede verse a continuación:

*Subusuarios PUEM:* la capa de aplicación generalmente no es simétrica, habiendo



**Figura 6**  
Formatos de las unidades de señalización de mensaje en la parte de usuario de explotación y mantenimiento.



por tanto un par de subusuarios para cada función, uno que se localiza en el CSR (subusuario PUEM del CSR, SPCS) y otro en la central conectada (subusuario PUEM de la central, SPCE). Para cada par de subusuarios se han definido unos protocolos específicos y adecuados a sus funciones, que se apoyan en mensajes formateados de la capa de aplicación, a los cuales es transparente el operador de transacciones. Las funciones que realizan los subusuarios PUEM son:

- peticiones al programa operador de transacciones para que establezca y libere las transacciones, proporcionándole información de destino y origen
- intercambios de mensajes con su subusuario correspondiente, utilizando los formatos de mensajes definidos para sus protocolos específicos
- interfaz con las funciones de la central y del CSR
- transferencia de ficheros y mensajes de datos
- acciones específicas para cubrir los casos normales y anómalos: cerrar ficheros, liberar transacciones, generar informes, etc.

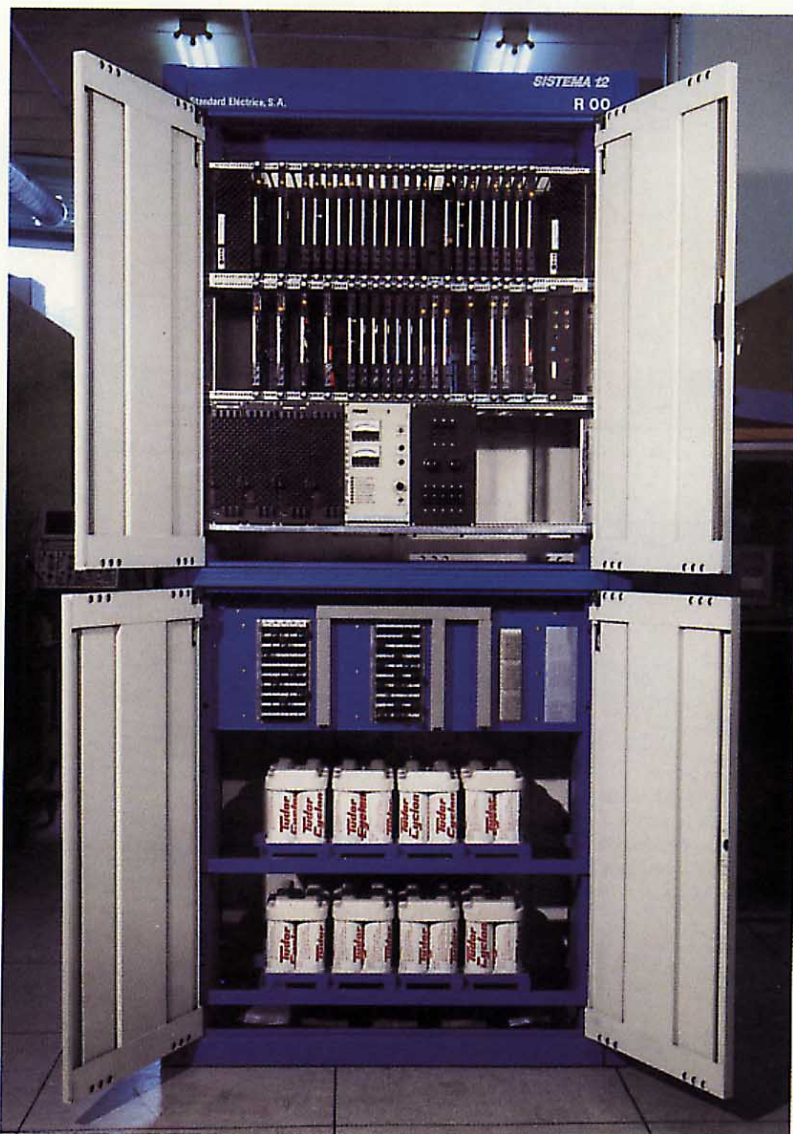
**Copiador de ficheros PUEM:** la transferencia de ficheros de las centrales al CSR, y en algunos casos también en la dirección contraria, es una función rutinaria común de la mayoría de los subusuarios. Esta función se relaciona con el operador de transacciones utilizando las primitivas definidas para el envío y la recepción de bloques de datos (registros de ficheros), y con el sistema general de entrada/salida del Sistema 12 mediante un interfaz genérico para manejo de ficheros (abrir, cerrar, leer, escribir, etc.). Se realiza mediante un módulo común coprador de ficheros PUEM, capaz de transferir ficheros a petición y bajo el control de los subusuarios PUEM de central y de CSR. Los subusuarios controlan las identidades de ficheros y derechos de acceso, y se las proporcionan al coprador de ficheros PUEM cuando le encargan una tarea de transferencia; éste pasa la información de fin de tarea de copia al subusuario, permitiéndole proseguir sus funciones (p. ej., informar al operador, cerrar la transacción).

**Programador PUEM:** ésta es una función centralizada que gestiona el CSR y sus comunicaciones hombre-máquina (Tabla 1), controlando las actividades de los subusuarios (p. ej., transferencia de un fichero a la vez por subusuario). También programa las tareas de los subusuarios, bien a petición del personal de servicio (inmediata, retardada, periódica según calen-

dario), o de las centrales conectadas (p. ej., cuando se llena alguna memoria tampón).

Las funciones de programación de tareas aumentan la seguridad de las transferencias de ficheros, mejoran el flujo de datos y refuerzan la flexibilidad operativa.

**Unidad remota de abonados de 120 líneas en armario para interior de edificio, incluyendo rectificador, baterías, repartidor principal y todo el equipo necesario para formar una unidad autocontenida.**



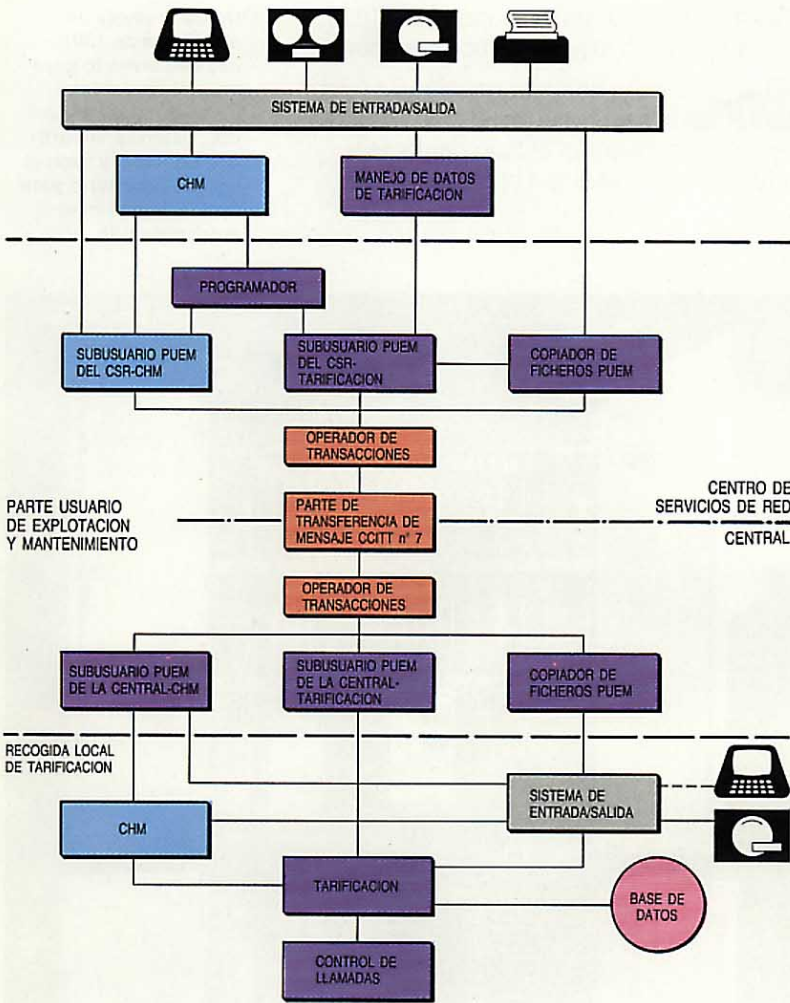
### Operación de los subusuarios funcionales

Se describe a continuación la operación de los cuatro subusuarios funcionales de la isla digital de Collado-Villalba:

#### *Transferencia de datos de tarificación*

Los datos de tarificación, sea por contadores o detallada, se almacenan duplicadamente en las centrales locales en memorias de masas no volátiles. El programador PUEM indica al SPCS de tarificación cuándo





**Figura 7**  
**Recogida y administración de la tarificación en un centro de servicios de red del Sistema 12.**

iniciar la transferencia de un fichero predeterminado de una cierta central conectada. Para ello primero se abre una transacción entre SPCS y SPCE de tarificación. Este último obtiene el derecho de acceso a un fichero generado localmente con datos de tarificación formateados, e inicia la transferencia al CSR con la ayuda en ambos lados de los copiadores de ficheros (Fig. 7).

Una vez transferidos correctamente los datos de tarificación, éstos se registran en unidades duplicadas de cintas magnéticas en el CSR, pudiendo generarse una pareja de cintas por cada central remota o bien para todas las centrales. Al final se produce un informe de la operación de transferencia, notificando también al operador del CSR de cualquier incidente que requiera su intervención.

Los subusuarios utilizan identidades lógicas de red para los ficheros predeterminados. Como los datos están formateados según los requisitos de la Administración (en este caso la Compañía Telefónica Nacional de España), se dispone así de un protocolo de transferencia de datos de tarificación independiente del sistema.

**Transferencia de datos de medidas y observación de servicio**

Los datos obtenidos de las medidas y de las observaciones de servicio se almacenan localmente en las centrales. Como en el caso de transferencia de datos de tarificación, el SPCS y SPCE de medidas y observación de servicio colaboran en transferir al CSR ficheros predefinidos de modo que puedan registrarse centralizadamente en cinta magnética o enviarse a un centro de medidas de tráfico para análisis posterior. La PUEM de medidas y observación de servicio proporciona unos protocolos independientes del sistema.

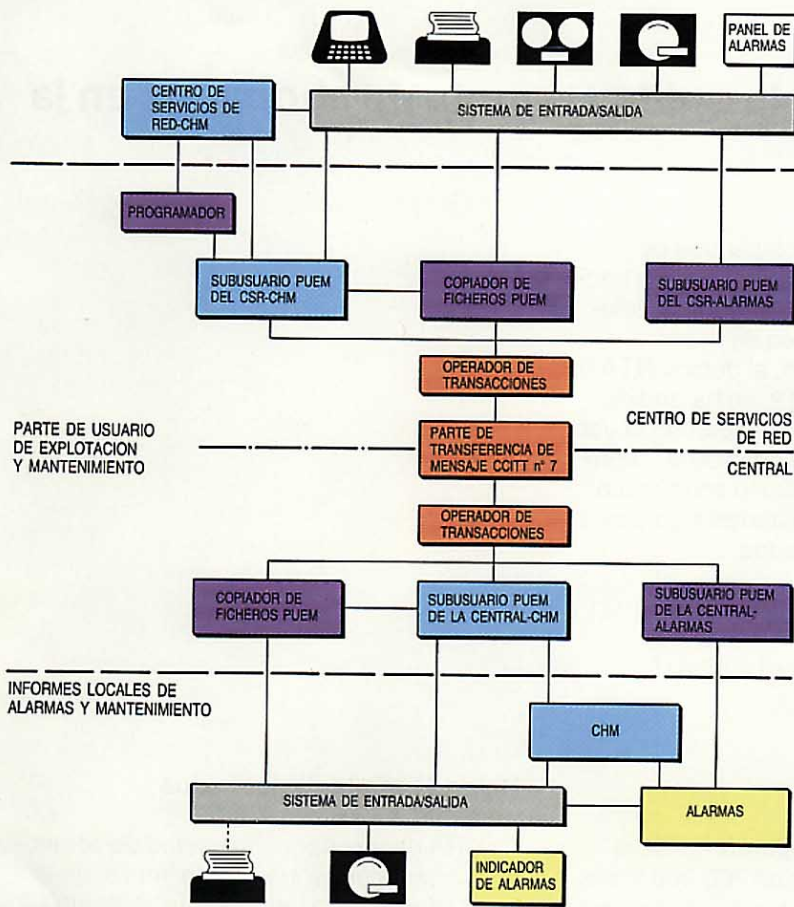
**Transferencia de comunicación hombre-máquina**

Este subusuario tiene tres funciones principales. Primero: transferir informes predefinidos, generados por las centrales, a los terminales de comunicación hombre-máquina del CSR (salidas en monólogo). Los informes se agrupan por funciones (alarmas, resultados de observaciones, etc.), y así los SPCS y SPCE de comunicación hombre-máquina pueden distribuirlos a terminales especializados. Esta distribución incluye el envío a diferentes puntos de destino CCITT n° 7, lo que permite la especialización de los CSR en el futuro. Segundo: el subusuario distribuye a cada central específica las órdenes del operador que atiende el CSR solicitando tareas que han de realizarse en ella (diálogos). El operador puede introducir tales órdenes desde varios terminales, posiblemente localizados en diferentes puntos de señalización. Tercero: transfiere ficheros con datos dependientes del sistema y que el operador identifica mediante peticiones al programador PUEM. Dado que las transferencias se hacen en código ASCII, las dos primeras funciones se pueden independizar del sistema; las traducciones del lenguaje de comunicación hombre-máquina, así como la ejecución de las tareas pedidas, se realizan en las centrales de destino. Esto permite operar en el modo de terminal remoto.

**Transferencia de alarmas**

Las alarmas generadas en las centrales remotas se transfieren al CSR mediante los protocolos de SPCS y SPCE de alarmas. De este modo el personal de mantenimiento puede recibir en el CSR información de las alarmas remotas, incluyendo la identidad de la central de origen, categoría asociada, clase, etc. (Fig. 8). Las alarmas transferidas al CSR son independientes y complementarias de los mensajes hombre-máquina normales del Sistema 12. De hecho, son las indicaciones de alarma que normalmente se presentan en un panel local de alarmas y





**Figura 8**  
Mantenimiento y supervisión de alarmas en el centro de servicios de red.

que, en este caso, se transfieren además al CSR para su visualización en un panel centralizado.

### Organización funcional del CSR

El diseño y realización de la PUEM en el Sistema 12 permite la especialización funcional de los CSR, pudiendo dividirse las funciones como se indica en la tabla 1. Se

pueden organizar CSR especializados mediante la distribución de subusuarios funcionales, con su subusuario de comunicación hombre-máquina asociado, a puntos de señalización CCITT n° 7 diferentes; éste no es el caso en Collado-Villalba, donde un CSR único engloba todas las funciones. Las figuras 7 y 8 muestran ejemplos de CSR especializados por funciones.

### Conclusiones

La llegada de las nuevas tecnologías digitales posibilita ofrecer económicamente servicios modernos a los abonados de las redes rurales. Al mismo tiempo, las administraciones se benefician también en las centrales y redes rurales de los métodos más eficaces de operación, mantenimiento y explotación.

La arquitectura distribuida del Sistema 12 facilita la incorporación de esas nuevas características, representando el centro de servicios de red en el área de Collado-Villalba un claro ejemplo de cómo se puede utilizar la señalización por canal común CCITT n° 7 en el Sistema 12 para ofrecer una amplia gama de nuevas funciones y servicios.

### Referencias

- 1 F. Alvarez Casas y F. Casali: Central digital ITT 1240: Planificación de redes y aplicación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 302-314.
- 2 M. Van Brussel y A. Campos Flores: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red local: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 218-234.
- 3 B. Rossi y F. Haerens: Central digital ITT 1240: Realización de la señalización por canal común CCITT n° 7: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 264-273.
- 4 E. Bertoli, H. Neufeldt y M. Smouts: Central digital ITT 1240: Operación y mantenimiento: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 184-197.



## Sistema 12

# Aplicación de la unidad remota de abonados en la red noruega

Los pequeños y dispersos centros de población de Noruega han dificultado tradicionalmente el proporcionar servicio telefónico en las áreas rurales de manera económica. Sin embargo, al decidir NTA la instalación del Sistema 12, se ha podido resolver este problema extendiendo el uso de unidades remotas de abonados, capaces de dar servicio telefónico económicamente y con plenas facilidades a grupos muy pequeños de abonados.

S. Husby  
B. Vinge

Standard Telefon og Kabelfabrik A/S,  
Oslo, Noruega

### Introducción

La administración de teléfonos noruega (NTA) ha cursado pedido de 700.000 líneas aproximadamente del Sistema 12, distribuidas en unas 458 centrales. Debido a las características geográficas noruegas, con largos valles, gran extensión de costa, pequeñas islas y población dispersa en pequeños núcleos, el tamaño medio de central es de unos 300 abonados. En consecuencia, la unidad remota de abonados (URA) del Sistema 12 desempeñará un importante papel en la nueva red digital de Noruega.

El riguroso clima noruego, con sus bajas temperaturas, gran humedad y atmósfera salina en las proximidades de la costa, impone severos requisitos al equipo.

### Unidad remota de abonados

La URA es una pequeña unidad de conmutación para concentración de líneas, en el nivel inferior de la jerarquía del Sistema 12. Su control y supervisión dependen totalmente de una central principal (Fig. 1), y contiene circuitos de línea para 480 abonados como máximo, conectándose a dicha central por uno o dos enlaces digitales de URA (30 ó 60 canales), con plena accesibilidad de todas las líneas a los 60 canales. Uno solo de estos enlaces MIC puede hacerse cargo de todas las líneas de abonado en caso de que el otro falle. La URA ofrece las mismas facilidades que las centrales de configuraciones medias o grandes.

La posibilidad de conectar hasta 8 URA en una configuración con segregación es

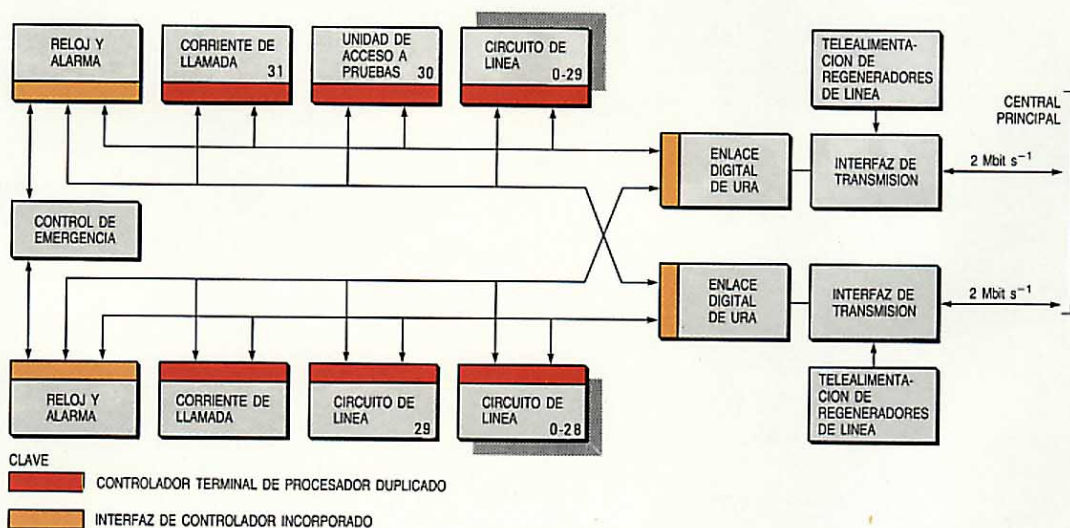


Figura 1  
Diagrama de bloques de la URA y su conexión a la central principal Sistema 12, indicando las diferentes placas de circuito impreso.



una característica importante para la red noruega (Fig. 2). La central principal utiliza una técnica de interrogación directa para controlar qué URA ha de transmitir su estado por el canal 16, y qué canal de conversación ha de conectarse a los abonados. En una configuración segregada se pueden conectar hasta 1000 abonados. El tráfico bidireccional típico de los abonados de áreas rurales en Noruega es de 0,06 erlang, lo que supondría un tráfico total de 60 erlang, mayor que el que pueden cursar 60 canales con un grado de servicio razonable; esto hace que el factor limitador sea el tráfico más que la capacidad de abonados.

En caso de fallo en la vía de transmisión, un relé de la placa de interfaz de transmisión conecta en bucle las vías MIC de ida y retorno, aislando así el tramo averiado. Los fallos propios de la URA provocan la actuación de un segundo relé que da paso a la vía de transmisión, separando dicha URA.

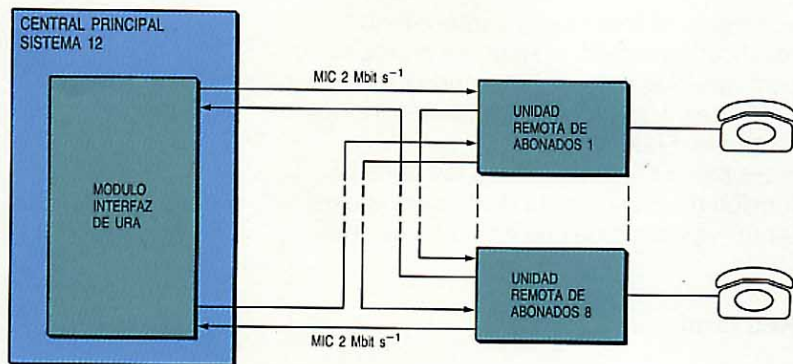
El circuito de enlace digital de la URA tiene la misma estructura que el utilizado normalmente en el Sistema 12. La programación permanente de dicho circuito realiza los necesarios empaquetado y desempaquetado de mensajes en un formato reducido del sistema CCITT n° 7 que se utilizará para la señalización entre la URA y la central principal.

La URA carece de ECT, siendo atendida por el ECT de la central principal; no es necesario, pues, cargar a distancia programas en ella. Dicho ECT realiza las funciones normales de los circuitos de enlace digital del Sistema 12, el control de protocolos del CCITT n° 7 y el manejo de líneas.

El mantenimiento y operación automáticos se controlan desde la central principal. En la URA se puede conectar un terminal de comunicación hombre-máquina portátil, pero las órdenes se transmiten a la central principal, donde residen los programas de comunicación hombre-máquina.

La Administración puede probar a distancia las líneas de abonado conectadas a la URA mediante una unidad de acceso a pruebas de línea situada en la misma.

Se desarrollarán para Noruega dos placas de interfaz de transmisión: una para telealimentar los repetidores, y otra con los circuitos del interfaz de transmisión al cable, así como los relés para desconectar tramos averiados y aislar la URA. El circuito de enlace digital de la URA cumple la Recomendación G.703 del CCITT. En caso de fallo total de la transmisión o la red de enlaces, un circuito opcional de control de emergencia en la URA permite conectar los abonados locales a la red nórdica de teléfonos móviles.



**Figura 2**  
Configuración de URA conectadas en segregación.

### Configuraciones del sistema

Las URA para Noruega se equiparán en tres configuraciones, como indica la figura 3. La más pequeña, que da servicio a 80 abonados, se puede albergar en un armario completo con rectificador, batería y repartidor principal, ya sea para intemperie o interior de edificios. La siguiente es una configuración intermedia que sirve a 240 abonados; también se alberga en un solo armario (en

**Versión de Intemperie de URA Sistema 12.**





versiones de intemperie o interior) con rectificador, batería y repartidor principal. La configuración mayor comprende dos URA (960 líneas), alojadas en un bastidor normalizado del Sistema 12.

Se han elegido estos tres tamaños en función de la estructura de población existente y las tasas de crecimiento previstas.

**Red rural**

La red telefónica noruega actual se basa en una jerarquía de cinco niveles con centrales conectadas en estructura red/malla (Fig. 4). La URA normalmente se conectará al nivel más bajo o al centro de conmutación de grupo.

En las áreas rurales de Noruega los núcleos de población suelen ser pequeños y dispersos, separados por distancias considerables, y con un tráfico local generalmente bajo. Los altos costes de la mano de obra y el difícil terreno, hacen que el coste de tendido de cables sea un factor importante en la planificación de la red. Las URA se conectarán a la central principal, ya sea en configuración segregada, en estrella, o en combinaciones de ambas. La elección dependerá de condiciones geográficas, tamaños de las poblaciones y de las redes de transmisión existentes o previstas.

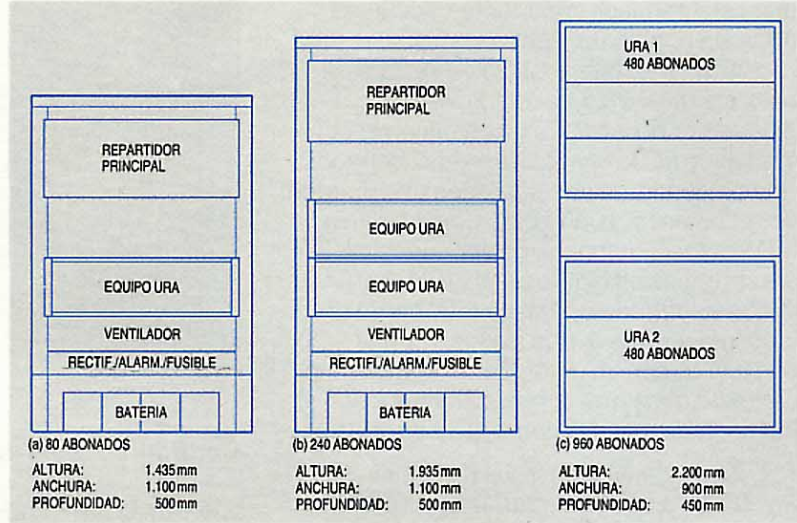
La segregación es especialmente adecuada cuando los núcleos poblados se sitúan en una línea o en un círculo, como ocurre en valles largos o grupos de islas.

**Concentración urbana**

La URA ofrece también un método competitivo para el ahorro de pares en cables de las redes urbanas, sobre todo en zonas suburbanas donde los abonados suelen generar poco tráfico. La Administración procura restringir el tendido de nuevos cables, no solamente por motivos de coste, sino también para no perturbar el tránsito rodado durante la instalación. La NTA ha hecho pedidos de URA para instalar en los alrededores de Oslo.

**Operación y mantenimiento**

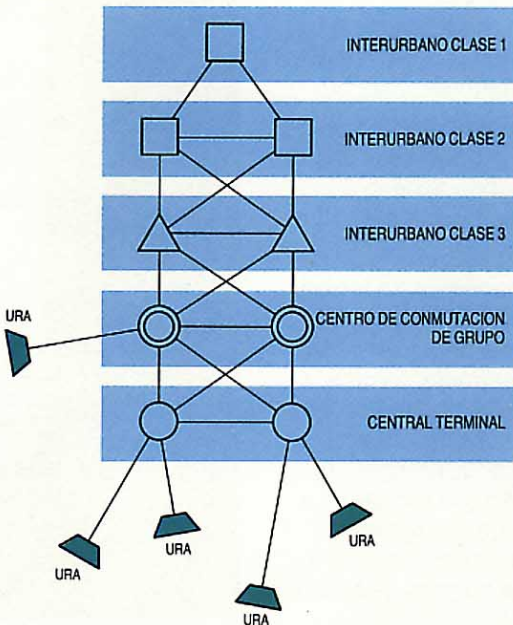
Como norma, las centrales pequeñas en Noruega son no atendidas. Suelen estar alejadas de los centros de mantenimiento y a veces su acceso es difícil debido a la situación geográfica o al clima. Ello impone exigentes requisitos a la fiabilidad de los equipos de conmutación y a los medios de operación y mantenimiento. La competitividad económica del Sistema 12, y en con-



**Figura 3**  
Las tres configuraciones principales de equipo URA. De izquierda a derecha, sirven a 80, 240 y 960 abonados.

creto de las centrales pequeñas y URA, se basa en las grandes posibilidades que ofrece para centralizar la operación y el mantenimiento.

El CSR (centro de servicios de red) es un potente medio para prestar mantenimiento y operación centralizados a una red del Sistema 12 (Fig. 5). El CSR es parte integrante de una central, aunque su localización dependa de la configuración de la red, organización local de la operación y mantenimiento, y de la situación de los centros de apoyo. Todas las centrales conectadas a un CSR son enteramente independientes, y pueden realizar localmente todas sus funciones. El principio básico es que la programación reside en las centrales individuales, pero en el CSR pueden situarse los equipos periféricos, tales como pantallas, impresoras, equipos de carretes y cintas magnéti-



**Figura 4**  
Estructura de la red telefónica noruega basada en una jerarquía de 5 niveles, con centrales conectadas en configuración estrella/malla.



cas, reduciendo así el volumen de equipo y posibilitando la supervisión y operación remotas. Entre el CSR y las centrales se utiliza señalización por canal común CCITT n° 7, a través de una parte de usuario de operación y mantenimiento.

Las funciones básicas del CSR son:

- comunicación de hombre-máquina centralizada
- centralización de memoria de masas para almacenamiento de datos (p. ej., tarificación, informes de medidas y funciones de edición)
- recepción, registro y visualización de mensajes de alarmas en impresoras y/o pantallas.

### Condiciones climáticas

En los veranos noruegos suelen alcanzarse altas temperaturas, y el sol alumbra 24 horas al día en las regiones del norte; por ello hay que atender especialmente a las características térmicas de los armarios de intemperie y las centrales en contenedores. En invierno, se llega en el interior a temperaturas extremadamente bajas, con muy poca humedad relativa. Cerca de la costa la humedad es elevada, con alta salinidad en el aire durante la primavera y el otoño. Estas condiciones ambientales exigen el uso de equipo resistente, bien diseñado y con materiales de alta calidad.

Para armarios de intemperie y contenedores se utiliza, pues, el aluminio como material de base, bien en perfiles extruidos para las estructuras de carga, o bien laminado. La cuidadosa selección del acabado garantiza que no necesiten prácticamente mantenimiento.

### Manipulación y transporte

Las centrales se prueban totalmente en la fábrica antes de su expedición. Los bastidores, completamente equipados, se embalan en cajas especiales. El transporte del equipo se hace principalmente por carretera y vía marítima, aunque también puede utilizarse vía aérea. La larga costa de Noruega, con numerosas rías e islas, favorece el transporte marítimo, y por ello habrá que cargar y descargar las cajas en ambientes hostiles.

Para llegar a los lugares rurales más remotos puede necesitarse el transporte en helicóptero. En la primavera, debido al deshielo, las carreteras secundarias se ponen difíciles, y generalmente hay restricciones de peso para el tránsito rodado. Todo ello realza la importancia que tienen el

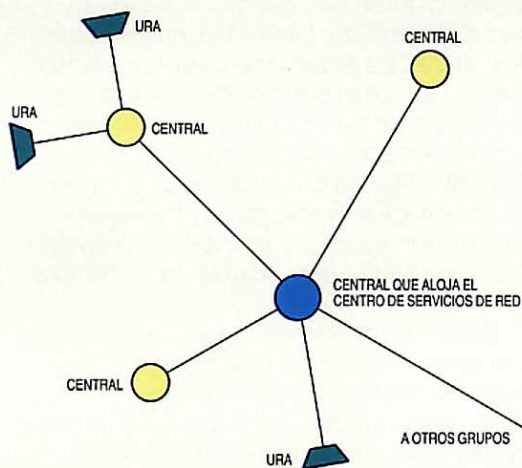
peso y el diseño del equipo, así como los embalajes.

### Práctica de equipo

#### Armarios para interior

Las URA resultan especialmente económicas por salir de fábrica totalmente probadas y poder instalarse en casi todos los lugares de modo rápido y sencillo. Además, ofrecen una operación prácticamente exenta de mantenimiento.

El armario de interior se puede instalar en cualquier edificio existente en la población. En áreas rurales son raros los cambios en el lado de abonados de las centrales. Las baterías van cerradas herméticamente y no necesitan mantenimiento, lo que ayuda a conseguir un bajo nivel de inspección y conservación.



**Figura 5**  
Red típica con centro de servicios.

En todos los tamaños de URA se utiliza la práctica de equipo normalizada del Sistema 12. La gama inferior (por debajo de 240 abonados) incorpora en un "armario único" el repartidor principal, las baterías y el rectificador.

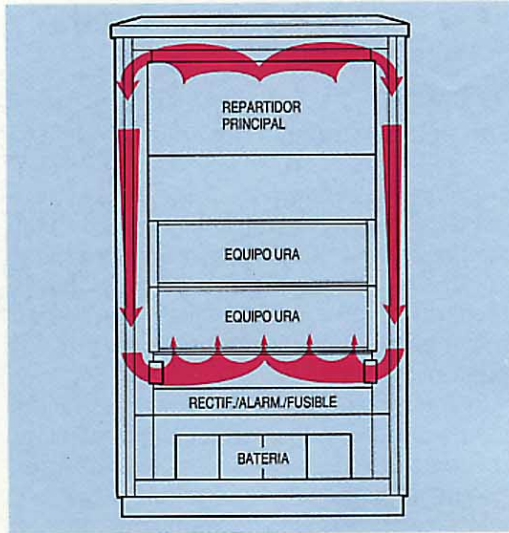
#### Armarios de intemperie

El armario de intemperie contiene el mismo equipo que el de interior, pero la práctica de equipo se integra en la estructura del armario. Para reducir la corrosión y conseguir una eficaz protección ambiental se utilizan mucho en el diseño los perfiles encastrados de aluminio extruido. Los cierres, bisagras y piezas de sujeción en general, sólo son accesibles desde el interior del armario, lo que reduce el riesgo de daños por vandalismo.

Para asegurar que el equipo funciona dentro del margen de temperatura especificado, se incluye en el armario una unidad



**Figura 6**  
Principio de la transferencia de calor en el armario de intemperie.



de control ambiental, la cual lanza aire fresco a través de los cuadros cuando la temperatura sobrepasa un valor prefijado. El aire caliente es succionado desde el techo del armario hacia los canales laterales, y vuelve a pasar a través de los cuadros de equipo. Los costados del armario, de construcción tubular extruida, hacen de colectores e intercambiadores de calor (Fig. 6), y la superficie externa protege de la radiación solar. También se incluye un calentador, dado que en ciertas zonas de Noruega se pueden alcanzar los  $-50^{\circ}\text{C}$  en invierno.

El armario de intemperie se puede montar sobre varios tipos de basamentos, desde pedestales de hormigón o acero a postes de madera. La altura de colocación depende de las condiciones locales, tales como altura de nieve o de riadas.

### Versiones en contenedor

Todos los contenedores se entregan totalmente equipados y probados; incluyen todos los elementos necesarios para conectar la central a la planta exterior existente y a la red eléctrica local. El diseño mecánico se basa en los principios empleados con éxito en los contenedores rurales METACONTA\*.

El diseño utiliza paneles aislantes al calor, constituidos por un núcleo de material sintético expandido encerrado entre

planchas de aluminio por ambas caras, lo que consigue un óptimo compromiso entre resistencia mecánica, peso y aislamiento térmico. Las puertas y pasos de cables son herméticos para garantizar que las condiciones ambientales internas se mantengan en los límites especificados. Todos los materiales y acabados son autoextinguibles y protegidos contra ataque de insectos y desarrollo de bacterias y hongos. Las dimensiones externas son las normalizadas por ISO para contenedores ordinarios de flete aéreo, equipando en las esquinas piezas de modelo ISO para simplificar el manejo.

En Noruega los contenedores se transportan normalmente por camiones de carga lateral, que han demostrado ser los más sencillos y seguros.

La preparación del lugar de instalación se reduce normalmente a colocar en los ángulos losas de hormigón o costeros de madera para distribuir la carga de los cuatro pilares del contenedor.

El voltaje monofásico normalizado de la distribución eléctrica en Noruega es de 230 V CA. El cable de la red de suministro se conecta directamente a la caja de fusibles del interior del contenedor. Los contenedores van equipados con baterías y rectificadores dimensionados para 960 abonados. El sistema de acondicionamiento de aire se alimenta de 230 V CA y está diseñado para las temperaturas extremas que se alcanzan en Noruega a lo largo del año ( $-50$  a  $+35^{\circ}\text{C}$ ). Se pueden suministrar generadores Diesel en las zonas expuestas a cortes de suministro eléctrico frecuentes o prolongados.

### Conclusiones

Se ha dedicado especial atención al diseño de un sistema de comunicaciones económico y fiable para las pequeñas comunidades esparcidas por las áreas rurales noruegas. La flexibilidad de las centrales pequeñas y las unidades remotas de abonados del Sistema 12, así como el concepto de centro de servicios de red, las hace especialmente adecuadas para Noruega, dada su topología, clima y configuraciones de red. Por consiguiente, la unidad remota de abonados jugará un importante papel en los planes de NTA sobre la red digital de telecomunicaciones en Noruega.

\* Marca registrada del Sistema ITT



## Sistema 12

# Sistema de comunicaciones de empresa ITT 5630

El sistema de comunicaciones de empresa ITT 5630 utiliza ampliamente los conceptos, el equipo y la programación del Sistema 12, proporcionando una versátil y rentable PABX digital capaz de tratar tanto los servicios de voz como los no telefónicos.

**A. Bessler**  
**M. E. Edelmann**  
**L. Lichtenberg**

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

### Introducción

Los nuevos sistemas de comunicaciones privadas deben ofrecer algo más que los servicios básicos de voz si quieren satisfacer las demandas, cada vez más refinadas, de los usuarios de hoy. Al mismo tiempo, un sistema moderno debe trabajar con un amplio espectro de subsistemas e interfaces existentes, y por supuesto con las centrales telefónicas ya en servicio.

El diseño del ITT 5630 BCS (business communication system = sistema de comunicaciones de empresa) se ha basado en la premisa de que cualquier nueva centralita de comunicaciones privadas debe ser de tecnología digital y capaz de conectarse a terminales digitales, terminales especiales (no de voz) y a futuras RDSI. Sólo así podrá el sistema evolucionar para ofrecer toda la

gama de servicios que requieren las comunicaciones de empresa en la RDSI:

- transmisión transparente de extremo a extremo, a  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ , entre terminales de abonado
- acceso básico a  $144 \text{ kbit s}^{-1}$ , con dos canales B ( $64 \text{ kbit s}^{-1}$ ) y un canal D ( $16 \text{ kbit s}^{-1}$ ) para señalización
- acceso a servicios de comunicación diversos vía el interfaz normalizado de abonados RDSI
- posibilidad de servicios de banda ampliada a velocidades comprendidas entre  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  y  $2,048 \text{ Mbit s}^{-1}$ .

La flexibilidad y modularidad necesarias para proporcionar estas facilidades no se podrían lograr por evolución de las centrales con control por programa almacenado existentes, sino solamente, como demuestran los estudios realizados, a través de una arquitectura y control avanzados, lenguajes de programación de alto nivel y el uso de componentes VLSI (microprocesadores y memorias). Por ser similares los requisitos de los sistemas digitales de conmutación privada y pública, desde el punto de vista estructural las diferencias entre ellos son de poca importancia.

Tales estudios revelaron con claridad que la experimentada tecnología del Sistema 12 sería una base ideal para un sistema digital de comunicaciones de empresa.

### Requisitos principales

El ITT 5630 BSC tiene que ser, por su diseño, un sistema de comunicación de oficina adecuado para utilizarse en el mundo entero. El cumplimiento de este ambicioso

Consola de operadora desarrollada para el ITT 5630 BCS. Sus numerosas facilidades ayudan a las operadoras a prestar un servicio eficaz y completo.





objetivo exige que el sistema satisfaga las normas de numerosos países, así como las recomendaciones de los organismos internacionales. Naturalmente, debe también ajustarse a las necesidades de muy diversos tipos de negocios y a los requisitos específicos de diferentes organizaciones.

#### *Requisitos de las Administraciones*

Las Administraciones emiten un gran número de regulaciones que cubren aspectos tales como: tamaño de los sistemas, etapas de ampliación, reglas de expansión, requisitos de tráfico, grado de servicio e interfaces con la red. La arquitectura de control distribuido y el diseño modular del ITT 5630 BCS dan la flexibilidad necesaria para atender las exigencias de las Administraciones en la mayor parte de los países.

El ITT 5630 BCS cubre totalmente el margen de 60 a 10.000 extensiones. Ha sido diseñado para cursar un tráfico máximo de 0,2 erlangs por extensión, pero una partición flexible permite valores de tráfico aún más elevados. Similarmente, mientras que un sistema normal se configura con un 10% de enlaces, este sistema permite llegar hasta el 25%.

Los requisitos de transmisión y señalización para los diversos tipos de conexión analógica, aun estando bien definidos, necesitan gran cantidad de interfaces para cumplir todas las regulaciones antes mencionadas. Por el contrario, las recomendaciones para transmisión y señalización digitales todavía no están finalizadas, y requerirán nuevos interfaces con equipos y protocolos de señalización.

El ITT 5630 BCS ha sido diseñado en torno de interfaces funcionales que permitan añadir interfaces periféricos para cumplir nuevos requisitos, sin modificar su programación y equipo básicos.

#### *Requisitos de mercado*

Los usuarios potenciales cubren toda la gama de operaciones comerciales, entre ellas las de bancos, hoteles, ayuntamientos, hospitales y fábricas. Para atender las necesidades de tales organizaciones, el ITT 5630 BCS ofrece más de 600 facilidades en telefonía, mantenimiento y administración. Además, posibilita variadas técnicas de estructuración de redes, tales como ampliaciones remotas (instalación distribuida de un sistema), técnica principal/satélite (interfuncionamiento de dos o más sistemas, uno de ellos maestro y los demás esclavos), y agrupamiento en grandes redes incluyendo la operación en tándem (dos o más sistemas que se relacionan nacional o internacionalmente utilizando la propia red del usuario). En consecuencia, cada organización puede

elegir la técnica que satisfaga sus necesidades de comunicación.

El sistema debe interconectarse con los actuales aparatos analógicos, así como con una diversidad de terminales digitales, desde simples aparatos de abonado hasta terminales multifunción de RDSI a  $144 \text{ kbit s}^{-1}$ . Además se pueden conectar muchos terminales de datos y texto con sus distintos protocolos, mediante nuevos módulos para servicios no telefónicos. Se requieren también interfaces y protocolos de señalización para comunicar con gran número de redes públicas y privadas, e incluso con ordenadores.

Es claro que cada usuario tiene sus propios condicionantes en cuanto a tamaño del sistema, agrupamiento de enlaces, tráfico, aparatos y terminales, y futuras mejoras. El ITT 5630 BCS puede constituir un punto focal de comunicaciones, ajustado exactamente a las necesidades del usuario y capaz de crecer al par que tales necesidades se desarrollan.

#### *Requisitos operacionales*

La definición del sistema prestó especial atención a la fiabilidad, explotación y mantenimiento. El sistema ofrece una fácil y eficaz explotación mediante una amplia gama de facilidades. La elevada fiabilidad descansa en un elaborado concepto de mantenimiento y prueba, y los programas de diagnóstico integrados supervisan continuamente el comportamiento del sistema. Los terminales de explotación y mantenimiento pueden localizarse en el propio sistema o en un centro remoto de servicio.

#### **Objetivos de diseño**

Tras detenidos estudios de los requisitos de usuarios y de la explotación, de las tendencias tecnológicas y la evolución futura de los servicios, se definieron los siguientes objetivos de diseño:

- será rentable en todo el margen de 60 a 10.000 extensiones
- el utilizarlo sólo para telefonía no penalizará su coste
- su gama de facilidades será muy amplia
- la relación entre el núcleo y la periferia del sistema será flexible, de modo que puedan conectarse nuevos módulos periféricos sin afectar a los programas del núcleo
- podrán conectarse terminales de texto y datos, como facsímil, textfax y teletex
- tanto hacia los abonados como hacia la central pública, se ofrecerán las facilidades RDSI



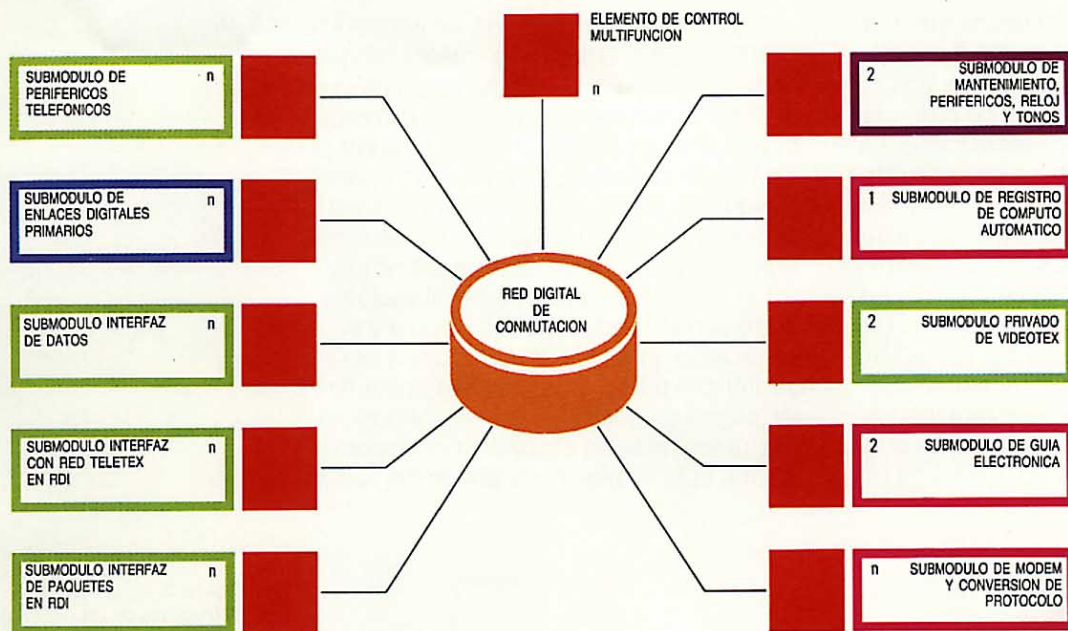


Figura 1  
Arquitectura del ITT 5630 BCS basada en los principios de control distribuido y modularidad del Sistema 12.

- se integrarán servicios de valor añadido, como videotex privado y tratamiento de mensajes
- se conectará a módulos de servicio (servidores) para potenciar el uso de los terminales, incorporando conversión de protocolos, guía electrónica, bases de datos, etc.

### Consideraciones de diseño

Un control totalmente distribuido, como el del Sistema 12, satisface todos los requisitos anteriores, en particular los relativos a tamaño, etapas de ampliación, modularidad y flexibilidad.

Una tecnología común a diferentes aplicaciones, como centrales telefónicas con y sin abonados, RDSI, sistema satélite alemán y el ITT 5630 BCS, sin duda permite la producción en gran escala de circuitos VLSI, placas comunes de circuito impreso y práctica de equipo. Hay, además, un alto aprovechamiento de instrucciones de programación por utilizar el núcleo del sistema público para aplicaciones privadas, y pueden emplearse las mismas herramientas de programación y sistema de producción.

No obstante, existen diferencias entre la conmutación pública y privada que exigen alguna modificación en el diseño del Sistema 12 utilizado para centrales públicas, aunque no en la arquitectura fundamental. Así, por ejemplo, en el área de periféricos telefónicos, de enorme variedad, y en el subsistema de operadora que requiere un diseño especial.

### Arquitectura del sistema

El ITT 5630 BCS se basa en la red digital de conmutación del Sistema 12, que conmuta virtualmente sin bloqueo canales transparentes de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  (Fig. 1). El sistema básico de voz será el núcleo de un futuro sistema de comunicación destinado a empresas medianas y grandes. Además de la red de conmutación y los elementos de control multifunción (ECMF), comprende cuatro submódulos:

- submódulo de periféricos telefónicos
- submódulo de enlace digital primario
- submódulo de mantenimiento, periféricos, reloj y tonos
- submódulo de registro automático de cómputo.

Los circuitos periféricos para RDSI y las aplicaciones no telefónicas (de baja velocidad) estarán situados en el submódulo de periféricos telefónicos. Todos los submódulos y los ECMF se conectan a través de la red digital por dos enlaces MIC.

El control está jerarquizado en tres niveles: controladores incorporados, elementos de control de periféricos telefónicos (ECPT), y ECMF. En sistemas mayores se requiere un cuarto nivel de control para proporcionar funciones centralizadas (p. ej., gestión de recursos) a los módulos de 600 extensiones. La señalización y control entre el equipo telefónico, los ECPT y los ECMF utiliza canales semipermanentes a través de la red digital de conmutación.

La red digital mencionada tiene un máximo de tres etapas (una de acceso y dos de selección de grupo), y puede

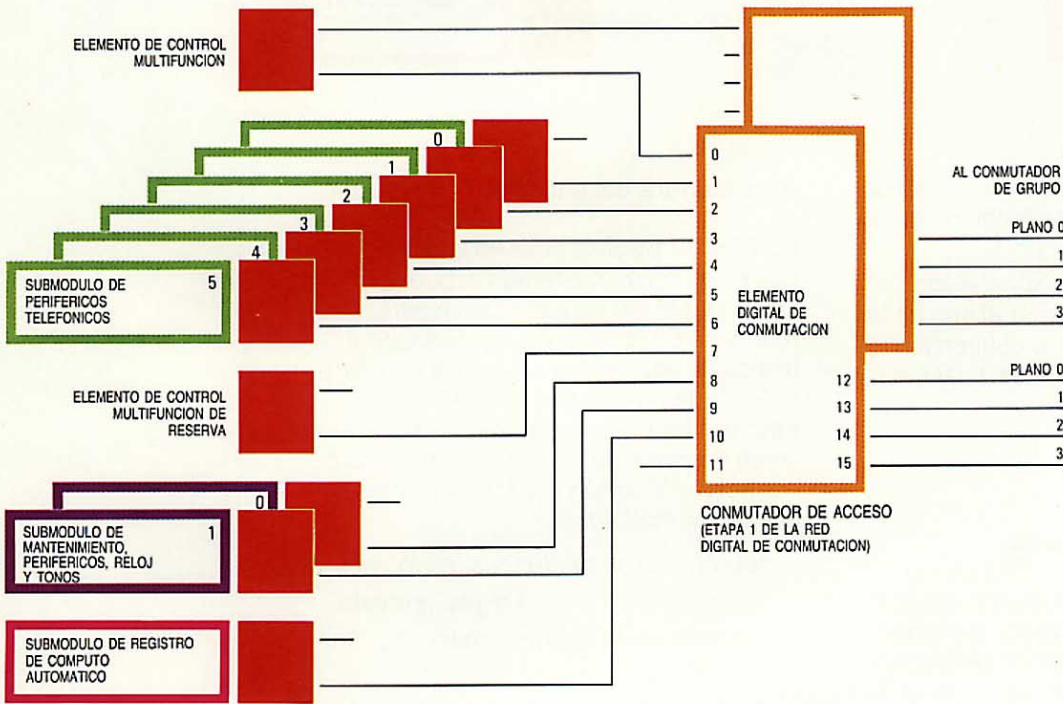


ampliarse por la simple adición de elementos de conmutación. Existe además otra etapa de conmutación en cada interfaz terminal y en el OBCI (interfaz de controlador incorporado), la cual conecta todos los periféricos telefónicos activos en esa misma placa a dos enlaces MIC.

En configuraciones cuya capacidad varíe entre 60 y 600 extensiones, cada submódulo y el ECMF asociado se conectan a los conmutadores de acceso comunes a través de su interfaz terminal y de dos enlaces MIC (Fig. 2). Las conexiones conmutadas y el camino de control están ambos replegados, bien en un interfaz terminal para conexiones dentro del propio submódulo, o bien en el

controlador de submódulo y un convertidor CC/CC o CA/CC para alimentación (Fig. 4). En la práctica, el submódulo se equipa con periféricos de distinto tipo (p. ej., 120 circuitos de línea analógica, 12 enlaces analógicos, dos líneas directas entre PABX, ocho receptores multifrecuencia y una unidad de acceso de operadora o un circuito de conferencia con 30 puertos como máximo).

Un interfaz universal de señalización entre el controlador del submódulo y el controlador incorporado de la placa de periféricos telefónicos, permite enchufar las placas en cualquiera de las 24 posiciones reservadas en el cuadro correspondiente. Este interfaz no depende del tipo de



**Figura 2**  
Estructura de un sistema con capacidad de 600 extensiones. La red digital sólo consta de conmutadores de acceso.

conmutador de acceso para conexiones entre submódulos.

Los sistemas mayores, hasta 10.000 extensiones, requieren además conmutadores de grupo para interconectar todos los módulos de 600 extensiones (Fig. 3). En este caso los caminos se repliegan en los interfaces terminales, conmutadores de acceso o conmutadores de grupo.

### Submódulo de periféricos telefónicos

Este submódulo incluye todos los periféricos telefónicos (circuitos de línea, enlaces, líneas directas entre PABX, receptores multifrecuencia, unidades de acceso de operadora, etc.), un interfaz terminal, el

periférico conectado, y proporciona una estructura muy abierta a futuras adiciones de periféricos telefónicos para atender nuevas aplicaciones en el país, o para conexión de líneas y enlaces digitales.

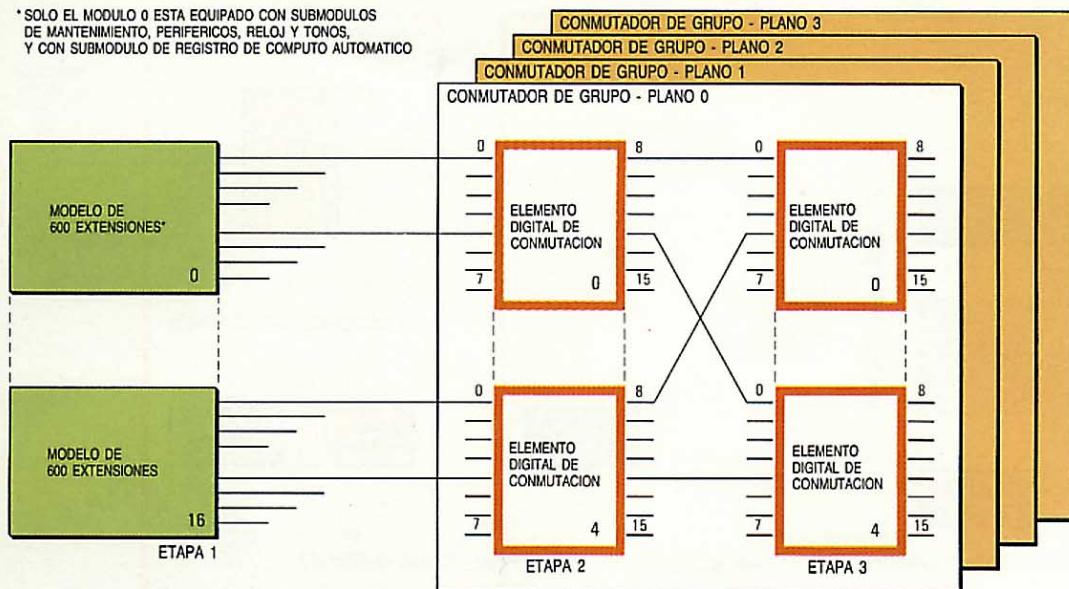
El tratamiento de señales y dispositivos ha sido asignado a dos controladores: el controlador incorporado en la placa trata la señalización, mientras que el controlador del submódulo se ocupa de la operación de los dispositivos.

### Elemento de control multifunción

En el caso de un sistema de 600 extensiones, el ECMF tiene como principal tarea controlar el establecimiento, terminación y



\* SOLO EL MODULO 0 ESTA EQUIPADO CON SUBMODULOS DE MANTENIMIENTO, PERIFERICOS, RELOJ Y TONOS, Y CON SUBMODULO DE REGISTRO DE COMPUTO AUTOMATICO



**Figura 3**  
Estructura de un sistema grande, capaz de 10.000 extensiones. Pueden necesitarse hasta dos etapas de conmutadores de grupo.

liberación de llamadas. El control de llamadas incluye la programación que gobierna todas las facilidades del ITT 5630 BCS. Las funciones de operación de dispositivos se llevan a cabo en los ECPT.

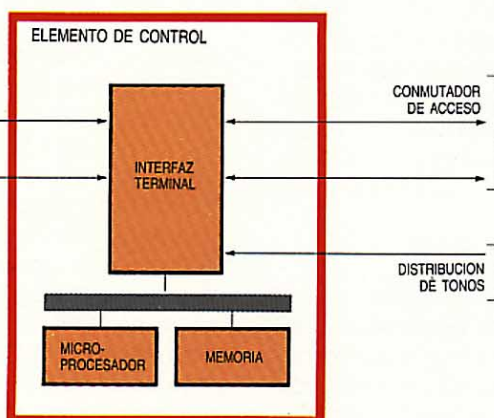
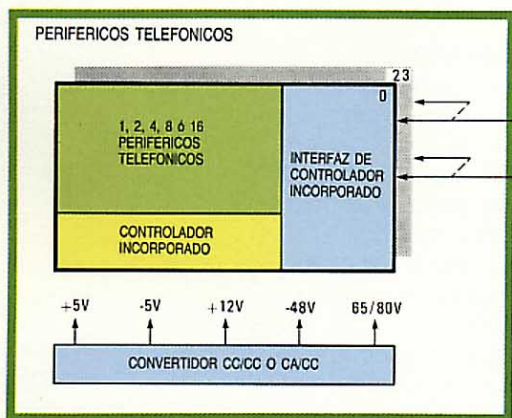
Los programas del ITT 5630 permiten introducir de forma flexible nuevas funciones de servicio de llamadas. Ejemplos son el tratamiento de recursos centralizados (enlaces y líneas directas entre centralitas de reserva, distribución a operadoras y tablas de traducción para manipulaciones de usuario, como las teclas numéricas o de función en los terminales digitales inteligentes), todo ello en el ECMF de un módulo de 600 extensiones. Por el contrario, en sistemas mayores estas funciones se tratan por elementos de control especializados.

Los sistemas de más de 600 extensiones se equipan con un ECMF por cada 600, y para aumentar la fiabilidad se puede añadir un solo ECMF o un grupo de ellos en reserva.

**Submódulo de mantenimiento, periféricos, reloj y tonos**

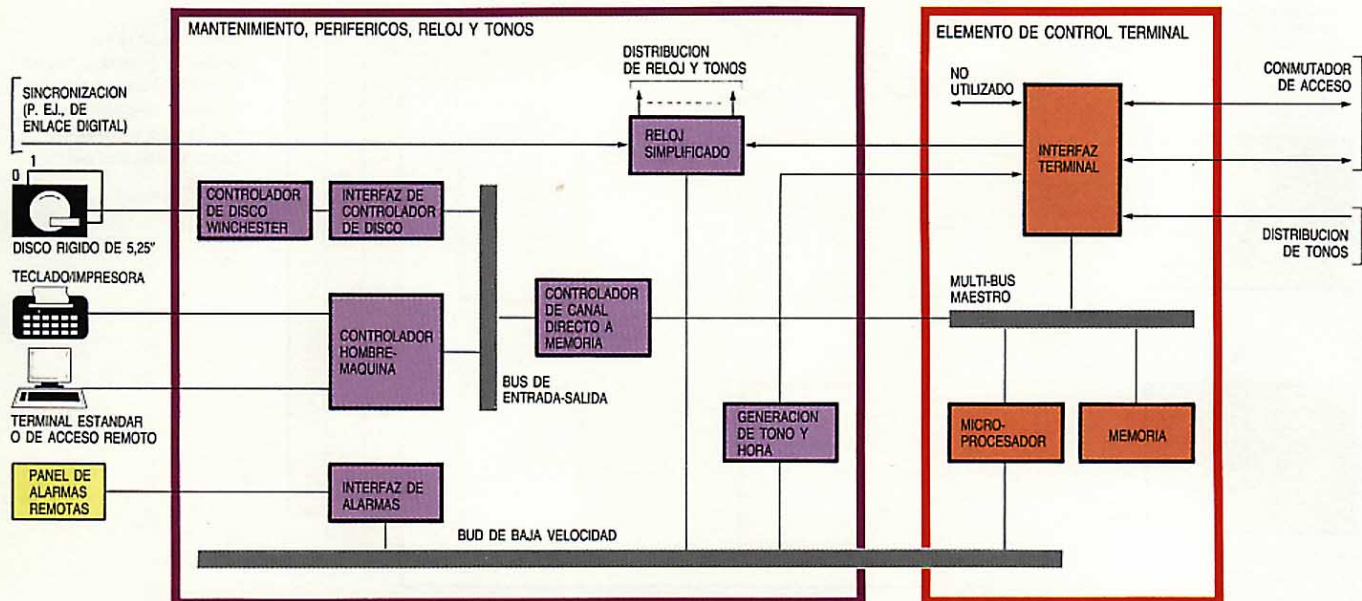
Este submódulo, basado en el módulo de mantenimiento y periféricos del Sistema 12, desempeña las siguientes funciones:

- funciones de mantenimiento para detectar, analizar, informar y reaccionar ante fallos del sistema
- funciones de arranque para inicializar todos los elementos de control del sistema, en particular la carga de programas y datos desde el disco a través del interfaz terminal y la red digital de conmutación
- detección, y la protección subsiguiente, de situaciones de sobrecarga, evitando la caída del sistema
- funciones de administración, tales como cambio de datos telefónicos (clase de servicio, etc.), registro de las llamadas y medidas de tráfico



**Figura 4**  
Diagrama de bloques del submódulo de periféricos telefónicos, mostrando su similitud con los módulos del Sistema 12.





**Figura 5**  
Diagrama de bloques del submódulo de mantenimiento, periféricos, reloj y tonos del ITT 5630.

- generación de reloj, tonos y base de tiempos
- informes de alarma, incluyendo el control del panel remoto de alarmas.

Todas estas funciones están controladas por un microprocesador con 2 M-octetos de memoria RAM dinámica y un interfaz terminal para conectar el submódulo a la red digital (Fig. 5).

### Estructura de la programación

La programación modular del ITT 5630 garantiza su transparencia, fiabilidad, capacidad de futura expansión y mantenibilidad. Hace uso de las avanzadas técnicas de estructuración lógica del Sistema 12, incluyendo las máquinas de mensajes finitos, máquinas virtuales e interfaces genéricas. Además, el flexible conjunto de herramientas del Sistema 12 presta soporte a una programación estructurada (lenguajes de alto nivel) y ofrece amplias facilidades de prueba.

Unas técnicas de programación tan refinadas requieren abundante capacidad de control. Por ello los programas de aplicación del ITT 5630 BCS utilizan todas las facilidades de la máquina virtual de sistema consistente en la arquitectura distribuida del Sistema 12 y el núcleo genérico de programación subyacente.

### Núcleo genérico de programación

La utilización de módulos telefónicos mixtos, la aplicación de un controlador incorporado con su interfaz asociado, y la inclusión de un elemento de control basado en el

INTEL 80286, exigieron pequeñas modificaciones en los módulos clave de la programación, en áreas comunes del núcleo como son el sistema operativo, el operador de red y el sistema de gestión de la base de datos actualmente utilizados en el Sistema 12.

### Comunicación intra-módulo

La comunicación entre circuitos terminales y los operadores de dispositivo telefónico que los controlan se verifica por paquetes sobre el canal 16. Esta comunicación interna del módulo a través de vías MIC es la clave para operar dispositivos digitales, e implica que todos los paquetes han de ser encaminados desde y hacia los terminales apropiados. Además, los operadores de dispositivos telefónicos del lado del módulo deben recibir un soporte semejante para el intercambio de mensajes. Por consiguiente se ha introducido un nuevo bloque de programación, llamado operador de módulo, que se acopla al operador de red reestructurado dentro del concepto de un núcleo modular con partes reemplazables.

### Realización de microprocesadores

La necesidad de aumentar el direccionamiento y la potencia resulta de tener que mantener todos los programas de aplicación en un solo ECMF en los BCS pequeños. Puede haber necesidad de direccionar por lo menos 4 M-octetos de memoria activa, y esto supone que hay que mejorar las prestaciones con respecto al elemento de control basado en el INTEL 8086.

Se eligió el INTEL 80286 para asegurar la compatibilidad, o al menos que fueran mínimas las modificaciones en el núcleo



genérico de programación y herramientas afines. No se necesitó ninguna mejora adicional en la protección de datos de usuario sobre la existente en el Sistema 12, ya que se utiliza una tabla de descriptores adaptada a la nueva capacidad de direccionamiento del INTEL 80286.

La programación CHILL no requiere ningún cambio a nivel fuente, aunque puede necesitar una recompilación para compatibilizarla a nivel de código objeto. El contexto de programación permanece inalterado, así como los modelos de datos y la biblioteca de descripción de componentes lógicos. En suma, pueden reutilizarse muchas de las FMM del Sistema 12.

Con respecto a los programas escritos en ensamblador (en varios módulos pertenecientes al núcleo genérico), hay que reducir al mínimo las diferencias entre códigos escritos para el 8086 y para el 80286. Existe no obstante una restricción incondicional: el juego de instrucciones específicas del 80286 se utiliza solamente en la rutina de carga, el cargador y en un módulo especial del núcleo del sistema operativo. Este

último módulo se trata como parte reemplazable, ya que consiste principalmente en una colección de primitivas para traducción de direcciones virtuales a reales y borrado de descripciones de segmentos.

Todas las modificaciones a las fuentes del sistema de gestión de la base de datos se adaptan para el tratamiento de un nuevo formato binario absoluto con 24 bits de direccionamiento. Se han fijado también requisitos para el conjunto de herramientas del Sistema 12 que han de dar soporte al nuevo y más extenso juego de instrucciones del 80286, con sus mecanismos y capacidades de direccionamiento potenciados. Sin más que realizar pequeños cambios en el generador de código y en su paquete para tiempo de ejecución, el nuevo compilador CHILL 2 será genérico para aplicaciones 8086/80286.

El ensamblador reubicable estándar del Sistema 12 será convertido en otro capaz de manejar instrucciones del 80286, así como plantillas y referencias que permitan manipular descriptores en tiempo de ejecución. Las herramientas de producción de segmentos genéricos de carga y de datos se verán afectadas en los casos donde deban reflejar la arquitectura física de la máquina objeto. El punto más crítico es la creación de los 24 bits de direccionamiento absoluto en las cabeceras de registro y en todos los tipos de descriptores situados en los segmentos genéricos de carga. Se realizarán adaptaciones análogas en el generador de la base de datos.

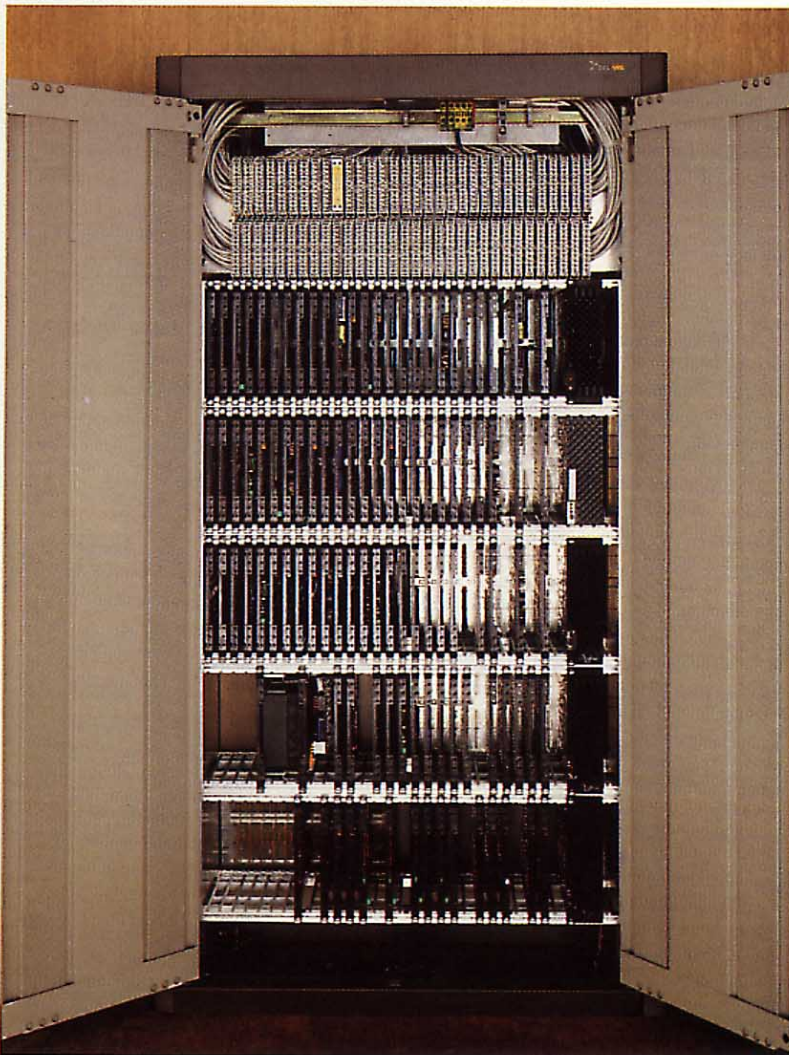
A largo plazo, se aprovecharán más las posibilidades que ofrece el 80286 para integrar la arquitectura en la propia placa (por ejemplo, conmutación de tareas y uso de puertas de llamada).

### Estructura de los programas de aplicación

Los programas de aplicación del ITT 5630 BCS se modelan en una jerarquización de máquinas virtuales (Fig. 6). Los distintos bloques o subsistemas tienen tareas claramente asignadas.

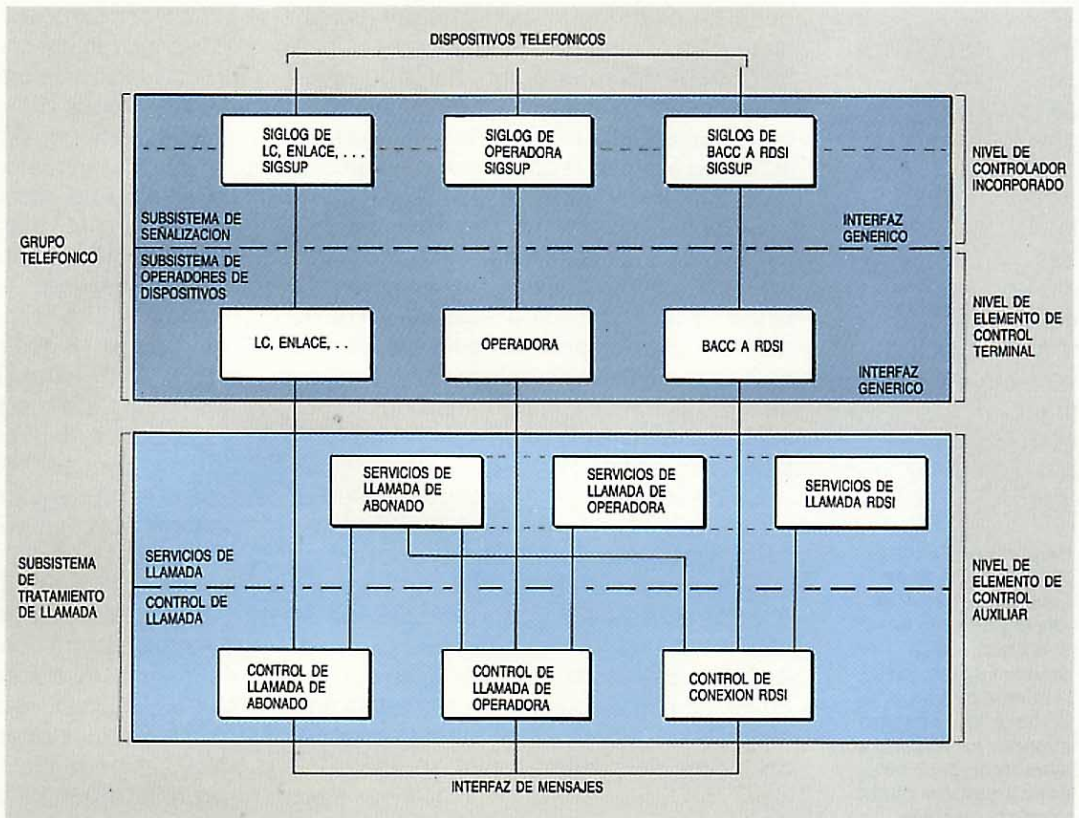
El *subsistema de señalización* tiene soporte en el controlador incorporado, que actúa como esclavo para todos los operadores de dispositivo que realizan tareas tales como generación e interpretación de señales de línea. Sólo efectúa funciones telefónicas específicas de un dispositivo, y no considera el estado de la llamada en que interviene (p. ej., los programas de señalización del circuito de línea no reflejan el estado de interrogación de una llamada a enlace saliente). En consecuencia, no se

**Bastidor que aloja el ITT5630 BCS. Mide solamente 1,85 m de altura y alberga hasta seis cuadros. La práctica de equipo es la misma que en el Sistema 12. El cuadro superior se conecta al alambrado del bastidor e incorpora circuitos de protección.**





**Figura 6**  
**Estructura de la programación de aplicación, mostrando los diferentes bloques o subsistemas.**  
**LC** - circuito de línea  
**BACC** - control de conexión de acceso básico  
**SIGLOG** - lógica de señalización  
**SIGSUP** - soporte de señalización.



precisa sincronismo entre la señalización y los estados de una llamada. El subsistema de señalización tiene sólo interfaz con el subsistema operador de dispositivos, consistente en los eventos de señalización (cuelgue, descuelgue, envío de dígitos, etc.) y en órdenes de generación de señales, como el envío de corriente de llamada. El subsistema de señalización posee un modelo de datos que no incluye ningún dato variable de usuario o central.

El *subsistema operador de dispositivos*, residente en el ECPT, representa un nivel lógico intermedio entre el subsistema de señalización, por un lado, y el subsistema de tratamiento de llamadas, el mantenimiento y el control de explotación, por el otro lado. Este subsistema incluye todos los operadores de dispositivos necesarios para controlar todos los equipos telefónicos combinados en el módulo. La tarea de estos operadores es tratar la parte específica del proceso de llamada y atender los aspectos de mantenimiento y administración relacionados con los dispositivos, aislados o en grupos.

El *subsistema de tratamiento de llamadas* se divide en control de llamadas y servicios de llamada. El control de llamada se subdivide a su vez en tres partes: de abonado, de operadora, y control de conexión a RDSI. Las diferencias entre estas funciones no permiten emplear una misma estrategia. No obstante, todo control de llamada accede a

servicios de llamada comunes. El control de llamada incluye control de secuencia para las numerosas funciones de establecimiento y liberación de llamadas. Los servicios de llamada incluyen traducción de todos los datos relacionados, y el interfaz con el gestor de recursos telefónicos. También tienen que ver con la parte principal del modelo de datos de la central.

El principio de dividir todos los controles de llamadas en tres fases — preparación, terminación y liberación — es básicamente el mismo que en el Sistema 12.

#### *Control de conexión a RDSI*

La parte básica de este control trata el establecimiento y liberación de llamadas que utilizan canales D de señalización para la conmutación transparente de circuitos en servicios no telefónicos cursados por los canales B. Dado que en un acceso básico se conectan ocho tipos de dispositivos, la información de direccionamiento para llamadas de voz convencionales ya no es suficiente, y hay que utilizar subdireccionamiento de terminal. Para mantener el control de conexión a RDSI lo más genérico posible, se introduce un indicador de servicio que se envía desde el programa operador de acceso básico de origen al de destino, a modo de parámetro adicional decodificador de la dirección real del terminal, la cual no puede ser identificada a partir del número marcado asignado a todo el acceso básico.



El subsistema operador de dispositivos efectúa seguidamente una prueba de compatibilidad, y si la conexión está permitida (p. ej., entre usuarios del mismo género), se envía un mensaje de *servicio-en-uso* desde el operador de acceso básico hacia el control de conexión, quien directamente pide a los servicios de llamadas que almacenen ese estado en la base de datos. Una evaluación del parámetro *servicio-en-uso* cancela cualquier petición posterior de un servicio incompatible. Todas las conexiones a conversores de protocolo, subsistemas integrados de almacenamiento y retransmisión, enlaces de paso, edición de datos y funciones de consulta, son establecidas por el control de conexión a RDSI.

### Conclusiones

El ITT 5630 BCS es una potente centralita privada que utiliza periféricos inteligentes dentro de una arquitectura modular y flexible, cubriendo enteramente el margen de 60 a 10.000 extensiones.

Su arquitectura, basada en el equipo y los programas del Sistema 12, permitirá que el ITT 5630 se transforme de un sistema telefónico muy refinado en un centro de comunicación de oficinas capaz de prestar una extensa gama de servicios, tanto de voz como de la RDSI.

### Bibliografía

- 1 M. Langenbach-Belz, A. Melis y H. Verhille: Central digital ITT 1240: Introducción: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 114–125.
- 2 J. M. Cotton, K. Giesken, A. Lawrence y D. C. Upp: Central digital ITT 1240: Red digital de conmutación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 148–160.
- 3 S. Das, K. Strunk y F. Verstraete: Central digital ITT 1240: Descripción del equipo físico: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 135–147.
- 4 L. Katschner y F. Van den Brande: Central digital ITT 1240: Conceptos y realización de la programación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 173–183.
- 5 H. Schieman, L. Van Laere y F. Leyssens: Central digital ITT 1240: Práctica de equipo: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 283–292.



## Sistema 12

# Evolución hacia la Red 2000 en Estados Unidos

La evolución de la red de telecomunicación norteamericana hacia una futura RDSI diferirá de la europea debido a la liberalización del mercado y a las presiones de la competencia. Por otra parte, la red actual también difiere de su homóloga europea. El concepto de Red 2000 basado en el Sistema 12, ofrece una trayectoria de evolución lógica y económica que permite a los usuarios de telecomunicación en EE.UU. disponer de servicios RDSI antes de la realización completa de esta red.

### R. E. Pickett

ITT Telecommunications Corporation,  
Raleigh, Carolina del Norte,  
Estados Unidos de America

### Introducción

Los objetivos de las comunidades de telecomunicación internacional y norteamericana son similares: la creación de un acceso multiservicio y red de transporte compatibles para tratar a la vez la transmisión y conmutación de voz y de datos. Sin embargo, se ha evidenciado que, por una serie de motivos, la realización de una RDSI en Norteamérica incluirá varias soluciones "de transición" y evolucionará hacia una RDSI modificada, compuesta de muchas redes que serán suministradas y controladas separadamente.

La gradual liberalización de la industria telefónica iniciada por el gobierno implica que las presiones competitivas provocarán la introducción de servicios y sistemas innovadores para satisfacer la demanda creciente de facilidades de comunicación más elaboradas. Las instituciones y compañías más importantes, con necesidades de comunicación de todo tipo y suficientes recursos para satisfacerlas, están estableciendo sus propias redes para reducir costes y controlar mejor sus intereses en comunicaciones. Estos factores conferirán a la RDSI en EE.UU. una personalidad diferente de sus homólogas internacionales.

En paralelo con la planificación de la RDSI en el CCITT, se han mantenido reuniones en EE.UU. entre las compañías que ofrecen servicios de transporte de telecomunicación, fabricantes y usuarios potenciales, con objeto de analizar los posibles caminos para conseguir un servicio equivalente teniendo en cuenta la competencia existente. Ya hace años quedó claro que los

servicios competitivos ofrecidos y la considerable influencia de la demanda del mercado, originarían a corto plazo redes del tipo RDSI mucho antes de poder definir o realizar una red integrada óptima. Aunque los distintos organismos de planificación de la industria de telecomunicación norteamericana apoyan los esfuerzos del CCITT para definir normas universales de RDSI, las configuraciones de red y los servicios a corto plazo en EE.UU. no se ajustarán a dichas normas. Esta modificación ha sido denominada por ITT Telecom la red digital de EE.UU. (en inglés, USDN).

### Diferencias en la red

Cada país tiene, naturalmente, peculiaridades que pueden afectar a la realización de la RDSI o a los servicios que se ofrezcan. En EE.UU. estas diferencias incidirán de forma significativa en las configuraciones a corto plazo y final de las redes nacionales resultantes. Una diferencia esencial es simplemente la escala y sus implicaciones en cuanto a distancias, rutas y traducciones; otra es el coste que lleva consigo en las centrales locales y de tránsito con control por programa almacenado (incluyendo las digitales) ya instaladas. La mayoría de dichas centrales son relativamente nuevas y no tienen capacidad para RDSI.

El Gobierno Federal ha estimulado la competencia entre las compañías que cursan servicios de transporte de telecomunicación a larga distancia, y varias compañías explotadoras independientes están ofreciendo servicios eficaces de conmutación de circuitos y de paquetes por redes



terrenales y de satélite. Existe también una gran competencia en el equipo de abonado (aparatos telefónicos, terminales de télex, facsímil, etc.), y los servicios y facilidades ofrecidos varían mucho. Las compañías telefónicas locales son de distinta propiedad, y están obligadas por ley a proporcionar a los abonados acceso equivalente a cualquier suministrador de servicios o compañía explotadora de transporte a larga distancia. Además, los usuarios industriales o comerciales más importantes tienen el derecho de establecer y explotar sus propias redes, si así lo prefieren por razones económicas o de servicio. El gobierno y la industria se esfuerzan por establecer un proceso de normalización, pero al no existir una Administración única para controlar lo que se está realizando, no se llegará a una RDSI universal en los Estados Unidos.

### **Normas de red**

En EE.UU. no existe una norma única ni una organización responsable en exclusiva de establecer normas, ni tampoco medios para obligar a cumplir las normas. Como principal explotador de la red de larga distancia, AT&T ha publicado directrices y recomendaciones que generalmente han sido seguidas por fabricantes y compañías de telecomunicación. Sin embargo, debido a la creciente liberalización y competencia, se han abolido aquellas "normas" que se consideraban restrictivas para los desarrollos. Los suministradores de servicios y de transporte, cuyo éxito depende de la rápida satisfacción de las necesidades de los usuarios, no esperarán a que una organización de normalización optimice los parámetros de diseño o incluso los conceptos de red. Como en cualquier campo competitivo, habrá suministradores especializados en segmentos del mercado que disputen a las redes de uso general porciones de dicho mercado.

### **Tendencias evolutivas**

A causa principalmente de la liberación, crece el número de compañías especializadas en servicios de transporte de telecomunicación que ofrecen servicios específicos (circuitos por satélite, transmisión por paquetes, servicios digitales directos, etc.). A estas compañías les está ahora permitido saltarse la central local y terminar sus circuitos de red en las mismas dependencias del usuario. Como reacción, las compañías telefónicas convencionales están ofreciendo soluciones de transición hacia RDSI, tales como el transporte de datos en área

local y la capacidad de conmutación digital de circuitos, que pueden darse modificando los sistemas existentes. Incluso se están proyectando bucles de abonado digital con capacidad inferior a la de la RDSI, buscando proporcionar el servicio lo antes posible.

En el entorno empresarial, se están instalando redes de área local con una gran diversidad de protocolos, servicios y capacidades, esperando que algunas de ellas tengan interfaz directo con las redes de cobertura nacional.

La red de área local utiliza principalmente señalización directa dentro de banda sobre enlaces individuales. Sin embargo, AT&T ha instalado una extensa red de señalización por canal común (basada en el CCITT n° 6) entre la mayoría de las centrales de tránsito. Más recientemente, ha comenzado a realizar un sistema de señalización digital por canal común (basado en el CCITT n° 7). La mayor parte de las centrales locales no pueden utilizar señalización por canal común, aunque pueda añadirse a muchas de ellas la n° 6, y como opción en algunas la n° 7. Varias redes de transmisión de la competencia (no de AT&T) han evolucionado, y prestan servicios de voz y datos. Puesto que estas redes de servicio de transporte especializado no están, en su mayoría, preparadas para señalización por canal común, la compatibilidad de la señalización constituye un problema.

### **Nuevos servicios**

Las demandas en el mundo empresarial han promovido muchos servicios nuevos que posteriormente han pasado al abonado residencial. Inversamente, algunos servicios (videotex, pasatiempos, ordenadores domésticos) han tenido su origen en el sector residencial y más tarde han pasado al mundo empresarial. El gran incremento de las necesidades de datos está empezando a influir en los abonados residenciales y de empresa, en cuanto al uso del videotex, teletex, acceso a bases de datos mediante ordenadores personales, servicios de transporte, etc.

Se espera que aumente la demanda de la señalización por canal común local y de los servicios especiales que puede propiciar al disponerse del número del abonado llamante en cada llamada terminal. Las facilidades a medida del llamante estarán disponibles para cualquier usuario y se tarificarán en caso de ser utilizadas, esperando que su uso vaya en aumento. Los costes disminuirán, ante todo por eliminar el coste de ingeniería que conlleva el suministro de parámetros de circuito o facilidades no rutinarias (servicios especiales). En algún



momento, la demanda de servicios cuyo coste dependa del nivel de dicha demanda, llega a un punto crítico, y el mercado crece espectacularmente como resultado de la disminución en los costes, lo cual a su vez aumenta la demanda, y así sucesivamente. Cuando esto ocurra, habrá que disponer de medios del tipo RDSI, o bien los empresarios "expeditivos" encontrarán otras formas de satisfacer la demanda.

### **Centrales Sistema 12 locales y tándem**

Si bien el Sistema 12 puede cumplir los requisitos de administraciones y compañías explotadoras en todo el mundo, sus módulos no se han diseñado inicialmente para atender las exigencias norteamericanas relativas a centrales locales (compresión-expansión, multiplexación) o a centrales interurbanas (sistema de 24 canales). Ahora, sin embargo, el desarrollo de módulos para estas aplicaciones se encuentra en un estado avanzado.

Aunque las aplicaciones locales e interurbanas constituyen una parte importante de la línea de productos de la Red 2000 de ITT, su introducción no es urgente. La mayoría de las compañías telefónicas de los Estados Unidos han frenado virtualmente las inversiones más importantes de capital durante los años inmediatos, dedicados a reorganización, salvo en las que puedan generar beneficios o reducir costes. Dada esta anomalía, se ha establecido un programa para introducir productos del Sistema 12 en EE.UU. antes de disponer de centrales locales e interurbanas.

### **Red 2000**

Muchas de las capacidades tecnológicas avanzadas inherentes al diseño del Sistema 12 pueden utilizarse para enriquecer y mejorar el equipo de transmisión y conmutación existente, con objeto de evitar la sustitución total de equipo no amortizado. El Sistema 12 posee varios atributos esenciales por los cuales el denominado "adjunto digital" puede ser una solución económica y eficaz en las redes de EE.UU. La total distribución del procesamiento de funciones permite a los usuarios comenzar económicamente con centrales pequeñas y crecer de modo gradual hasta centrales muy grandes. Los nodos funcionales distribuidos se pueden aprovechar del soporte centralizado de mantenimiento, operación y administración. La red digital de conmutación encamina el tráfico de acuerdo con la inteligencia contenida en los datos de la llamada, evitando mecanismos de control

externos y con transparencia para todos los tipos de tráfico.

La estructura de control combina los programas y los equipos en que éstos se ejecutan. Esta estructura está orientada a los terminales, actuando cada terminal como un módulo funcional autocontenido que sólo trata el servicio concreto para el que fue diseñado. Otra ventaja es la disponibilidad de elementos de control auxiliar (provistos de microprocesador y memoria) a los que se puede acceder a demanda.

Estos módulos de equipo y programas se están ofreciendo en los Estados Unidos, como adjuntos a los sistemas existentes, para proporcionar nuevos servicios cubiertos por el concepto de Red 2000 de ITT.

### **Adjunto digital**

La mayoría de las centrales terminales en servicio en EE.UU. fueron diseñadas antes de evidenciarse las necesidades actuales y futuras. Por ello, dependiendo del momento de su diseño, la mayoría de los sistemas no pueden incorporar las facilidades sofisticadas que actualmente recogen las leyes federales: selección por el abonado del servicio de transporte entre centrales (igualdad de acceso), competencia por parte de servicios distintos a la telecomunicación que se ofrecen directamente a los usuarios finales (paso directo), o demanda por los usuarios de conexiones locales muy perfeccionadas para el acceso y el transporte de datos.

La continua revisión y readaptación de los equipos y programas existentes, intentando mejorar un sistema de conmutación diseñado para el servicio telefónico local convencional, es difícil de justificar económicamente, y ello es especialmente cierto para las centrales analógicas.

Con el concepto de adjunto digital se limita la central local existente al papel de conmutador local para las líneas analógicas de abonado convencionales, añadiéndole equipo más refinado de un modo integrado (usando los mismos códigos de central, encaminamiento de enlaces y numeración de líneas) para dar nuevos servicios y facilidades.

El adjunto digital comparte algunas características operacionales con la central existente, en lugar de actuar como un conmutador independiente anexo. Puede estar estrechamente acoplado a ella (como con la ITT 1210), conectarse a los puertos de señalización por canal común, acoplarse a un puerto de enlace MIC, o utilizar otros interfaces de sistema como los enlaces de centralita o los medios de concentración de líneas de abonado remotas.



Entre las facilidades que suele ofrecer la incorporación del adjunto digital figuran las siguientes:

- servicios de acceso a líneas de empresa
- señalización por canal común
- telemedida
- servicios de multipropiedad (centralitas compartidas)
- facilidades de comunicaciones de empresa
- adición de operadoras para asistencia en llamadas entrantes y salientes
- gestión de facilidades
- acceso en términos de igualdad
- gestión de red mejorada.

Hay otras muchas facilidades consustanciales al uso del adjunto digital Sistema 12.

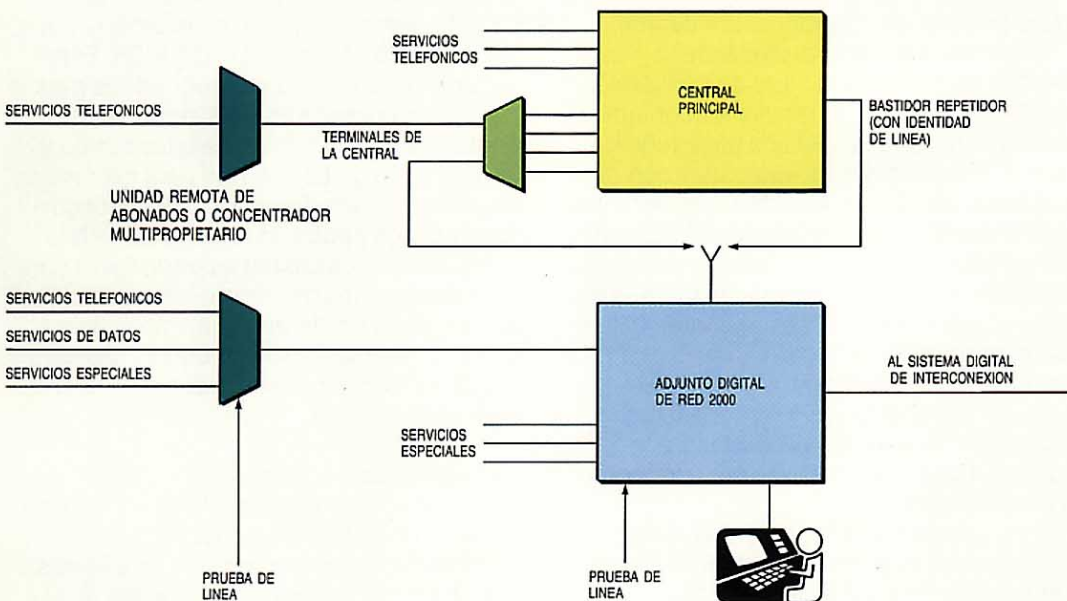
**Servicios de acceso a líneas de empresa**

La figura 1 muestra una central principal, ampliada con un servicio de acceso a línea de empresa de la Red 2000. Los bucles multiservicio, que facilitan un servicio selecto del tipo RDSI para clientes de empresas, se conectan a módulos del Sistema 12 que encaminarán cada tipo de tráfico a su red apropiada. Los bucles pueden ser digitales del tipo 2B + D, o análogos avanzados con capacidad de datos suprafónicos. En el uso telefónico convencional, estas líneas se conmutan electrónicamente al puerto de servicios telefónicos y son encaminadas hacia la central principal para su terminación normal. Existen variadas arquitecturas de central que pueden ofrecer listas de números de guía comunes, conexión a centrales ajenas, u otras características.

Las líneas que sólo cursan datos son aisladas y tratadas por el adjunto digital para formar grupos especializados de enlaces, y se las encamina según convenga: al conmutador de gestión de facilidades, red de paquetes, u otros puntos de acceso de red. La figura 1 muestra también terminaciones de servicios especiales, que pueden ser asignadas de modo automático por la unidad de líneas de empresa. El acondicionamiento del bucle y la prueba de facilidades bajo control del programa, constituyen ventajas de operación adicionales y reducen los costes.

Las líneas de servicios especiales se conectan a la central principal utilizando las posibilidades de conexión digital que ofrece el acceso de líneas de empresa. Puede así establecerse la interconexión de circuitos digitales semipermanentes a 64 kbit s<sup>-1</sup> mediante órdenes externas, a modo de "repartidor principal automatizado". Todas las líneas de servicios especiales son acondicionadas por el adjunto en los canales apropiados desde la central. Los adjuntos digitales ubicados físicamente en una central pueden también recibir la terminación de distintos adjuntos remotos localizados en edificios de oficinas, zonas industriales, centros comerciales, etc., dando servicio a núcleos de líneas de empresa.

Naturalmente, al crecer el adjunto digital por disminuir la necesidad de nuevas líneas analógicas de voz convencionales, resulta práctico ampliar dicho adjunto y convertirlo en una central local, siendo éste un método efectivo de detener la ampliación de una central con equipo del mismo tipo. Ello es particularmente conveniente cuando la central existente es de diseño obsoleto, o para evitar las nuevas ampliaciones de un sistema ya amortizado.



**Figura 1**  
Aplicación del adjunto digital para ofrecer un servicio potenciado de acceso a líneas de empresa, dentro de la Red 2000.



**Red de señalización por canal común**

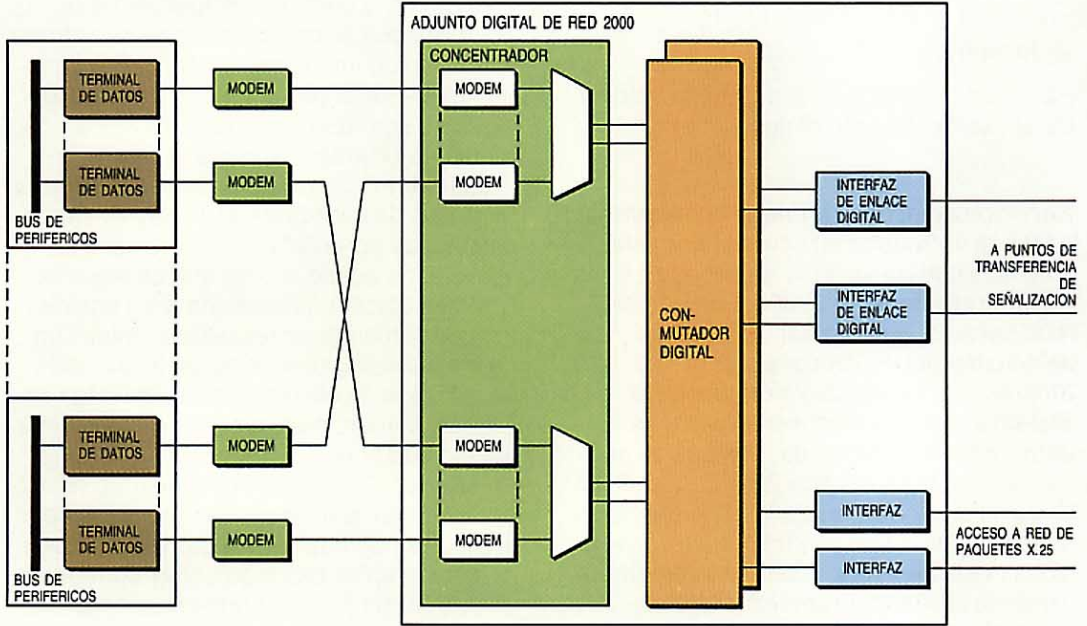
La figura 2 muestra otra aplicación del adjunto digital de la Red 2000. La extensión de la señalización por canal común al nivel de las centrales locales presenta un problema peculiar en EE.UU. Ya que cualquier nuevo sistema de señalización por canal común debe optimizarse para futuras redes digitales, sólo debería considerarse uno que se base en el CCITT n° 7. Desgraciadamente sólo unas pocas centrales locales nuevas pueden operar con el CCITT n° 7, aunque muchas tienen una opción CCIS

- servicios de abonados de área local
- señalización de red mejorada, reduciéndose los tiempos de encaminamiento
- acceso directo a las facilidades de señalización de cobertura nacional
- señalización común para todos los suministradores de servicios de transporte de telecomunicación
- conmutación de paquetes.

**Telemedida**

El adjunto digital ofrece un medio eficaz de acceso y transporte de datos de telemedida

**Figura 2**  
Uso de la señalización por canal común CCITT n° 7 en la red de EE.UU., basado en utilizar el adjunto digital para la conversión del sistema de señalización n° 6 al n° 7.



(versión del CCITT n° 6 en EE.UU.). Un número de centrales aún mayor no tiene posibilidad de señalización por canal común, a no ser mediante un rediseño importante o sustitución de sus elementos principales (p.ej., el procesador central).

Si se utiliza el adjunto digital de la Red 2000 con su capacidad de conversión del CCITT n° 6 al n° 7, resultará económicamente viable una red basada en la señalización n° 7. Las centrales equipadas con esta señalización tendrán un interfaz directo con los puntos de transferencia de señalización; las centrales que puedan equiparse con la opción n° 6 lo harán mediante un módulo de conversión n° 6 a n° 7. Las restantes utilizarán capacidades limitadas de canal común, según sus posibilidades. El concepto modular distribuido de la Red 2000 hace económico el uso de señalización por canal común, incluso en centrales muy pequeñas o provisionales.

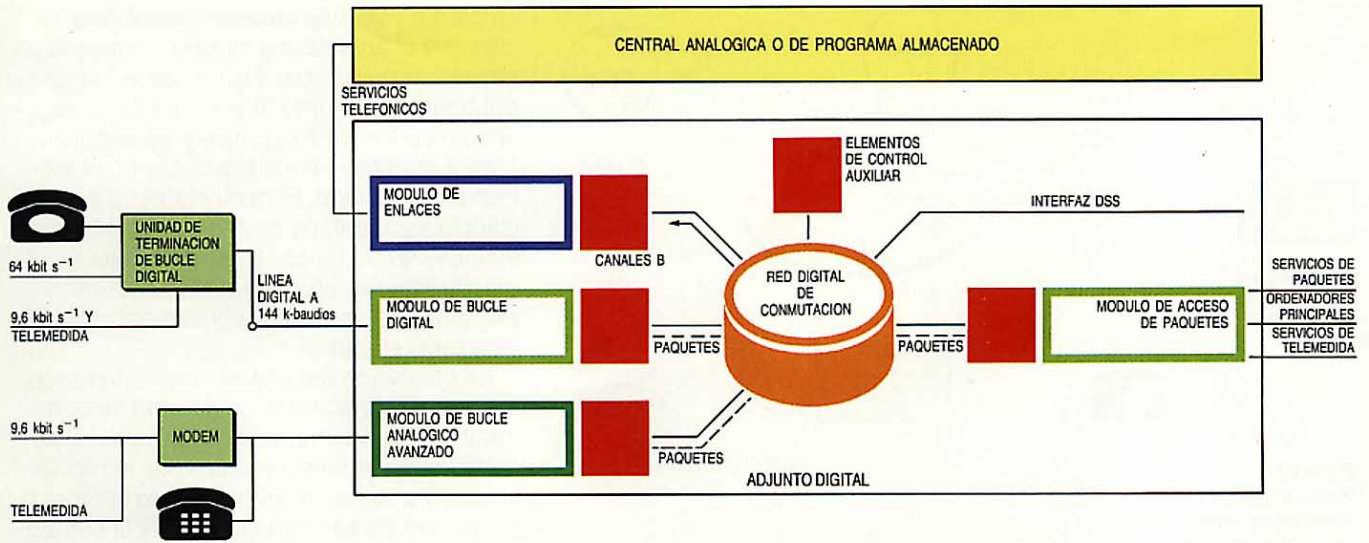
Esta estrategia conseguirá, en áreas locales multi-central, una red moderna de señalización por canal común para:

local. La figura 3 ilustra una configuración en la que la función de telemedida se lleva por un par del cable desde la estación de usuario hasta la central. Los paquetes de telemedida extraídos del bucle por el adjunto digital se envían a los ordenadores principales en formato CCITT X.25. Este sistema recoge los datos requeridos para la lectura de contadores (gas, agua, etc.), contadores de servicios de teledifusión y señalización de tipo alarma para los medios de comunicación (respuesta del público a los anuncios y publicidad en la radio y televisión). Además, el sistema puede servir para controlar la caída de carga de alimentación y aplicaciones similares. El mismo sistema puede utilizarse junto con bucles digitales RDSI, transportándose los datos de telemedida en el canal D.

**Servicio multipropietario**

El adjunto digital remoto ofrece un método ideal de proporcionar un servicio moderno de comunicación a un edificio de oficinas con múltiples propietarios, grandes alma-





**Figura 3**  
Acceso y transporte de datos de telemedida local por medio del adjunto digital de la Red 2000.

cenés, u otros complejos comerciales. La figura 4 muestra dicha unidad conectada a la central principal mediante una línea MIC metálica o de fibra óptica. También puede dar acceso directo a redes de paquetes y de radio. La central puede ser un punto de control de tráfico para un "telepuerto" de comunicaciones (terminal de comunicaciones centralizado, que da acceso a una ciudad importante), el cual ofrezca administración de facilidades, asignación de ancho de banda, selección de ruta, explotación de red, etc. La señalización por canal común de la Red 2000 le otorga ventajas sobre centrales pequeñas especializadas, en lo que respecta a eficiencia de señalización, tiempo de respuesta, fiabilidad y mantenimiento.

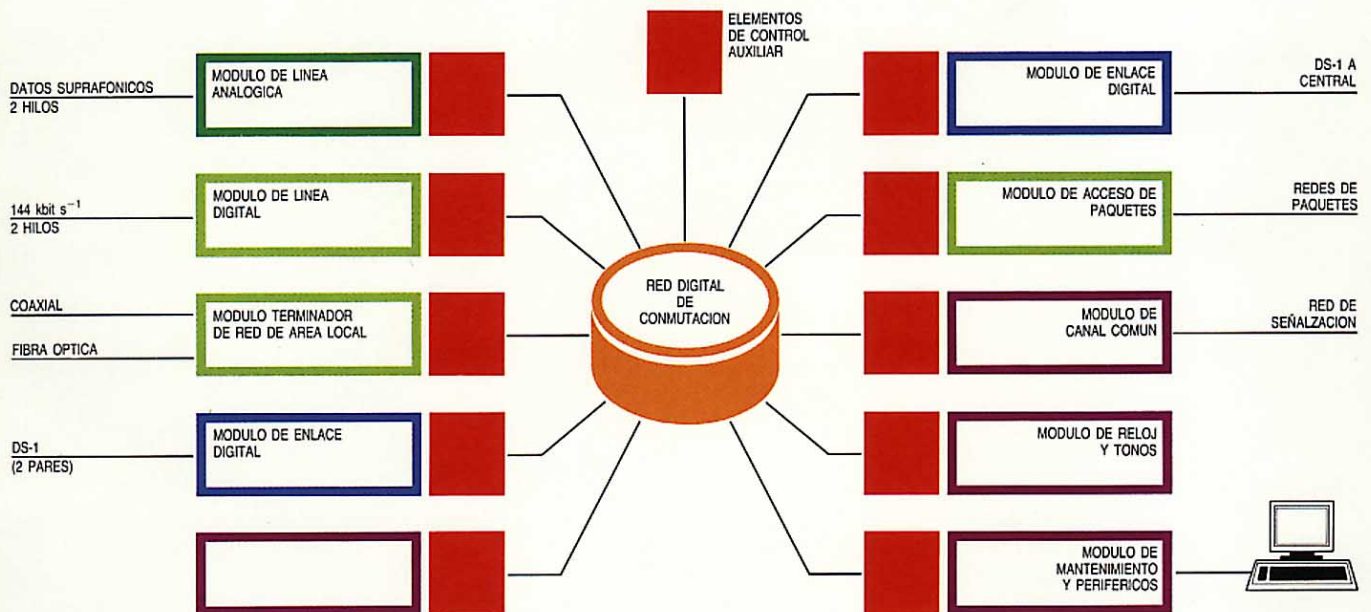
Los bucles multiservicio locales pueden servir a terminaciones de enlaces de centra-

lita existentes, potenciando la capacidad de tratamiento de datos. Dado que los circuitos de datos pueden direccionarse entre ellos dentro de una configuración total de red de paquetes, podrá constituirse una red de área local que utilice los pares de hilos trenzados convencionales "caseros" en combinación con las facilidades de voz y datos de las centralitas.

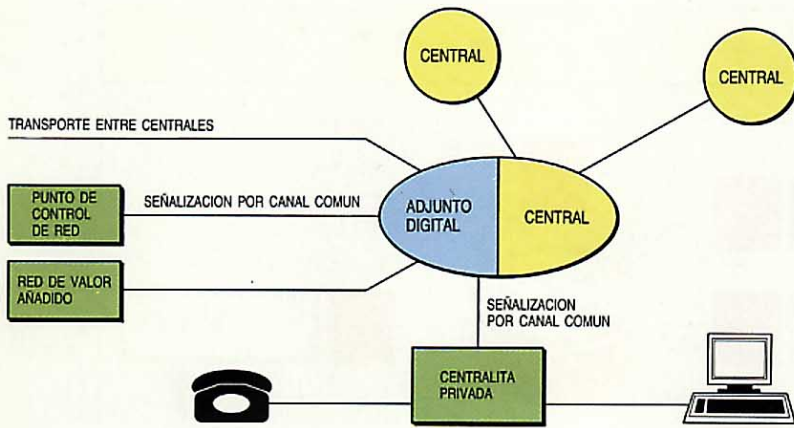
**Comunicación de empresas**

Existe una notable confusión e incertidumbre en EE.UU. respecto a restricciones legales, tarifas y responsabilidades de operación en el campo de los servicios de comunicación de empresas (centrex, centralitas, etc.). Se están instalando redes de área local especializadas, sin haber llegado a casi ningún acuerdo sobre protocolos de interconexión. Se han puesto en práctica

**Figura 4**  
Realización de servicios modernos de comunicación en un entorno empresarial multipropietario, basada en el concepto de adjunto digital.







**Figura 5**  
Realización de un sistema completo de comunicación de empresa utilizando el adjunto digital.

distintos esquemas de "saltar" las centrales, y aparecen centralitas nuevas de voz y datos y otros servicios, no existiendo ningún plan unificado de largo alcance.

La figura 5 muestra cómo puede afrontar este problema el adjunto digital de la Red 2000. La flexibilidad de la arquitectura del Sistema 12 permite introducirlo en este momento, con mínimo riesgo de obsolescencia o de necesitar reconfiguraciones o rediseños importantes.

**Economía**

Por encima del atractivo de añadir posibilidades modernas a una red mediante adjuntos digitales muy estudiados, se imponen las consideraciones económicas. Al compararlo con la modificación de una central

existente para una facilidad específica, no siempre el adjunto digital será ventajoso en cuanto al coste inicial. No obstante, la incorporación del adjunto digital Red 2000 es una inversión para el futuro y un seguro contra modificaciones repetidas en el sistema ya instalado. Elimina el riesgo asociado a los cambios de red a largo plazo, avances tecnológicos y demandas de servicio, ofreciendo una reducción evidente y pronunciada en el coste global del ciclo de vida del sistema.

La utilización del adjunto digital, tiene un gran atractivo económico cuando se consideran adecuadamente los costes del ciclo de vida, los requisitos futuros de la red, la economía de un encaminamiento óptimo, la capacidad de servicios futuros, y la estrategia de potenciar las centrales en servicio.

**Conclusiones**

El plan lógico de realización de la Red 2000 y la introducción ordenada de la línea de productos del Sistema 12, están dictados por el entorno industrial actual, las necesidades de usuarios y de compañías de telecomunicación y la disponibilidad de las adaptaciones a la red de EE.UU.

Las características inherentes a la arquitectura del Sistema 12 aseguran que la introducción de un sistema de generación avanzada pueda iniciarse bien por el lado de la central local o por el de la red. En los EE.UU., ITT ha elegido comenzar por la realización de la red, a la cual seguirán las centrales de conmutación.



## Sistema 12

# Papel del adjunto digital en el desarrollo de la red

Durante la prolongada transición a una futura RDSI, será esencial para la economía de la red aprovechar al máximo la planta analógica actual. El concepto de adjunto digital, según el cual se proporcionan nuevos servicios mediante un sistema de conmutación avanzado asociado a una central analógica existente, permite cumplir este objetivo y facilitar la experimentación de nuevos servicios sin grandes inversiones.

### J. E. Cox

ITT Advanced Technology Center, Shelton, Connecticut, Estados Unidos de América

### R. E. Pickett

ITT Telecommunications Corporation, Raleigh, Carolina del Norte, Estados Unidos de América

## Introducción

En la mayoría de los países del mundo hay una gran inversión en planta de red de comunicaciones no amortizada, la cual necesitará varias etapas de modificación antes de poder formar parte de una futura RDSI. La sustitución de esta planta es económicamente impensable, incluso para los países más ricos. Por ello, las administraciones y compañías explotadoras están eligiendo formas de actualizar la planta existente y decidiendo qué partes de ella habría que reemplazar, dentro de sus restricciones presupuestarias.

Al mismo tiempo, los usuarios presionan a las administraciones y compañías para que introduzcan nuevos servicios. Parte de esta demanda de servicios podría generar beneficios a corto plazo si se aplicaran soluciones intermedias, y dichos beneficios ayudarían a pagar la nueva planta RDSI. Aunque nunca pueda tenerse absoluta certeza de compatibilidad con las normas futuras, el largo tiempo requerido para establecer normas universales incrementa el volumen potencial de las inversiones en ese tipo de soluciones intermedias y modificaciones de los equipos existentes.

En algunas partes del mundo, principalmente en los Estados Unidos, la competencia y la amenaza de prescindir totalmente de las redes de comunicaciones tradicionales (p. ej., utilizando redes inicialmente proyectadas para fines de entretenimiento)

presionan fuertemente a las compañías telefónicas para desarrollar nuevos servicios atractivos que aprovechen la planta existente, siguiendo la orientación ya señalada.

Ante esta situación, las administraciones telefónicas y las compañías explotadoras están buscando soluciones de compromiso que puedan ahora justificar una inversión razonablemente segura, generadora de beneficios a corto plazo al satisfacer algunas de las demandas aún pendientes de los abonados del sector empresarial, sin crear nuevas presiones sobre los abonados residenciales. Los adjuntos digitales a la planta analógica basados en sistemas avanzados de conmutación digital, como el Sistema 12, pueden ser de gran ayuda en estas difíciles decisiones de planificación.

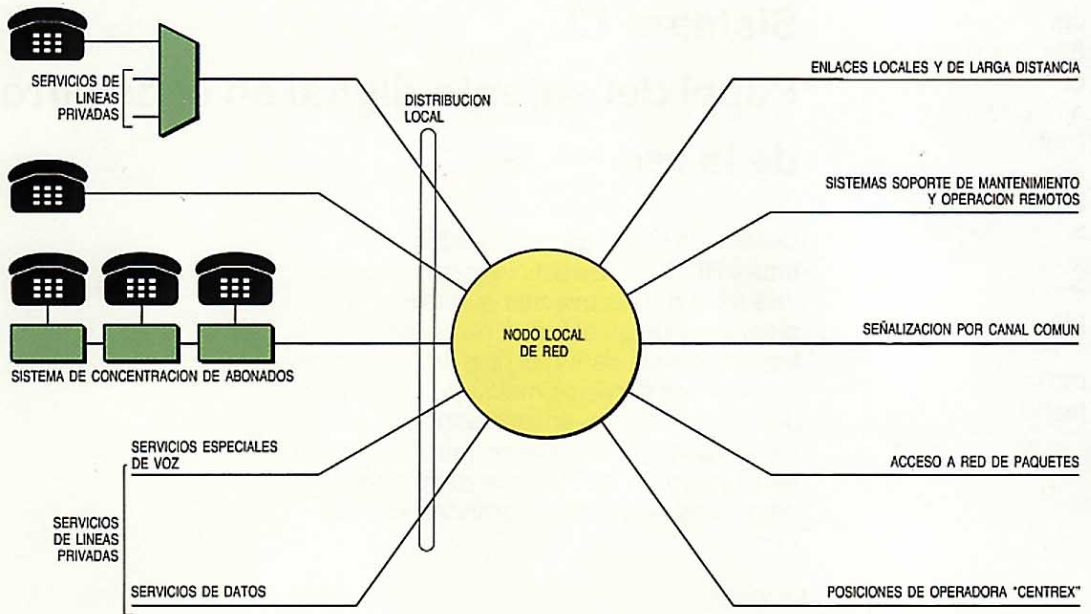
## Antecedentes

Para atender las necesidades futuras de una verdadera red de servicios integrados, los puntos nodales de la red local, incluyendo las centrales locales, deben presentar las características mostradas en la figura 1. Dentro de un determinado nodo de red, las administraciones tienen gran libertad de elección en cuanto al modo de conmutar y explotar los servicios.

La Red 2000 es un concepto creado por ITT que ofrece de forma integrada medios de conmutación, administración y manteni-



Figura 1  
Posibilidades de servicios de un nodo de red local.



miento para todos los servicios presentados en la figura 1. El diseño de la arquitectura del Sistema 12 le da capacidad para actuar como un nodo multiservicio de red, merced al desarrollo de unidades servidoras de tráfico para cada servicio y a la provisión de conmutadores exentos de bloqueo para interconectarlas. Aplicando este enfoque, la arquitectura del Sistema 12 permite prestar económicamente servicios individuales o combinados, aunque las instalaciones sean pequeñas, pudiendo así introducir nuevos servicios sin la gran inversión que necesitarían los equipos de conmutación con control común.

Salvo en el caso de crearse una nueva red, hay equipo de central, líneas y planta de enlaces ya instalados para los servicios existentes. Las administraciones pueden elegir entre realizar cada nuevo servicio en equipos totalmente separados o dar varios servicios mediante un centro de conmutación único. Sea cual fuere el tipo de central, los criterios económicos imponen que *todos* los servicios usen la planta existente de línea de abonado. Por lo tanto, el uso integrado de la planta de líneas se ha convertido en el punto clave de la RDSI. La economía recomienda también con insistencia la utilización común de la planta de enlaces, aunque el perjuicio que implica el uso de haces separados de enlaces no sea tan grande como el de utilizar diferentes plantas de líneas para cada servicio.

Los sistemas de conmutación diseñados para cursar diversos tipos de servicio (con diferentes tiempos de ocupación, perfiles de tráfico, tasas de llamadas y características) deberían tener preferiblemente una arquitectura modular de control distribuido, a fin de poder elegir por separado la gama

de características, parámetros de tráfico y tamaños de central (número de líneas y enlaces) que convenga a cada aplicación. Para centrales cuya estructura se base en un procesador centralizado, las tres variables dependen de recursos comunes, como son el rendimiento del procesador, la memoria y la capacidad de conmutación. La independencia de estas variables en las arquitecturas de control distribuido permite a los ingenieros de planificación introducir a corto plazo mejoras en los servicios, sin el riesgo de que futuros cambios en servicios aún sin definir invaliden la economía de los planes iniciales.

Un segundo atributo valioso de las arquitecturas de conmutación con control distribuido es que permiten la instalación inicial de una pequeña central, capaz de crecer gradualmente hasta un tamaño mayor, cuando sea necesario. Se obtiene así un margen de ampliación mucho mayor que el ofrecido típicamente por los sistemas de control centralizado. La posibilidad de crecer — y menguar — económicamente, da un grado más de seguridad al planificador.

### Adjunto digital

El término "adjunto digital" describe un dispositivo o colección de dispositivos que potencian la capacidad de un elemento de red existente (una central telefónica), de tal forma que ante el mundo exterior aparezcan como un perfeccionamiento de dicha central.

Usando una definición tan estricta, un dispositivo que pudiera hacer terminar un bucle digital en una central analógica podría



considerarse como adjunto digital. El problema en ese caso sería que sólo podrían darse los servicios que proporcionase dicha central analógica. Esta restricción limitará generalmente el bucle digital a alguna forma de servicio telefónico, e impedirá obtener nuevos beneficios a partir de los servicios de datos. Además, al cambiar la central analógica principal, cualquier inversión en este tipo de adjunto digital se pierde.

Para ser útil en la práctica, un adjunto digital debe ofrecer al planificador todas las facilidades siguientes:

- capacidad de acoplar los servicios existentes a una central principal con un incremento aceptable en el coste por línea
- generación de beneficios a partir de nuevos servicios, sin dejar de prestar soporte a los servicios existentes en la central principal
- introducción de nuevos servicios con una pequeña inversión inicial
- crecimiento uniforme progresivo en un amplio margen de tamaños
- capacidad de multiservicio
- reutilización del equipo cuando haya que retirar del servicio a la central principal
- operación como adjunto de la central principal para algunas líneas, y como una verdadera central para otras líneas
- operación como un dispositivo de conmutación remota para ampliar la potencia y capacidad de la central principal (p. ej., dando servicio a los vecinos de un gran edificio o a instalaciones industriales).

El adjunto digital Red 2000 satisface todos los requisitos anteriores, merced a la arquitectura de conmutación con control distribuido del Sistema 12. Cuando actúa como adjunto, es invisible al resto de la red por aparecer incluido en la central principal. Sin embargo, asignándole un código de red en el plan de numeración, el adjunto se convierte en un nodo autónomo de red, compartiendo la localización de la central principal. Al mismo tiempo, el adjunto puede seguir conectado por algunas líneas a la central principal para procesar llamadas dirigidas al código de ésta. Esto es importante para evitar cambios innecesarios en el número de guía.

La figura 2 muestra cómo se implanta el adjunto digital en la Red 2000. El adjunto digital básico consta siempre de un núcleo que incluye una red de conmutación mínima, distribución de reloj y tonos, alimentación y alarmas. El sistema de señalización por canal común CCITT n° 7 proporciona comunicación con los centros remotos de

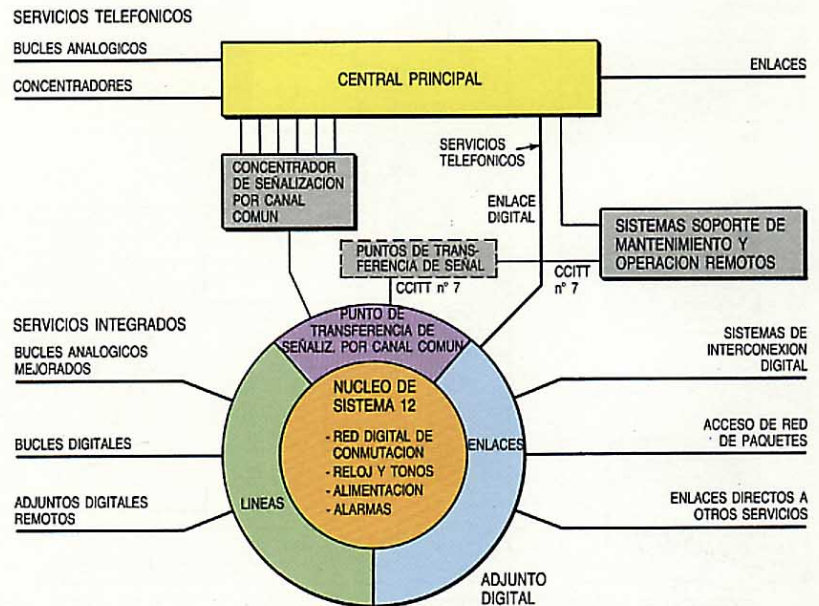
mantenimiento y administración, utilizando la parte de usuario de explotación y mantenimiento. Pueden añadirse a este núcleo módulos de servicios y ampliarse la red de conmutación para obtener las terminaciones, potencia de proceso y facilidades que requieren los servicios ofrecidos.

### Mejoras típicas de un punto nodal

El concepto de adjunto digital puede aplicarse simultáneamente a la mejora de beneficios y a la reducción de coste. La figura 3 muestra de qué manera contribuye a obtener más rendimiento de una central telefónica analógica SPC (control por programa almacenado) ya instalada, al permitir la adición de nuevos tipos de equipos de terminación de línea (locales y remotos) que proporcionen servicios digitales integrados por las líneas existentes. A medida que las líneas de la central analógica SPC (normalmente de abonados de empresa) se van transfiriendo a las terminaciones del adjunto, dejan libres terminaciones en dicha central para atender el crecimiento de abonados residenciales.

La conexión de interfaz entre el adjunto digital y la central SPC permite a las líneas de empresa transferidas continuar recibiendo sus servicios telefónicos desde el equipo SPC analógico. Al mismo tiempo, el adjunto conmuta el tráfico no telefónico (p. ej., datos en paquetes, facsímil) transportado por el bucle, dirigiéndolo hacia los canales digitales apropiados para las líneas privadas y/o acceso a las redes de paquetes paralelas. La figura 3 aclara lo anteriormente expuesto. La unidad de señalización por canal común proporciona acceso a las

**Figura 2**  
Diagrama de implantación de un adjunto digital basado en el concepto de Red 2000.





partes de usuario de canal común CCITT nº 7, tales como la parte de usuario RDSI, la de usuario de explotación y mantenimiento, la de usuario de facturación y la de control de la conexión de señalización.

Un segundo método para aumentar los beneficios, más aplicable a líneas residenciales, es añadir funcionalidad a las líneas analógicas que permanezcan conectadas a la central SPC. También se indica esto en la figura 3, mediante las conexiones del sistema de comunicación de acceso local a los bucles analógicos existentes. De esta forma, con un ciclo de trabajo reducido, puede darse servicio de datos por paquetes a los abonados residenciales sobre los pares actualmente utilizados. Los servicios residenciales de datos de este tipo realizan una interrogación secuencial periódica, con recogida de cortos paquetes de datos (p. ej., interrogación prefijada a cuatro veces por hora, más otra a demanda realizada antes de un minuto tras la petición). Los paquetes son formateados en paquetes CCITT X.25 o parte de usuario CCITT nº 7 para su transmisión a ordenadores centralizados a través de la red de conmutación de paquetes.

Puede prestarse un servicio bidireccional de datos depositando un paquete en la línea de abonado durante la secuencia de interrogación. De este modo, el adjunto digital puede aportar las funciones de servicios nuevos a todas las líneas servidas por la central principal. La unidad de servicio de paquetes y la unidad de canal común intervienen también en este tipo de incremento de beneficios.

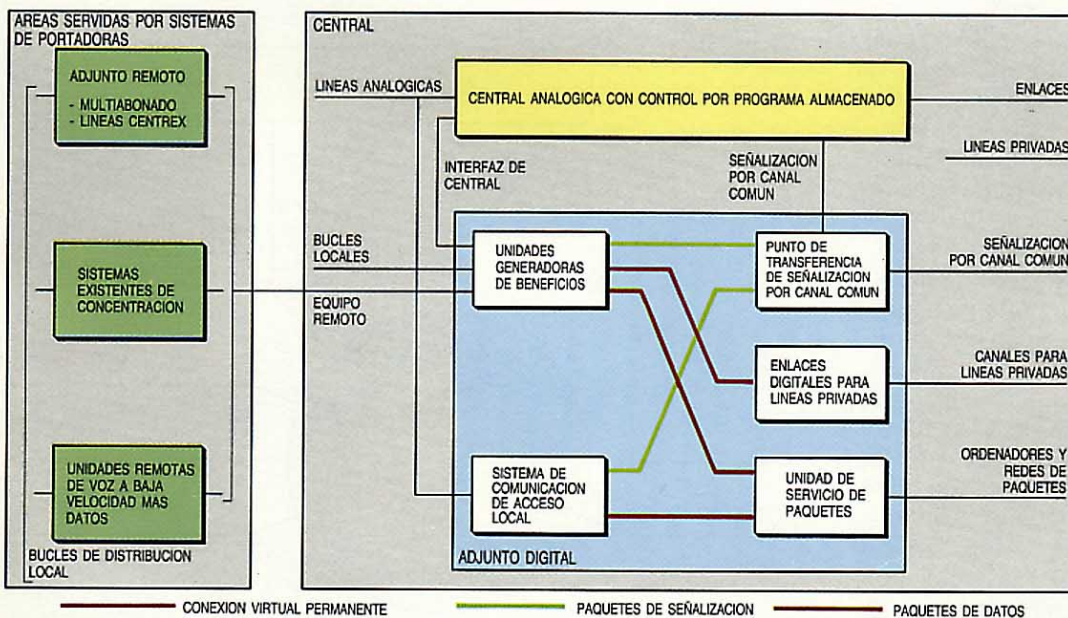
La figura 3 muestra también la ampliación de estos beneficios acrecentados a abonados distantes de la central, o allí donde haya núcleos de abonados de tamaño suficiente

para justificar el uso de transmisión digital multiplexada hacia la central principal. Tales zonas se indican en la misma figura como áreas servidas por sistemas de portadoras. Además de atender a los sistemas de portadora existentes (sistemas de concentración), el adjunto digital puede actuar como centro de transmisión hacia adjuntos similares situados en los mismos locales del abonado o en lugares próximos (p. ej., para servir a clientes múltiples en un complejo de oficinas).

Mirando hacia el futuro, existe otra fuente potencial de nuevos beneficios, constituida por terminaciones económicas que combinen voz a baja velocidad (32 ó 48 kbit s<sup>-1</sup>) y un canal D estándar RDSI dentro de una envolvente de 56 ó 64 kbit s<sup>-1</sup>. La función del adjunto digital incluye el direccionamiento de canales de voz y datos a los destinos requeridos, así como la conversión desde baja velocidad binaria a canales MIC convencionales cuando sea necesario.

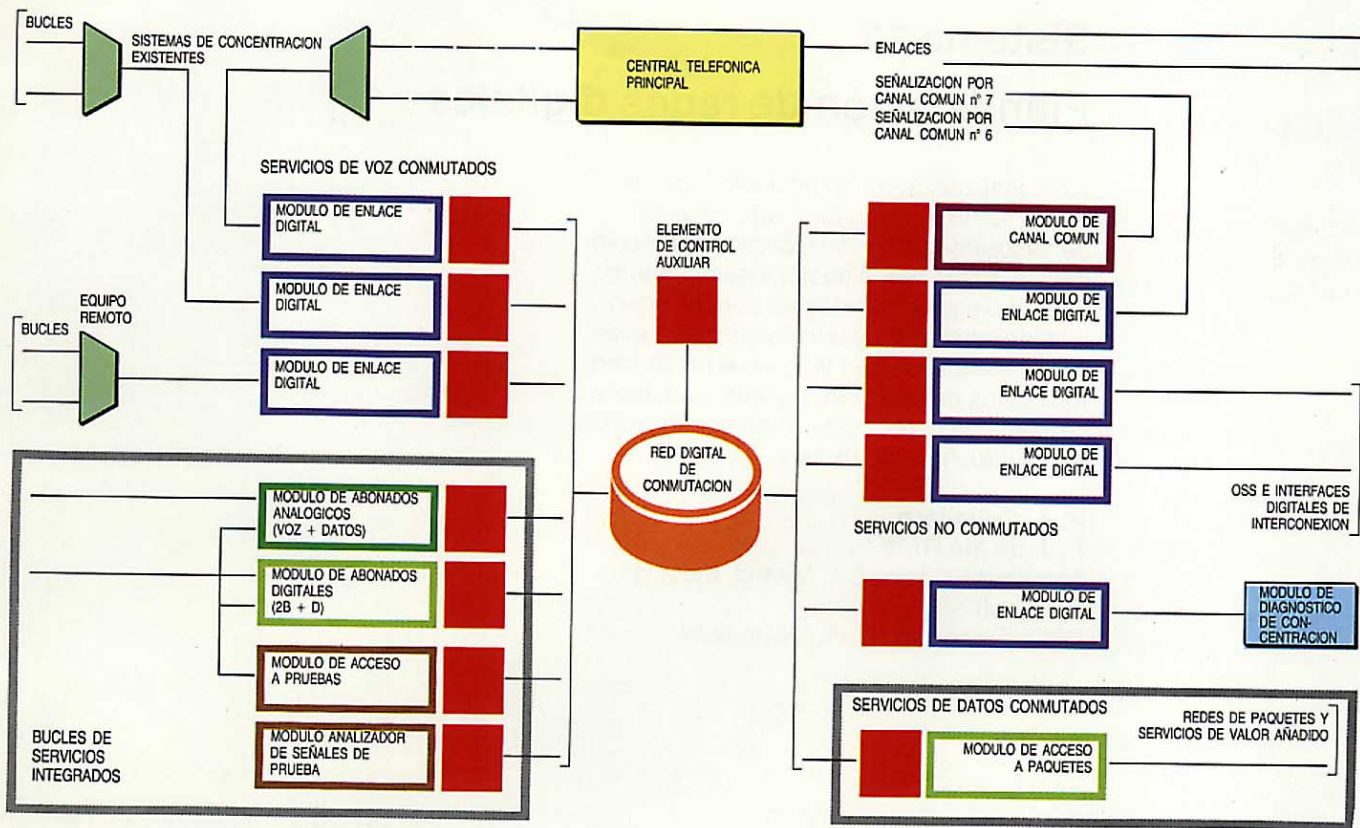
La realización de un adjunto digital basado en la tecnología Sistema 12 de ITT se representa en la figura 4. La aplicación más elemental de tal adjunto sólo contiene módulos de enlaces digitales, elementos de control auxiliar y el módulo de canal común para señalización nº 7. Este último módulo proporciona el control y mantenimiento remoto del adjunto, además de ejecutar una función limitada (hasta siete puertos, duplicados) como punto de transferencia de señales para la señalización por canal asociado, el transporte de la parte de usuario RDSI y el acceso por conmutación de paquetes a bases de datos remotas.

Los enlaces digitales se usan para segregar y recoger los canales individuales entre el concentrador remoto de abonados, y los



**Figura 3**  
Aplicación de un adjunto digital a un centro analógico SPC, ilustrando las posibilidades de incrementar los beneficios.





**Figura 4**  
**Diagrama de un adjunto digital basado en módulos estándar del Sistema 12.**  
**OSS - Sistemas soporte de la explotación.**

terminales en la central, y permiten la administración y proceso de los canales no conmutados (especializados) sin intervención manual. Este "repartidor electrónico" u órgano de interconexión de dispositivos permite también un mantenimiento y diagnóstico remotos muy perfeccionados de los actuales terminales de concentración de abonados, reduciendo por tanto el coste de poseer tales equipos.

Esta sencilla aplicación se amplía añadiendo los avanzados módulos de circuito de línea digital (RDSI) y analógica (voz más datos suprafónicos), como indica la figura 4. Pueden introducirse también módulos de acceso a paquetes para encaminar los canales de datos hacia las redes de conmutación de paquetes.

El adjunto digital utiliza los mismos módulos de equipo que el Sistema 12 (p. ej., los mismos módulos de enlace digital y elementos de control). Por tanto, tal adjunto

puede con facilidad llegar a convertirse en una central que sustituya a la SPC analógica. En cualquier caso, la presencia del adjunto digital habrá prolongado la vida útil de la central analógica al ofrecer nuevos servicios a los abonados que los necesiten, garantizando asimismo que los abonados sólo interesados por el servicio telefónico sigan obteniéndolo con una elevada calidad y reducido coste.

### Conclusiones

Existen demandas en pro de una transición gradual a la futura RDSI. El concepto de adjunto digital, basado en una arquitectura modular de central digital con control distribuido, hace posible comenzar nuevos servicios muy económicamente, sin grandes modificaciones ni sustitución prematura de la planta analógica útil.



# Sistema 12

## Planificación de redes digitales

La digitalización de la red telefónica y su evolución final hacia una red digital de servicios integrados se reflejan en la planificación de las redes telefónicas del futuro. Deben elegirse estrategias para la extensión de tales redes y la inclusión de nuevas facilidades, de forma tal que se minimicen los costes en cada etapa y que los futuros cambios de la red no se vean constreñidos por la planificación de hoy.

**P. A. Caballero**

**F. J. de los Ríos**

Standard Eléctrica SA, Madrid, España

**F. Casali**

FACE Finanziaria SpA, Milán, Italia

### Introducción

Las redes telefónicas están sujetas a un continuo cambio, a medida que se extienden para satisfacer a una mayor demanda y nuevos equipos reemplazan a los antiguos para mejorar el rendimiento y proporcionar nuevas facilidades.

Las múltiples alternativas para el diseño de la red y lo elevado de la inversión implicada, obligan a asegurar que cualquier plan de extensión o mejora de la red ofrezca una solución óptima. Dada la larga vida del equipo telefónico y las limitaciones impuestas por la red ya existente, los planificadores deben verificar dinámicamente la corrección de las decisiones actuales basándose en sus consecuencias a medio y largo plazo.

### El Sistema 12 y la planificación de redes

El objetivo esencial de la planificación de redes es determinar la evolución óptima de la red para un determinado tipo de equipo.

Cuando se enfoca el problema desde otro ángulo, la cuestión se transforma en: ¿qué características ha de tener el equipo para facilitar una evolución óptima de la red? Este punto de vista siempre ha presidido el desarrollo del Sistema 12, diseñado para constituir un elemento integral de la red.

Desde los comienzos del Sistema 12, los estudios de planificación avanzaron en

paralelo con el trabajo de diseño<sup>1 a 4</sup>. Las conclusiones de estos estudios permitieron a los grupos de desarrollo evaluar en qué grado el diseño lograba sus objetivos relacionados con la red. El resultado ha sido la singular arquitectura de control distribuido del Sistema 12, que permite una óptima evolución hacia la red digital y, a partir de ella, hacia la RDSI.

Los principales requisitos impuestos al diseño en virtud de los estudios de planificación de redes, fueron:

- las decisiones adoptadas hoy deben comprometer lo menos posible las actuaciones futuras
- los errores inherentes a toda previsión deberán tener un efecto mínimo y no acarrear penalizaciones económicas significativas
- habrá un solo sistema para todas las aplicaciones (urbanas, interurbanas, rurales)
- el sistema cubrirá toda la gama de necesidades y su coste instalado crecerá linealmente con la capacidad
- la modularidad del sistema permitirá realizar la instalación del equipo con estrecha adaptación a las necesidades reales de la red
- la arquitectura del sistema será adecuada para integrarse en cualquier red existente, sin tener que modificar la estructura de ésta.

La central digital Sistema 12 ha alcanzado todos estos objetivos.



### Evolución hacia la red digital integrada

La introducción de sistemas digitales implica considerar nuevos aspectos de planificación, entre ellos tres de particular importancia:

*Estructura óptima de la red digital:* el equipo digital se caracteriza por diferentes parámetros de rendimientos y costes con respecto a los equipos analógicos. En consecuencia, la estructura óptima de una red digital será también distinta en ambos casos.

*Transición analógico a digital:* las redes existentes se basan principalmente en tecnología analógica, aunque en unos pocos casos ya se hayan avanzado los primeros pasos hacia la digitalización. Sin embargo, ambas tecnologías coexistirán en la red largo tiempo, y en tal situación el diseño óptimo implicará la interconexión de las subredes analógicas y digitales.

*Introducción de servicios no telefónicos:* probablemente será simultánea a la introducción de la red digital integrada. La adecuación de los conmutadores digitales y de los recursos de planta para operar en una red digital de servicios integrados es de primordial importancia para garantizar el futuro de una red telefónica pública<sup>5, 6</sup>.

Los dos primeros aspectos de planificación anteriores se analizan separadamente en relación con redes urbanas multicentral, redes interurbanas y redes rurales, ya que cada una de ellas tiene sus características propias.

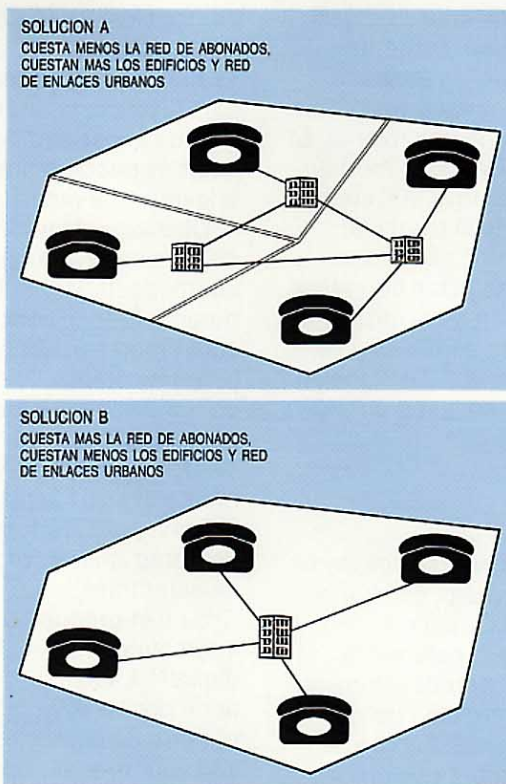
### Redes urbanas multicentral

Tres aspectos de las redes multicentral se distinguen tradicionalmente al planificar: elección de la configuración básica (Fig. 1), optimización de la red de enlaces, y diseño óptimo de la red de abonado.

#### Configuración básica óptima

Esta configuración queda definida por el número de las centrales terminales, sus localizaciones, y sus áreas de servicio, en forma tal que el coste de expandir la red para satisfacer a la demanda prevista sea mínimo<sup>7</sup>. Los principales factores son las redes de abonado y enlaces, junto con el equipo de fuerza, los edificios y los terrenos necesarios. La red de abonado se ve favorecida por el aumento en el número de edificios; los otros factores, en cambio, por la reducción de ese número.

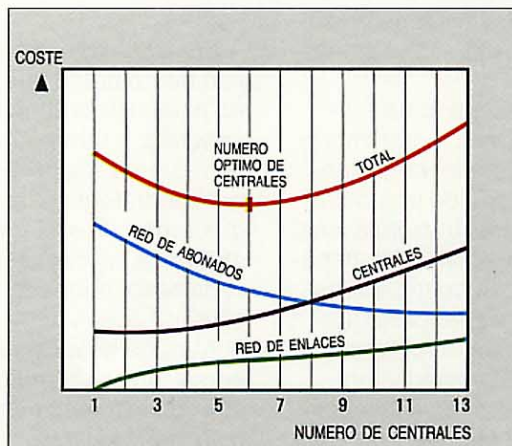
La introducción de una red digital integrada conduce a un abanico de capacidades mucho más amplio en las centrales, a redu-



**Figura 1**  
Configuración de una red urbana.

cir la necesidad de espacio edificado, a ahorros en la red de enlaces y a diferentes parámetros de costes. Esta combinación de factores, unida a las influencias de la red, sistemas de conmutación y edificios existentes, así como de la tasa de crecimiento de la demanda, producen en cada caso efectos distintos. La tendencia general apunta hacia reducir las necesidades de nuevos edificios y centrales (Fig. 2).

Las unidades remotas de abonado (URA) pueden afectar a la configuración óptima de la red. El papel de estas unidades depende de su tamaño. Las grandes URA (concentradores de 1000 líneas o más) pueden servir para reemplazar a las centrales independientes cuando una inadecuada archi-



**Figura 2**  
Zonas multicentral: número óptimo de centrales.



tectura del sistema impone altos "costes iniciales". Su utilización generalmente afecta a la configuración de las áreas de servicio y dificulta las actividades de análisis de tráfico, planificación y mantenimiento. El papel de las pequeñas URA, cuyo módulo básico tiene capacidad de unas 100 líneas, es el de reducir el coste de la planta de abonado para la conexión de abonados lejanos. Cuando se utilizan estas pequeñas unidades en la planificación de la red, se limita el número óptimo de centrales y se aplanan la curva de coste de la red en función del número de centrales, en la región próxima al mínimo.

**Red de enlaces**

La digitalización afecta de diversos modos a la red de enlaces. En concreto, cambia la relación de costes entre las rutas tándem y directas, dependiendo de la naturaleza analógica o digital de las centrales terminales y tándem, y de la penetración de la transmisión digital. La figura 3 ilustra los cuatro casos que normalmente se presentan en una red mixta, demostrando que las capacidades de tránsito óptimas son similares en los casos de "todo analógico" y "todo digital", como lo son también las relaciones entre parámetros de coste. Sin embargo, el caso mixto exige mayores capacidades en las centrales de tránsito, cual corresponde a valores menores de la relación de costes<sup>8</sup>. Por ello es importante estudiar la evolución del tráfico de tránsito durante todo el periodo de transición y no limitarse a las necesidades a corto plazo.

También han de considerarse la modularidad de los enlaces digitales y el uso de enlaces bidireccionales<sup>9</sup>. La primera restringe los tamaños posibles de las rutas, cuando se está optimizando la red, a múltiplos de 30 (ó 24) circuitos. Esto es importante, ya que el tamaño del módulo corresponde a una capacidad de tráfico del mismo orden de magnitud que muchos de los flujos de tráfico de un área multicentral. El uso de enlaces bidireccionales suaviza la rigidez de la modularidad, y hace posible repartir los canales del módulo entre ambas direcciones.

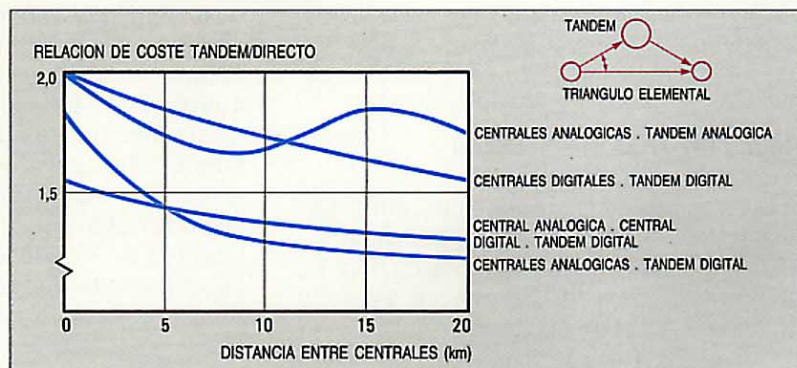
El superior margen de capacidades de los sistemas digitales permite lograr importantes economías combinando varias funciones en una misma unidad de conmutación. La combinación de las funciones local y tándem tiene un interés económico especial en las redes urbanas. El control distribuido es particularmente beneficioso porque la linealidad de crecimiento permite aumentar la capacidad de conmutación, tanto terminal como tándem, en cualquier proporción, sin tener que afrontar costes

adicionales por readaptación. Por el contrario, en los sistemas de control centralizado se necesitan grandes volúmenes de tráfico para justificar económicamente la ampliación de capacidad de conmutación, que además puede entrañar la modificación de encaminamientos.

Otro aspecto importante es la necesidad de conversores analógico/digitales para interconectar centrales de uno y otro tipo, durante todo el periodo de transición. Los conversores serán más numerosos en las primeras etapas de digitalización, pero comenzarán a declinar a medida que predominen las centrales digitales, y finalmente desaparecerán cuando la red sea totalmente digital. Un plan de evolución óptimo deberá, pues, reducir la inversión en conversores analógico/digitales, dado su carácter transitorio.

Se han propuesto varias estrategias para interconectar las subredes analógica y digital<sup>10</sup>. La estrategia de solapamiento tiene por objetivo primario minimizar el número de conversores, pero está penalizada por requerir que sea conmutado en tránsito la totalidad del tráfico entre las subredes analógica y digital. Por el contrario, la integración de las subredes conduce a una mejor distribución de los recursos durante el periodo de transición, si bien exige una planificación más detallada y sistemas de conmutación modulares.

**Figura 3**  
Estudio de costes de una red de enlaces urbanos.



Los estudios de planificación de redes han demostrado que tendría que analizarse en particular la optimización de cada red concreta, y que la solución óptima no se corresponderá, en general, con la de ninguna estrategia pura. La utilización de cualquier método en forma dogmática, sin atender a las características concretas de cada caso, puede tener graves consecuencias.

Aunque no exista ninguna solución universal, puede afirmarse que los sistemas de control distribuido son capaces de adecuarse pragmáticamente a cualquier estruc-



tura peculiar de red óptima, mientras que los sistemas de control centralizado sólo resultan económicos en el caso de redes solapadas.

### Red de abonado

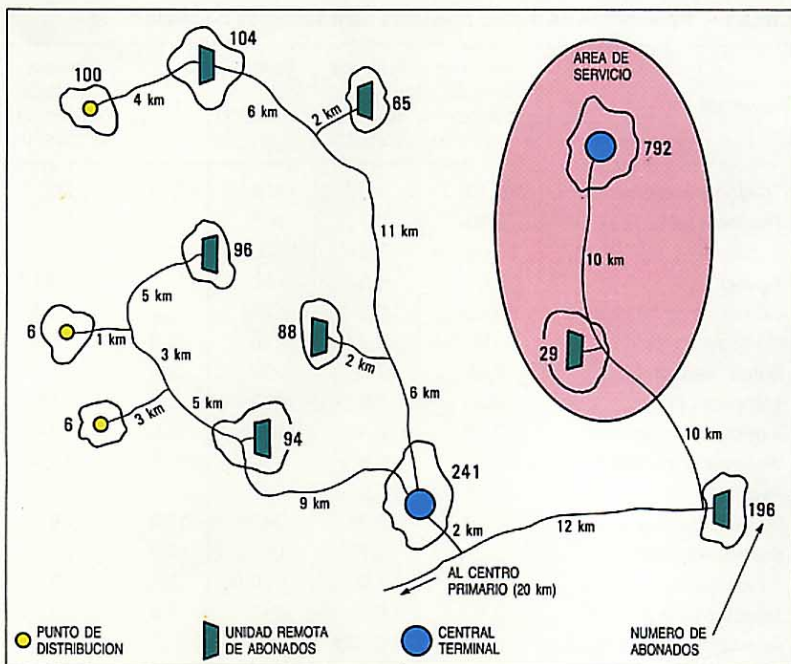
A lo largo de la historia de la telefonía, la red de abonado ha sido el área menos sujeta al cambio tecnológico. La mayoría de los bucles de abonado hoy existentes son bucles en frecuencia vocal sobre un par de hilos, como en los primeros años de la telefonía. Ahora, sin embargo, la digitalización de la red está cambiando el concepto de planta de abonado.

Las URA digitales cursan el tráfico desde los abonados a la central mediante sistemas MIC de transmisión, reduciendo así el coste de la planta de abonado, y poniendo al alcance de éste la digitalización. Al acortarse los bucles de abonado se simplifica la propia red de abonado, y, por consiguiente, su ingeniería, mantenimiento y operación. Estas consideraciones realzan el atractivo de utilizar las pequeñas URA. No obstante, sólo se aprovechará al máximo este nuevo elemento digital de la red cuando se hayan establecido nuevos métodos, criterios y prácticas.

### La red interurbana

En las redes analógicas, las limitaciones de capacidad de las unidades de conmutación suelen obligar a instalar dos o más centrales en paralelo, con la consiguiente duplicación de rutas, doble conmutación, etc. Una de las grandes ventajas del uso de sistemas avanzados para digitalizar la red interurbana estriba en la elevada capacidad de conmutación de tales sistemas, que permite simplificar la red; más aún, no hay en principio restricciones para combinar en una sola unidad varias funciones — primaria, secundaria, etc. —, lo que puede suponer una importante economía.

Otro aspecto importante es el efecto de la digitalización en la estructura óptima de la red interurbana<sup>11</sup>. Esto constituye una excelente oportunidad para reconsiderar dicha estructura, sacando generalmente la conclusión de que debe reducirse el número de niveles jerárquicos de la red. En efecto, con frecuencia la estructura actual de la red no es adecuada a la demanda de tráfico, y ello se debe a que tal estructura suele responder a una red que estuvo dominada por equipos de conmutación de control directo. Por todo ello, habría que revisar la estructura de la red aunque no se proyectara su digitalización.



**Figura 4**  
Rama de una red primaria.

### Redes rurales

En las redes rurales, con demanda escasa y dispersa, el coste por línea instalada es alto. Por esta razón, tales redes combinan una gran variedad de equipos y tecnologías concebidas para reducir ese elevado coste. Los primeros sistemas digitales no pudieron resolver con generalidad el problema. Por el contrario, el Sistema 12 ofrece una tecnología unificada para las áreas rurales y, en consecuencia, una reducción de los costes de operación y mantenimiento. Además, el Sistema 12 utiliza los mismos elementos en las redes rurales — pequeñas centrales y URA — que en las urbanas.

El Sistema 12 ofrece asimismo una solución eficaz para servir grupos pequeños y dispersos de abonados, mediante la conexión de hasta ocho URA sobre una misma ruta (multisegregación). Estas URA comparten dicha vía de transmisión — uno o dos sistemas MIC de 30 canales — hacia la central principal. La figura 4 muestra un ejemplo de rama de una red primaria.

### Ampliaciones del equipo de conmutación

Otro aspecto interesante de la digitalización es cómo introducir el equipo de conmutación digital en una red donde el equipo analógico existente no se ha quedado obsoleto ni ha llegado al final de su vida útil. Es el caso de una red basada en centrales analógicas con control por programa almacenado, o incluso en centrales de barras cruzadas. Cuando una central requiere



Tabla 1 – Parámetros de tráfico previstos para servicios no telefónicos

Servicios	Tráfico en periodo cargado (erlang/línea)	Intentos de llamada en hora cargada	Tiempo medio de ocupación (s)	Trans. por llamada	Tiempo medio de ocupación por trans. (s)
Telefonía (residencial)	0,10	3,0	120	1,0	120
Telefonía (empresa)	0,20	6,7	108	1,0	108
Correo de voz	0,01	0,3	120	1,0	120
Teletex	0,01	5,0	50	1,5	33,3
Comunicación de textos	0,0006	0,3	20	1,5	13,3
Correo electrónico	0,007	0,2	120	1,0	120
Datos interactivos	0,30	27,0	30	3,0	10
Transacciones	0,33	17,0	212	2,5	84,8
Videotex (residencial)	0,03	0,45	200	11,5	17,4
Videotex (empresa)	0,20	3,6	200	11,5	17,4
Facsímil	0,01	0,3	120	1,0	120
Proceso de textos	0,25	3,75	240	12,0	20
Proceso de datos	0,25	3,75	240	12,0	20
Telemedida	$2,7 \times 10^{-6}$	1,0	0,01	1,0	0,01
Telemedicina (central)	0,4	6,0	240	4,0	60
Telemedicina (periférica)	0,002	0,125	60	1,0	60
Videoconferencia	0,5	1,0	1800	1,0	1800
Video-juegos	0,0008	1,0	3	2,5	1,2
Televigilancia	$2,7 \times 10^{-5}$	10,0	0,01	1,0	0,01

Trans - Transacción

ampliarse en tales circunstancias, se plantean las siguientes opciones:

- ampliar el equipo analógico
- congelar el equipo analógico e instalar digital para satisfacer a la nueva demanda
- reemplazar el equipo analógico por digital, y atender con éste también la nueva demanda.

No hay reglas generales aplicables a la elección anterior; sin embargo la ampliación de una central analógica tendrá difícil justificación económica, siempre que durante el periodo en estudio tuviera que instalarse una central digital por alcanzar la analógica su capacidad máxima. La decisión de congelar la central analógica en su capacidad actual, o bien de reemplazarla, depende fundamentalmente del coste del equipo digital, de la capacidad instalada, de los costes de operación y mantenimiento y de los costes financieros.

### La evolución hacia RDSI

Es el tercer problema importante en la planificación de redes actual. La transición de la red telefónica analógica a una auténtica RDSI variará según el país<sup>12</sup>. El tipo de servicios no telefónicos, su velocidad de introducción y grado de penetración depende de un gran número de factores. Será esencial conocer si se están dando ya servicios similares por la red telefónica – u otras redes –, y cómo se han introducido.

Se espera que la transición dure de 15 a 20 años, de modo que el equipo que se instale hoy tendrá que cursar servicios no telefónicos dentro de su vida útil. Por ello las soluciones de red que ahora se propongan deben preparar el camino hacia la RDSI.

Es de prever que aumente rápidamente la penetración de servicios no telefónicos (5% del total de abonados telefónicos en 1994 y 40% en el año 2000 son cifras razonables). Los volúmenes de tráfico correspondientes, si bien no deben afectar a la estructura óptima planificada para telefonía, sí que incidirán en el encaminamiento y dimensionamiento de la red. En la tabla 1 se dan los parámetros previsibles de tráfico para servicios no telefónicos.

La introducción de nuevos servicios exigirá en muchos casos nuevos centros que los suministren (videotex, procesadores de texto y de datos) o que los atiendan (correo electrónico y de voz); la localización de estos centros puede crear desequilibrios en el tráfico.

Si la evolución hacia RDSI no se tiene en cuenta a la hora de planificar la red telefónica, puede verse gravemente afectada la prestación de servicios futuros. A corto plazo, al ser pequeño el tráfico de servicios no telefónicos, una elección desafortunada del equipo de conmutación podría conducir a costes prohibitivos para la realización de tales servicios, que desaconsejaran su introducción. En consecuencia, al crecer el tráfico no telefónico, podría resultar imposible proporcionar estos nuevos servicios, objeto de una creciente demanda, y ello podría ser debido a una falta de visión en los planes de encaminamiento en la red. El objetivo de la RDSI sufriría así una seria demora.

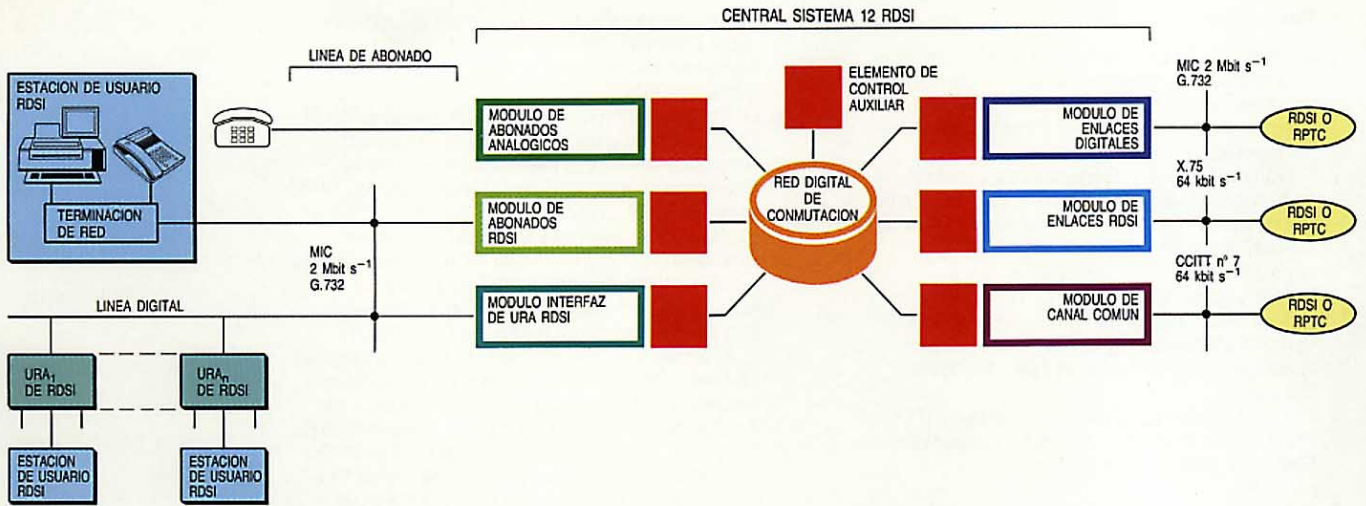
Es esencial elegir un sistema de conmutación que tenga capacidad de procesamiento modular, siendo capaz de incrementos lineales con la demanda sin necesidad de reconfigurar el equipo ni la programación. Las ventajas de la modularidad de procesamiento resaltan todavía más por la probable introducción de fibra óptica en el bucle de abonado, lo cual habrá de ocurrir en los próximos 20 años.

La figura 5 muestra la arquitectura del Sistema 12. Planificar la introducción de servicios no telefónicos se considera de suma importancia en ITT. Prueba de ello es el método analítico para planificación de RDSI<sup>13</sup> el cual se ha probado en redes reales<sup>14, 15</sup>.

### Planificación asistida por ordenador

La complejidad y volumen de las redes de telecomunicaciones actuales hacen impe-





**Figura 5**  
**Arquitectura orientada al futuro de la central digital Sistema 12.**  
**RPTC - red pública telefónica conmutada.**

rativo el uso de herramientas informáticas adecuadas, como las desarrolladas por el Centro de Investigación de Standard Eléctrica, en Madrid. La figura 6 muestra la relación entre los problemas de planificación y las principales herramientas elaboradas para resolverlos:

- WIREDIG determina el número, emplazamiento y zonas de servicio óptimos de las centrales en una red urbana donde coexisten equipos analógicos y digitales.
- PREMAT calcula las futuras matrices de tráfico entre zonas, sobre la base de una predicción de tráficos totales.
- ADJN optimiza el dimensionado de una red de enlaces analógico/digital, a partir de la matriz de tráfico ofrecido, los costes de equipo, las reglas de encaminamiento y el grado de servicio.
- METROPOLITAN resuelve los aspectos físicos de la red de enlaces; considera tanto frecuencia vocal como sistemas MIC por cables, y se está ampliando para incluir la fibra óptica.
- SUBSCRIBER determina el calendario óptimo de ampliación para las secciones

de la red de abonados, tanto de los cables como de la infraestructura<sup>16</sup>.

- RURAL optimiza una red rural con tres niveles de conmutación - centro primario, centrales terminales y URA -, tratando simultáneamente los aspectos de conmutación y los de transmisión<sup>17</sup>.

Se dispone también de programas auxiliares, destinados a la predicción de demanda, cálculo de parámetros de coste, cálculo de costes de una red, y otros fines.

Las herramientas anteriores son específicas en el sentido de que abordan problemas de planificación concretos, pero también son genéricas al poder ser utilizadas con una variedad muy amplia de tipos de equipo, políticas de administración, o estrategias de evolución de la red. Todo el medio externo, incluso las restricciones impuestas por la red existente, se puede especificar fácilmente a los programas de ordenador mediante datos de entrada.

**Conclusiones**

La rápida evolución tecnológica impone grandes cambios en las telecomunicaciones. La idea de redes separadas, cada una para un servicio específico será reemplazada por una RDSI capaz de proporcionar una gran variedad de servicios.

El amplio abanico de opciones disponibles hace necesario el uso de metodologías y herramientas avanzadas para el análisis de la red y el desarrollo de nuevos sistemas. La planificación se hace más sencilla cuando se basa en un sistema de conmutación flexible que ofrezca una extensa gama de aplicaciones y modularidad de ampliación. La distribución de la inteligencia del sistema, aproximándola al abonado, constituye un fundamento sólido para la evolución hacia la RDSI.

**Figura 6**  
**Herramientas informáticas para la planificación de redes, desarrolladas en el Centro de Investigación de Standard Eléctrica.**

URBANO	INTERURBANO	RURAL
WIREDIG	PREMAT      ADJN	ABONADO RURAL
CONFIGURACION BASICA	PROGNOSIS DE TRAFICO	CONFIGURACION BASICA
PREMAT      ADJN	ESTRUCTURA DE RED	RED DE ENLACES
METROPOLITAN	DIMENSIONADO DE ENLACES	PLANTA DE ABONADOS
RED DE ENLACES		MULTISEGREGACION
ABONADO		
PLANTA DE ABONADOS		



## Referencias

- 1 L. Mack y G. Robin: Evaluación económica de la evolución de las redes telefónicas convencionales hacia redes MIC con conmutación y transmisión integradas: *Comunicaciones Eléctricas*, 1977, volumen 52, nº 1, págs. 32-41.
- 2 F. Gómez Alamillo, I. Menéndez de Lurca y C. Tirado Montero: Análisis de la introducción de conmutación digital en la red española: *Comunicaciones Eléctricas*, 1979, volumen 54, nº 3, págs. 257-265.
- 3 F. Alvarez Casas, R. Kelso y C. Tirado Montero: Network Planning for the Introduction of Digital Switching Systems with Distributed Control: *International Switching Symposium 1981*, Montreal, Canada.
- 4 F. Alvarez Casas y F. Casali: Central digital ITT 1240: Planificación de redes y aplicación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 302-314.
- 5 E. Lera y E. A. Smith: Treatment of Some Important Aspects of Data Network Planning: *Ninth International Teletraffic Congress*, Torremolinos, 1979.
- 6 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.
- 7 P. A. Caballero, F. J. de los Rios e I. Puebla: Planning the Structure of Analog/Digital Urban Networks and Optimizing computer Aid: *2nd Middle East Electronic Communications Show and Conference*, Bahrain, 1981.
- 8 M. de Miguel y F. J. de los Rios: Some Aspects of the Dimensioning and Optimization of Digital Networks in Both-Way Circuits: *10th International Teletraffic Congress*, Montreal, Canada, 1983.
- 9 P. A. Caballero y J. M. Silva: Effects of Digitalization of the Optimum Structure of Junction Networks: *10th International Teletraffic Congress*, Montreal, Canada, 1983.
- 10 G. Robin y S. R. Treves: Pragmatic Introduction of Digital Switching and Transmission in Existing Networks: *Institute of Electrical and Electronic Engineers Transactions on Communications*, 1979, volumen COM-27, nº. 7.
- 11 V. Navarro, P. Santana y C. Tirado: Economic Evaluation of Parameters that influence the Configuration of Mixed Analog/Digital Long Distance Networks: *Second International Network Planning Symposium*, Brighton, Reino Unido, 1983.
- 12 L. A. Gimpelson: Introduction of Digital Technology into the Communications Networks of Developing Countries: *5th World Congress of Engineers and Architects*, Tel-Aviv, Israel, 16-21 diciembre 1979.
- 13 E. Lera y F. Casali: Analytical Method for Cross-Sectional Planning of Integrated Services Digital Networks: *Second International Network Planning Symposium*, Brighton, Reino Unido, 1983.
- 14 F. Casali y S. R. Treves: Planning the Addition of Non-Voice Services in a Telephone Developed Area: *Second International Network Planning Symposium*, Brighton, Reino Unido, 1983.
- 15 F. Casali y E. Lera: Pragmatic Planning for the Introduction of Non-Voice Services in Existing Analog/Digital Networks: *Fourth World Telecommunication Forum*, Ginebra, 1983.
- 16 F. J. de los Rios, P. A. Caballero y J. M. Silva: A New Method for the Optimization of Outside Plant Provisioning Based on Branch and Bound Techniques: *Colloque International sur la Planification des Réseaux de Télécommunications*, Paris, 1980.
- 17 F. J. de los Rios y C. Mayoral: Optimizing the Basic Structure of Digital Telephone Networks in Rural Areas: *Second International Network Planning Symposium*, Brighton, Reino Unido, 1983.



# Sistema 12

## Centrales en contenedor

Es frecuente no poder conseguir un local convencional para instalar una central, debido a restricciones en las edificaciones o a la necesidad de ponerla en servicio muy rápidamente. La central en contenedor del Sistema 12 soluciona estos problemas, permitiendo instalar y poner en funcionamiento en pocos días una central autónoma y no atendida.

**D. Ardizzone**

**L. Peli**

Industrie FACE Standard SpA, Milán,  
Italia

### Introducción

Generalmente, el equipo de conmutación telefónica se aloja en un edificio especializado, en el que cada tipo de equipo dispone de una habitación separada. Suelen, pues, existir distintas salas para el repartidor principal, planta de energía, equipo generador, baterías, equipo de conmutación y equipo de transmisión, además de habitaciones para oficinas.

Está claro que se necesita un tiempo considerable para edificar tal central desde sus cimientos, así como para la instalación, prueba y puesta en servicio del equipo de conmutación telefónica. A veces, esto es inaceptable o no hay espacio suficiente para construir una central telefónica completa.

En casos como los siguientes habrá que buscar otra solución:

- Hay sólo unos 50 m<sup>2</sup> disponibles para el equipo de conmutación y planta asociada.
- Es difícil conseguir de las autoridades locales el permiso de edificación.
- En una localidad remota se requiere una pequeña central no atendida, en cuyo caso no está justificado el coste de un edificio de central tradicional.
- Se necesita una central sólo de modo temporal, por ejemplo, durante grandes exposiciones o para poder realizar modificaciones importantes en la central principal. En tales casos, la referida central debe entrar en servicio muy rápidamente, y hay que reducir al mínimo la necesidad de transformadores de tensiones medias, salas de energía, etc.
- En casos de emergencia, tales como grandes inundaciones o un fuerte terre-

moto, una central provisional puede facilitar considerablemente los trabajos de rescate y las subsiguientes operaciones de socorro. Es evidente que en esas circunstancias la central deberá ponerse en servicio con gran rapidez.

Necesidades tan variadas pueden ahora atenderse mediante una solución única: la central Sistema 12 en contenedor. Además del equipo de conmutación, esta central incluye la planta de energía, las baterías, los dispositivos de control ambiental y el repartidor principal. Por consiguiente, la instalación se reduce al transporte de la central al lugar de emplazamiento, y a conectarla a la alimentación local y a la red telefónica, tras de lo cual queda en pleno servicio.

### Contenedor Sistema 12

La central Sistema 12 en contenedor alberga en un recinto metálico transportable de 6 m de largo todo el equipo necesario para servir 2000 líneas de abonado. Se ha entregado ya una central prototipo a la Administración telefónica italiana SIP, y cursa con éxito tráfico activo para 1000 líneas.

La construcción del contenedor ha venido condicionada en gran medida por los requisitos particulares de SIP, pero su disposición se adapta a otras aplicaciones. Es capaz de alojar una central digital Sistema 12, autónoma, de 2000 líneas, y cumple los requisitos de la correspondiente norma ISO 668, tamaño 1 CC (es decir, 6 m de largo y 2,49 m de ancho). A petición de SIP, se ha aumentado la altura desde los 2,6 m especificados por ISO hasta 3,25 m, lo que hace posible acomodar algunos equipos provistos o designados por el cliente



(bastidores de tipo "columna" V-SEP\*, repartidores principales). Dado que ningún elemento del equipo del Sistema 12 supera los 2,6 m especificados por ISO, si en cualquier momento SIP dejara de exigir esa mayor altura, podría instalarse la central de 2000 líneas en un contenedor ISO estándar sin modificación. La central ofrecería entonces total compatibilidad de manejo y transporte con los contenedores de carga ISO.

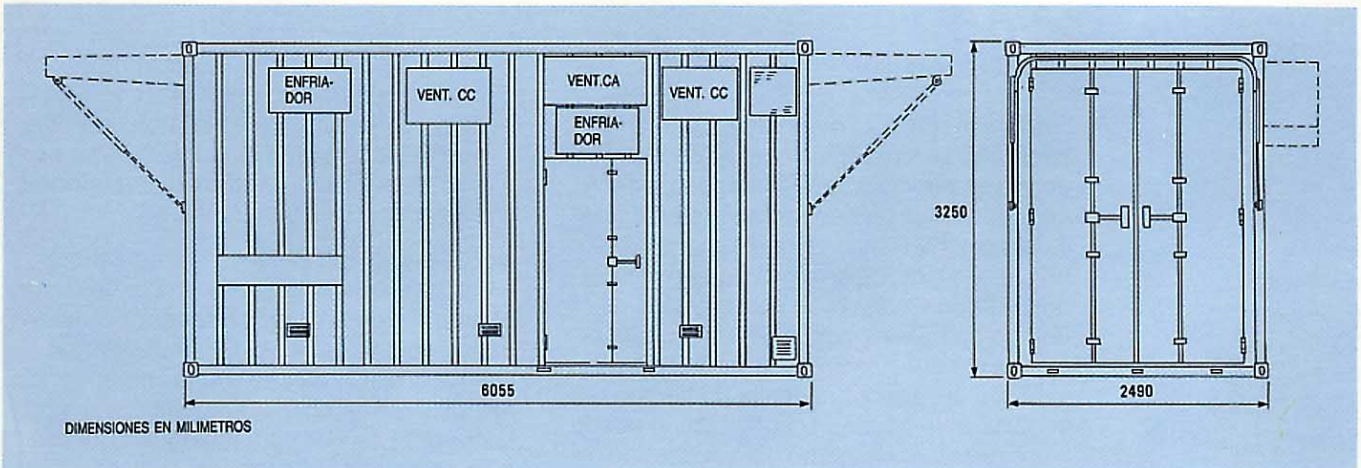
Las paredes exteriores del contenedor son de sólida construcción en acero. Las paredes interiores se han rociado con espuma de poliuretano para obtener un buen aislamiento térmico. Después de secada la espuma, se mecaniza plana y se le adhieren hojas de melamina para formar

personal que hace puentes de conexión no puede entrar en las áreas de conmutación y hacer cambios no autorizados).

Los dos compartimientos extremos del contenedor alojan las baterías y el repartidor principal. Todo el equipo de conmutación del Sistema 12 se alberga en el compartimiento central, juntamente con la planta de energía y los equipos asociados: los de transmisión y auxiliares.

### Tipo de central en contenedor

La red telefónica italiana en la que van a utilizarse las centrales Sistema 12 en conte-



las paredes internas. Las paredes exteriores se protegen con un tratamiento de fosfato, seguido por la aplicación y curado de una capa de imprimación y dos capas de pintura acrílica blanca, que ayudan a reflejar el calor y contribuyen significativamente al control térmico y energético global.

El suelo interior es de tela vinílica, salvo en el compartimiento de las baterías donde se utiliza acero inoxidable para evitar los daños por salpicaduras de ácido. En el suelo, paredes y techo se disponen raíles en forma de omega para permitir una fijación fácil y versátil de todo el equipo.

El volumen interno útil del contenedor se divide en tres compartimientos independientes, todos accesibles desde el exterior y cerrados por candados con llaves diferentes. Esto asegura que el personal de mantenimiento no tenga acceso al equipo que no sea de su especialidad (por ejemplo, el

nedor, se compone de líneas de abonado analógicas y enlaces digitales de 2 Mbit s<sup>-1</sup>. Por tanto, la central en contenedor diseñada para esta red es una central autónoma con 1920 líneas de abonado analógicas y 180 enlaces digitales, dimensionada para cursar un tráfico de 0,15 erlang por abonado y 0,8 erlang por enlace. Todas las facilidades, servicios y opciones ofrecidas por una central alojada en un edificio convencional, se ofrecen también en la versión de contenedor, la cual por tanto comprende módulos de terminación de línea, módulos de enlace digital, módulos de circuitos de servicio, red digital de conmutación y módulos de mantenimiento y periféricos. La memoria de masas está en discos rígidos y unidades de cinta magnética que pueden situarse opcionalmente en un centro remoto de la Administración, unido mediante módem y enlace de datos a la central en contenedor. Los dispositivos de comunicación hombre-máquina (pantalla e impresora) no forman parte de la central de contenedor, donde se utilizarían raras veces. Existen dos mesas plegables

**Figura 1**  
Dimensiones del contenedor Sistema 12. La longitud y anchura cumplen las normas ISO, pero se ha aumentado su altura a petición de SIP.

\* Marca registrada del Sistema ITT



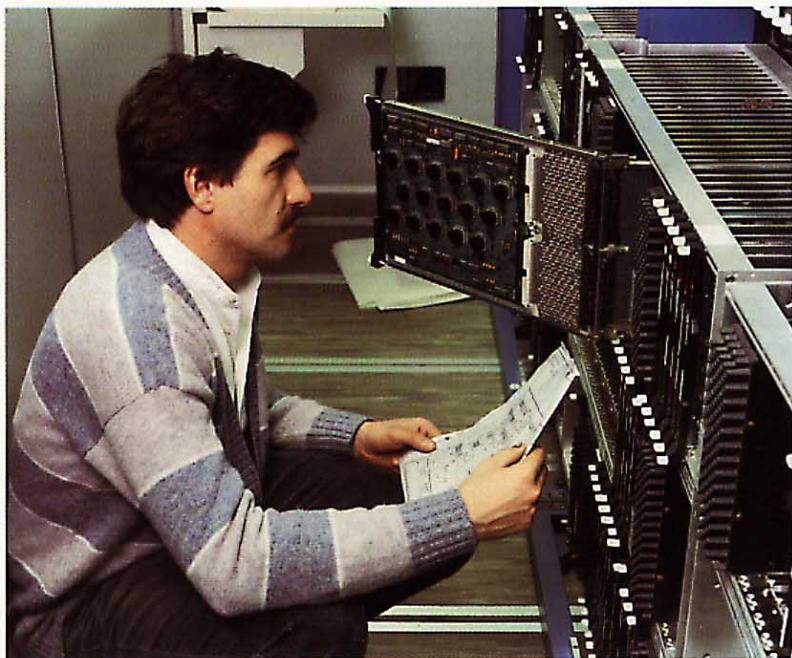
para apoyar las unidades portátiles que puedan enchufarse en los zócalos previstos al efecto.

El equipo del Sistema 12 situado en el compartimiento central, se dispone en dos filas adosadas por su espalda (Fig. 2). Una de ellas es fija y lleva el grueso de los cables que vienen del repartidor principal y discurren sobre una rejilla de cables elevada; cuando está totalmente equipada, se compone de cuatro bastidores de línea. En la versión suministrada a SIP, que actualmente sólo tiene 1000 líneas y 90 enlaces digitales, la fila fija consta de dos bastidores de línea y uno de memoria de masas (dos unidades de cinta magnética y dos discos rígidos). El bastidor de memoria de masas utiliza exactamente la misma práctica de equipo que los demás bastidores del Sistema 12.

La segunda fila comprende tres bastidores que alojan los enlaces, la red digital de conmutación y los módulos de mantenimiento y periféricos. Esta fila está suspendida de una viga de hierro elevada por medio de un sistema de cojinetes con rodillos deslizantes. Puede, pues, moverse fácilmente a mano, creando un pasillo de anchura suficiente para poder realizar el mantenimiento tanto por la parte frontal de los bastidores como por la trasera, sin ningún entorpecimiento (espacio útil de trabajo nunca inferior a 0,6 m). Todos los equipos de bastidores están contruidos con la práctica de equipo estándar del Sistema 12.

### Planta de energía y baterías

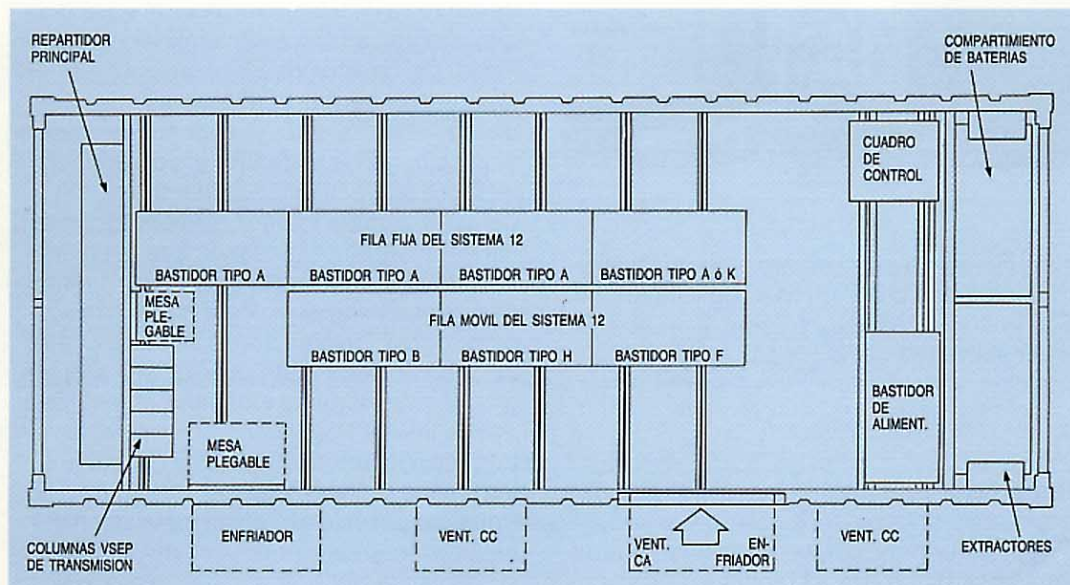
La planta de energía equipada en el contenedor está, como el resto del sistema,



**Mantenimiento de la central Sistema 12 en contenedor, facilitado por amplios pasillos que permiten cómodo acceso al equipo.**

alojada en un bastidor estándar del Sistema 12. Se divide en dos partes: una parte que contiene seis (el equipo admite hasta nueve) rectificadores de conmutación auto-controlados de 20 kHz, con potencia de salida nominal de 2 kW cada uno, mientras que la otra distribuye el suministro de red a los rectificadores, recoge sus salidas y reparte la corriente continua a las baterías y al equipo, pudiendo asimismo conectar el equipo a un generador de CC de emergencia externo.

Los rectificadores pueden enchufarse o desenchufarse fácilmente del equipo por su cara anterior, permitiendo sustituir rápidamente una unidad averiada que luego se



**Figura 2**  
**Planta de una central Sistema 12 en contenedor desarrollada para SIP.**



repare en un centro de mantenimiento. Los rectificadores se conectan a las baterías y al equipo del Sistema 12 en flotación completa.

La parte de distribución de energía de la fila se equipa con todos los fusibles, aparatos de medida y disyuntores necesarios para realizar sus funciones. En esta sección, todos los trabajos de reparación y mantenimiento se realizan por la cara anterior, no necesitando acceder a la parte posterior de la planta de energía. Una ventaja importante de esta solución modular a base de rectificadores autocontrolados independientes, es que la redundancia, normalmente provista en plantas de telecomunicación, se reduce a uno (o más) rectificadores extra, en lugar de duplicar la planta de energía entera.

En el compartimiento de baterías, hay un andamiaje de acero donde se colocan hasta tres baterías de 48 V, 1000 AH, que garanti-

Planta de energía modular integrada en un bastidor del Sistema 12.



zan 25 horas de funcionamiento de la central entregada a SIP en caso de fallo de red. Dos ventiladores empotrados y a prueba de explosión airean el compartimiento de baterías.

### Repartidor principal

El repartidor principal, de tipo mural, puede equiparse con hasta 33 regletas de protec-

tores de 100 pares y 32 regletas de línea de 60 pares (para un contenedor de 1920 líneas). Los cables de la planta exterior procedentes de los aparatos de abonado se conectan a las regletas de protectores, donde los descargadores de rayos y sobrecorrientes evitan que el equipo electrónico sea dañado por perturbaciones externas. Los cables que vienen de los circuitos de línea del Sistema 12 se terminan en las regletas de línea ( un módulo de línea por regleta). Un par puenteado entre una regleta protectora y una regleta de línea conecta luego cualquier abonado al circuito de línea correspondiente. Se dispone de posiciones de equipo para otras regletas que hayan de atender necesidades específicas del usuario.

El compartimiento del repartidor principal está equipado también con un teléfono de prueba, mediante el cual el personal que hace las conexiones de puentes puede probar todo el puenteado y la red de planta exterior sin entrar en el compartimiento de conmutación. El repartidor fue especificado por SIP; sin embargo, cualquier otro repartidor mural puede instalarse de la misma manera.

### Control ambiental del interior

Es importante controlar las condiciones ambientales en el interior del contenedor para un correcto funcionamiento del equipo. El sistema de control ambiental tiene por objeto garantizar no sólo unas condiciones de trabajo confortables para el personal de mantenimiento, sino también que la temperatura y humedad en el interior del contenedor se mantengan dentro de los amplios límites operativos del equipo del Sistema 12, por extremo que sea el clima en el exterior. Dado que el actual contenedor fue destinado a instalarse en Italia, el equipo de aire acondicionado se diseñó para proporcionar las condiciones funcionales requeridas con temperaturas exteriores que varíen desde  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ . El concepto básico es insuflar aire exterior en el contenedor, siempre que sea lo suficientemente frío para refrigerar el interior, y hacer funcionar los enfriadores sólo cuando sea necesario. Este método ahorra energía y mejora la fiabilidad, reduciendo el ciclo de trabajo de los enfriadores. De aquí que todas las unidades de acondicionamiento pueden ser simples bloques de ventana, independientes, fácilmente instalables por inserción en sus correspondientes aberturas y conexión a los cables procedentes del cuadro de control. Esto permite su rápida instalación y sustitución en el campo, sin afectar al funcionamiento del sistema. Las unidades





**Instalación de un contenedor del Sistema 12. La única preparación necesaria es la construcción de una base de hormigón o, como se muestra aquí, cuatro pilares.**

averiadas pueden llevarse a reparar a un centro de mantenimiento bien equipado.

Hay un ventilador de CA que absorbe el aire exterior a través de filtros y lo insufla al contenedor con una ligera presión positiva, ayudando así a evitar que entre aire por cualquier abertura. Cuando el aire exterior está demasiado caliente para que el enfriamiento sea eficaz, el sistema conmuta a un acondicionador de aire montado en la ventana. En caso de fallo de la red, dos ventiladores de CC pueden todavía cambiar el aire interior 50 veces por hora.

Todas las unidades están duplicadas, salvo el ventilador de CA que tiene como reserva los insufladores de CC. Un conjunto de termostatos y conmutadores de presión controla el funcionamiento del sistema acondicionador de aire y asegura que trabaja correctamente. Si falla una unidad,

la de reserva asume su función y se genera una alarma.

### **Transporte e instalación**

La ventaja clave de una central en contenedor es que casi todo el trabajo de fabricación e instalación puede completarse en la fábrica, minimizando, por tanto, el trabajo y tiempo necesarios para poner en servicio la central "in situ". Esto tiene ventajas económicas, y es particularmente útil cuando hay que instalar y poner en servicio la central en un tiempo muy corto (p. ej., durante las operaciones de socorro en una emergencia). El contenedor se ensambla, cablea y prueba totalmente en la fábrica, y luego se prepara para su envío. La fila móvil se sujeta, y la planta de aire acondicionado se desmonta, se embala y se expide por separado. Las aberturas dejadas en las paredes se tapan con cubiertas impermeables.

Cuando llega a su destino, la central puede ponerse en servicio en un tiempo muy breve. La preparación del emplazamiento puede reducirse a proporcionar una plataforma de hormigón o solamente cuatro pilares. No se necesita más que un cable de energía para poner en funcionamiento la central: se enchufan y conectan los refrigeradores de aire, las baterías se colocan en el andamiaje, se interconectan y rellenan con electrolito, y finalmente se pone en funcionamiento la central.

Tras unas cortas pruebas para asegurar que no han ocurrido averías durante el transporte, la central queda disponible para conectarse a los cables de la planta exterior y realizar los puentes. Es ya una central independiente, no atendida y autónoma.

### **Conclusiones**

La central digital Sistema 12 en contenedor ofrece una solución singular a muchos problemas: la provisión de una central limitada a un corto periodo, la introducción rápida de una central, falta de espacio para el edificio y restricciones económicas. Incluso es posible tener centrales móviles que ofrezcan la gama completa de características del Sistema 12. La central en contenedor desarrollada en Italia para SIP ha demostrado todas las ventajas que aporta esta solución.



# Sistema 12

## Aplicaciones a radio móvil celular

Mediante redes de radio celular basadas en el Sistema 12 podrán conectarse grandes cantidades de abonados móviles a la red telefónica existente. Están proyectados dos nuevos sistemas: una red belga que aplica el sistema nórdico y una red totalmente digital franco-alemana.

### **G. Adams**

Bell Telephone Manufacturing Company,  
Amberes, Bélgica

### **M. Böhm**

### **K.-D. Eckert**

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,  
República Federal de Alemania

### **Introducción**

Los teléfonos móviles se están convirtiendo rápidamente en un mercado de masas. Existen ya sistemas que funcionan satisfactoriamente con transmisión por radio en la banda de 450 MHz desde una red de estaciones base. Las nuevas frecuencias asignadas a la banda de 860 a 960 MHz brindan ahora un nuevo campo de aplicación para los sistemas de radio móvil celular.

El Sistema 12 es sumamente apto para constituir centros de conmutación que conecten la red telefónica de radio móvil a la RPTC (red pública telefónica conmutada) existente. El equipo del Sistema 12 puede también aportar la inteligencia de control necesaria en cada una de las estaciones base de radio.

Este artículo expone la aplicación del Sistema 12 al nuevo sistema telefónico belga basado en el método nórdico de 450 MHz de acceso múltiple por división de frecuencia (AMDF), con transmisión analógica de voz, así como a la nueva propuesta franco-alemana CD 900, en la cual se utiliza transmisión digital de voz y datos por AMDT (acceso múltiple por división en el tiempo). En ambos casos, la arquitectura y tecnología del Sistema 12 satisface los diferentes requisitos de cada país, cubriendo con facilidad las exigencias propias de la radio móvil merced a su modernidad tecnológica y a una programación modular concebida para el procesamiento descentralizado. De hecho las cualidades del Sistema 12, junto con las de la transmisión de radio AMDT, han sido determinantes en la decisión alemana de conseguir un sistema telefónico móvil a 900 MHz totalmente digital.

### **Propiedades del sistema celular básico**

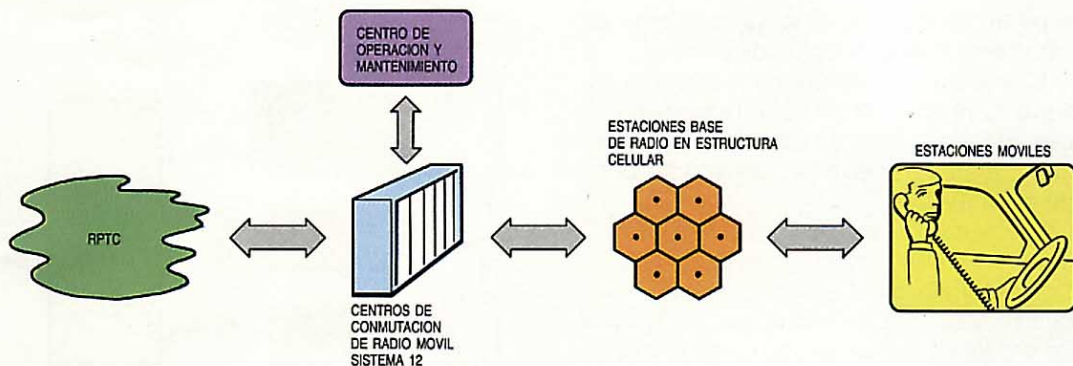
Una red de radio celular consta de uno o más centros de control, basados en una central telefónica, que por un lado se conectan a la RPTC y por el otro a las estaciones de radio repartidas por la zona a cubrir. Cada estación de radio proporciona tantos canales como sean necesarios para el tráfico previsto. Sus áreas de servicio se solapan entre sí, de forma que pueda conmutarse un abonado móvil de una estación a otra sin interrupción del servicio. El sistema de radio celular registra el área donde se encuentra cada abonado móvil, para poder dar servicios completos al abonado en todo momento. Los sistemas existentes de radio celular difieren unos de otros en los siguientes aspectos:

- el límite máximo de crecimiento del sistema
- la estructura de la red entre centros de control y estaciones base, y la integración de esta red dentro de la red pública telefónica
- la distribución de la "inteligencia" entre el centro de conmutación, la estación base, y el equipo de abonado móvil
- la frecuencia de transmisión, técnica de modulación, y protocolo de señalización en el trayecto de radio
- los servicios ofrecidos al abonado.

Como indica la figura 1, ambos sistemas de radio móvil celular analógico y digital tienen una misma estructura, cuyos elementos fundamentales son la unidad de abonado, la estación base, y el centro de conmutación. Las líneas de transmisión que enlazan las



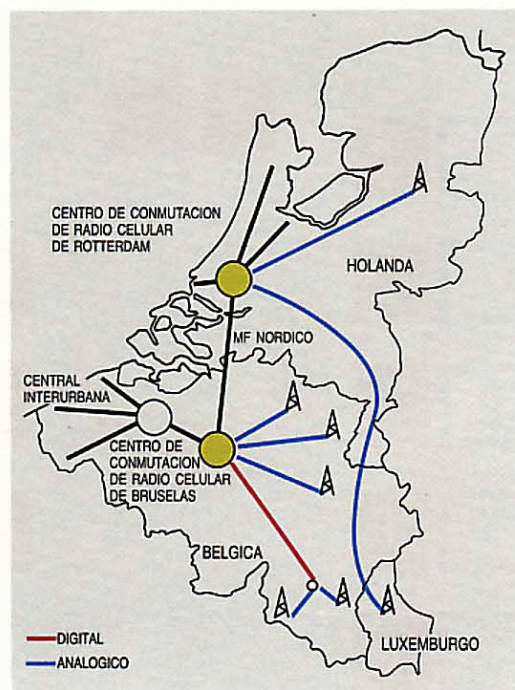
**Figura 1**  
Estructura básica de un sistema de radio celular móvil.  
RPTC - red pública telefónica conmutada.



estaciones base y las centrales pertenecen al sistema, pero a menudo están ya instaladas y las facilitan las administraciones locales.

### Aplicación del Sistema 12 al sistema de radio celular nórdico

El sistema nórdico fue creado en y para Escandinavia, en cuyos cuatro países funciona desde 1980. Cuando fue adoptado por las administraciones de Bélgica, Holanda y Luxemburgo, se tomó la decisión de desarrollar un centro de conmutación de radio celular basado en el Sistema 12, el cual será enteramente digital, incluyendo los módems de 1200 baudios (Fig. 2). El sistema funciona a 450 MHz, suministrando 222 canales que emplean modulación de frecuencia en banda estrecha. Además se ha definido una versión de 900 MHz con 1000 canales.



**Figura 2**  
Sistema nórdico de radio celular móvil para Bélgica, Holanda y Luxemburgo, con centros de conmutación Sistema 12.

El sistema básico tiene un canal de llamada para cada estación base y un conjunto de canales de tráfico. Las estaciones móviles libres exploran en busca de un canal de llamada y se enganchan automáticamente a él. Cuando se quiere llamar a un determinado abonado móvil, se envía una señal por todos los canales de llamada en el área de tráfico donde debe encontrarse ese abonado. El aparato de éste acusa recibo de la llamada por la dirección de retorno, tras de lo cual la central telefónica correspondiente ordena la conmutación a un canal de tráfico libre de la misma estación base. La comunicación del mensaje se reanuda por ese canal y comienza el envío de señal de llamada, con la cadencia impuesta por la central. Cuando descuelga el abonado llamado, un intercambio final de mensajes establece el trayecto de la voz.

Después de confirmar la conexión y enviar una secuencia de identificación solicitada por el centro de conmutación, tiene lugar la señalización de información por el canal de tráfico correspondiente. Tan pronto como la llamada llega al estado de conversación, un circuito de supervisión en la estación base mide el ruido de la señal, y en esa misma estación se añade un tono de 4 kHz a la conversación en la dirección saliente. La estación móvil extrae ese tono de la conversación, y lo devuelve para que pueda medirse la relación señal-ruido. En cuanto esta relación, medida en la estación base, caiga por debajo de un límite pre-seleccionado, dicha estación solicitará al centro de conmutación nuevas acciones necesarias para el tratamiento de la llamada.

Además, en la estación base se comprueba el nivel de intensidad de la señal, utilizando un receptor que puede sintonizarse a cada uno de los canales utilizados por los transmisores móviles. Cuando dicho nivel es inferior a un cierto límite, se ordena que lo midan a las seis estaciones base más próximas. Los datos resultantes permiten a la central seleccionar las acciones adecuadas, tales como incremento de



la potencia, conmutación a una nueva estación base, o desconexión de llamada.

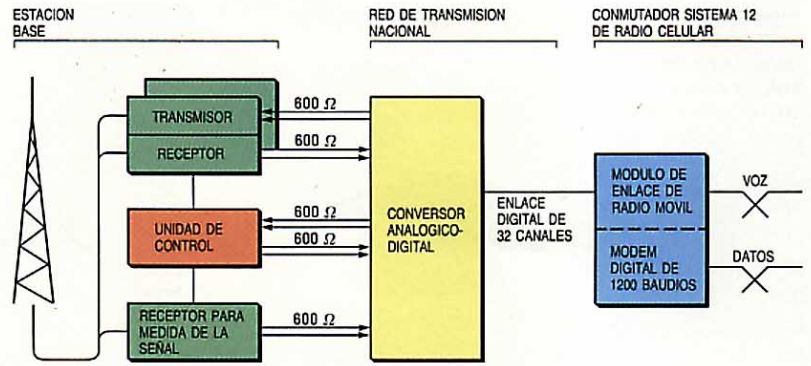
Cuando una estación móvil sale de una zona de radio estando libre, realiza una llamada automática de actualización para informar de su nueva localización al centro de conmutación.

Los servicios que maneja la estación móvil son: numeración abreviada, repetición automática del número, y restricción de llamadas. Los servicios que sustenta el centro de conmutación, tal como especifica el sistema nórdico, son: procedimientos normales de control de abonado, aparatos de previo pago móviles (para uso en transportes públicos), y abonados móviles prioritarios. A ellos pueden añadirse los servicios de abonado genéricos del Sistema 12 para atender necesidades de una Administración. La señalización entre la unidad móvil y la central, y entre la estación base y la central, se basa en un módem de 1200 baudios, que utiliza tonos de 1200 y 1800 Hz para representar los respectivos códigos 0 y 1.

La red de control está constituida por una cobertura de centros de conmutación de radio celular, integrados en la red telefónica e interconectados mediante señalización R2 de código multifrecuencia (MF) para intercambiar información de abonado.

**Aplicación del Sistema 12**

El entorno del centro de conmutación Sistema 12 de radio celular es enteramente digital. En la estación base se equipa un convertor analógico-digital estándar (Fig. 3), así como un receptor para medida de la intensidad de la señal y un canal asignado para señalización a 1200 baudios que se utiliza para controlar el equipo de radio.

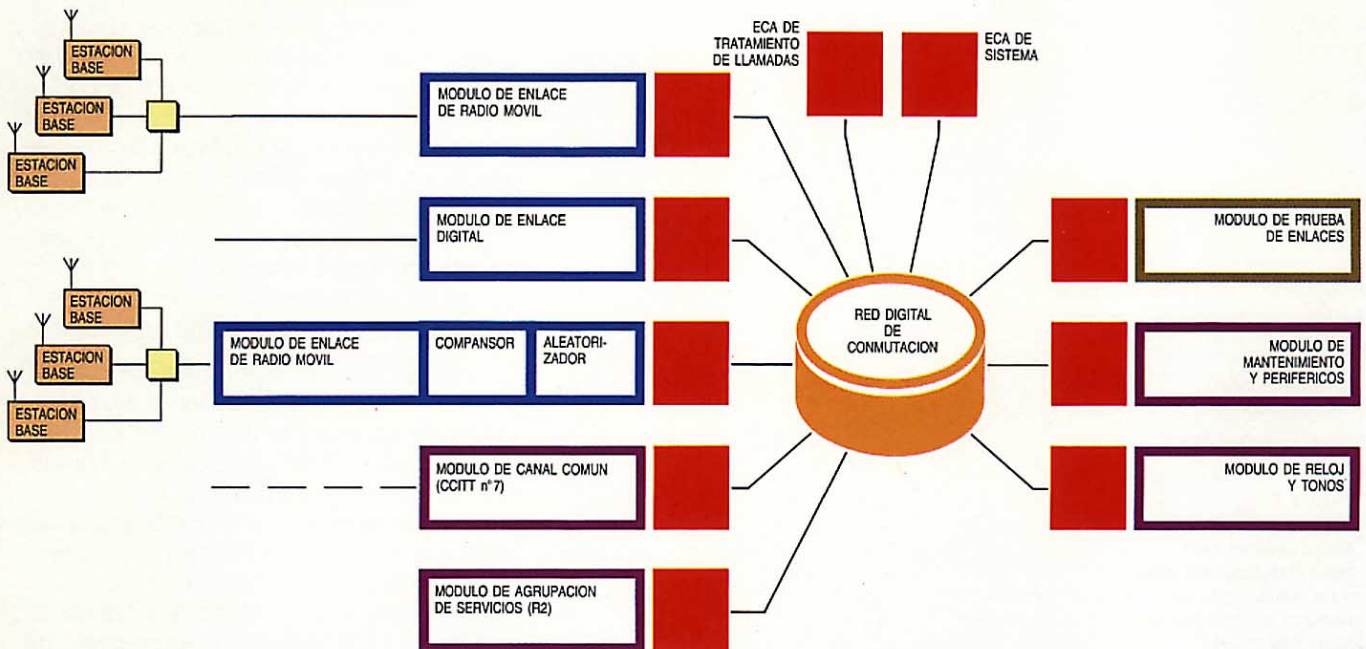


**Figura 3**  
Interfaz entre la central telefónica Sistema 12 para radio móvil celular y las estaciones base a través de un convertor analógico-digital.

El enlace digital entre el centro de conmutación y el punto de conversión es un circuito estándar, que en el primero (Fig. 4) está terminado por un circuito de enlace digital normal de 32 canales, extendido con un par a través de módem digital para señalización a 1200 baudios con las estaciones base y las móviles (un módem digital es equivalente a 30 módems analógicos). Este módulo dispone de potencia de procesamiento de entrada adicional para manejar el protocolo de primer nivel y la corrección de error de los mensajes de 1200 baudios; estos últimos llegan al ECT en un formato de uso inmediato: tramas de señalización puras (sin información redundante) definidas en el sistema nórdico.

El ECT convierte los referidos mensajes en mensajes estándar del Sistema 12, y a la inversa. Un módulo de programación nuevo contiene todas las funciones añadidas al sistema. Se modifica, además, el tratamiento de la llamada para atender la señalización específica que se requiere entre el abonado móvil y el centro de conmutación.

**Figura 4**  
Diagrama del centro de conmutación Sistema 12 para radio celular, mostrando los nuevos módulos terminales.



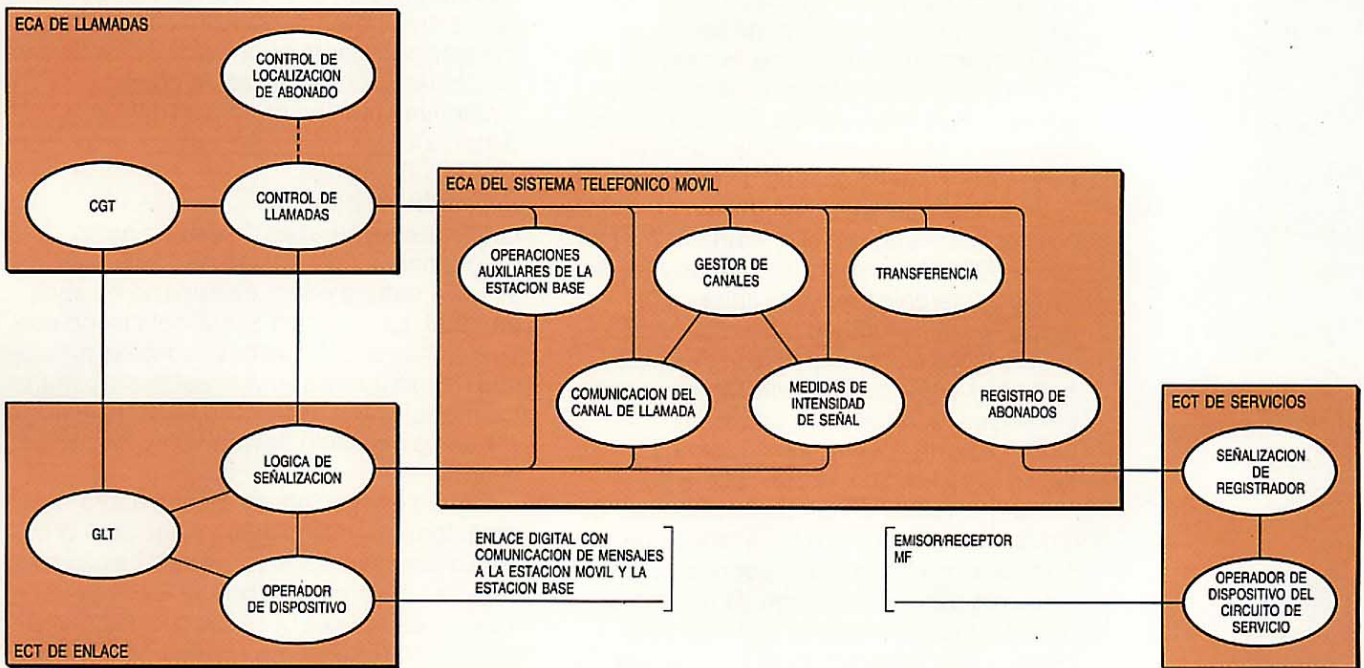


El módulo de enlace es capaz de conectar 30 canales, que pueden ser de llamada, de tráfico y de información, pertenecientes a una o más estaciones base. La asignación real se controla mediante programa.

Se necesitan programas del Sistema 12 para dos módulos nuevos: el módulo de enlace de radio móvil que atiende los enlaces equipados con módems, y la función del sistema telefónico móvil. Asimismo, se han adaptado los ECA y el módulo de circuitos de servicio para atender los formatos especiales de llamadas necesarios (Fig. 5).

de tarificación son funciones genéricas del Sistema 12. En el ECA de llamadas también se utilizan módulos estándar Sistema 12.

Se han adaptado las funciones de control de llamadas para admitir los procesos típicos de la radio celular, como el tratamiento de las nuevas señales de línea y registrador. En contraste con las centrales locales ordinarias, los datos de abonado relativos a las categorías de las líneas de origen no se pueden distribuir por el sistema. Por esta razón se introduce una conexión a un registro centralizado de abonados, la cual se



El ECT de enlaces incorpora un operador de dispositivo, la lógica de señalización, y un generador local de tarificación.

La lógica de señalización se relaciona con los circuitos mediante mensajes puros del sistema nórdico cursados por el bus de agrupación de alta velocidad, o bien directamente hacia y desde la memoria. También se tratan así los bits de señalización asociados al canal.

El interfaz entre lógica de señalización y tratamiento de llamada concuerda con el interfaz genérico del Sistema 12 entre uno y otro grupo de funciones. No hay control de señalización en el ECA de llamadas; esa función está incluida en la lógica de señalización. Se ha creado un nuevo interfaz entre la señalización y las funciones del sistema telefónico móvil a fin de poder tratar los mensajes no relacionados con llamadas, tales como el control de encendido/apagado del transmisor, prueba, y medida. El operador de dispositivo y el generador local

multipla a un cierto número de elementos de control (un par por cada N miles de abonados). Se incluye un nuevo tipo de control de llamada para la transferencia de las llamadas desde una estación base a otra, cuya realización se asemeja algo a la de una llamada en conferencia tripartita.

El control de llamada para actualizar la posición del abonado itinerante se combina con el control del abonado, puesto que se necesitan ambos para modificar los datos semipermanentes del mismo. En una llamada controlada por el abonado, los datos modificados se refieren a sus propias características; en una llamada de localización de abonado itinerante, los datos afectan a la posición del abonado.

En el ECA de sistema para radio celular se agrupan las funciones siguientes:

- Registro de abonado, conteniendo todos los datos semipermanentes importantes relativos al abonado.

**Figura 5**  
**Organización de la programación del sistema de radio celular.**

**CGT** - control de generación de tarificación  
**GLT** - generador local de tarificación  
**MF** - código multi-frecuencia.



- Gestor de canales, que asigna canales de radio según las aplicaciones.
- Operaciones auxiliares de la estación base para atender a las funciones operativas y de conservación relacionadas con el equipo externo.
- Función de comunicación de canal de llamada, que maneja la señalización asociada a la llamada al asignarle un canal de tráfico y transferir a él dicha llamada.
- Medición de la intensidad de la señal, mediante la cual el receptor medidor evalúa dicha señal.

La tarificación y otras ayudas al tratamiento de la llamada no sufren modificación.

El desarrollo de una llamada en teléfonos móviles difiere del normal en el mensaje adicional que interconecta con las nuevas funciones del sistema, y en las señales específicas que no existen en sistemas ordinarios de señalización telefónica. Estos nuevos mensajes circulan entre las funciones de ECA de control de llamadas y las del sistema telefónico móvil, y entre estas funciones y los módulos de señalización.

Para la aplicación del enlace de datos entre dos centros de conmutación de radio celular, se ha introducido un módulo MF-R2 modificado de acuerdo con la especificación del sistema nórdico, el cual difiere del módulo estándar en el uso de paquetes de dígitos, a menudo no relacionados con la llamada sino transmitidos por una conexión existente para señalización de registrador que atiende las llamadas entre los dos centros de conmutación. Al final de una señalización normal de información, el equipo no se libera sino que se utiliza para intercambiar información de abonados relativa a los "residentes" o "itinerantes". Cuando no haya tráfico disponible para transportar este tipo de información, se pueden generar falsas llamadas.

El primer ejemplo de esta aplicación radiocelular del Sistema 12 en versión nórdica será en Bélgica, comprendiendo 45 estaciones base y 5.000 abonados móviles; está prevista su ampliación hasta 245 estaciones y 50.000 abonados móviles.

La dimensión máxima de un centro de conmutación Sistema 12 para radio celular no está limitada por su estructura sino por el coste de la red de cables. Sobre pasado este límite, se necesitará un segundo centro de conmutación. Es posible conectar estaciones base de las dos redes de 450 y 900 MHz al mismo centro de conmutación. También es posible asociar el centro de conmutación radiocelular Sistema 12 con módulos que atiendan otras aplicaciones (local, interurbano, tándem, y posición digital de operadora); el tratamiento de la

llamada en el Sistema 12 garantiza que puedan interfuncionar muy diversos terminales de operadora, línea y enlace.

Las funciones de mantenimiento aportadas por el centro de conmutación Sistema 12, se proponen en primer lugar conservar el sistema de conmutación. Se realizan dos tipos de tareas a petición de operadora, útiles para la Administración: unas consisten en el tratamiento de todos los datos relativos al abonado, y las otras en el manejo de todos los datos semipermanentes que se refieren a las estaciones base y enlaces digitales asociados.

Se han añadido varios contadores que dan información sobre localización de abonados, transferencia de llamadas, y otros eventos peculiares de la radio celular. Todas las demás características de operación y mantenimiento son genéricas del Sistema 12.

### *Situación del proyecto*

Las primeras pruebas de campo están programadas para agosto de 1985, y el sistema deberá entrar en servicio en abril de 1986. La situación actual del diseño es que se han codificado casi todas las funciones de programación y se están probando los módulos. Asimismo, se ha completado el diseño detallado del módem y las placas de enlace.

Dentro de muy pocos meses habrá modelos y montajes disponibles para prueba. La administración telefónica belga utilizará simuladores para probar fuera de servicio las estaciones base, los cuales generarán y decodificarán mensajes a 1200 baudios, como establece el sistema nórdico. Los simuladores permitirán construir la red de radio sin necesidad de que el centro de conmutación esté permanentemente en antena. Inicialmente, para probar dicho centro en fábrica se utilizará una función de puesta en bucle, unida a un elemento de soporte lógico que sea capaz de simular algunos patrones típicos de señalización tratados por la estación base.

### **Aplicación del Sistema 12 al sistema digital de radio móvil celular CD 900**

Las especificaciones alemanas S900 para una nueva radio móvil celular están concebidas para una red de más de un millón de abonados que se inauguraría en 1987 en la RFA. Un acuerdo reciente entre los gobiernos francés y alemán cubre la instalación en 1988 de un sistema digital de radio móvil conjunto franco-alemán. El consorcio CD900 entre ambos países, encabezado por SEL, ha presentado una sólida oferta de tal sistema.

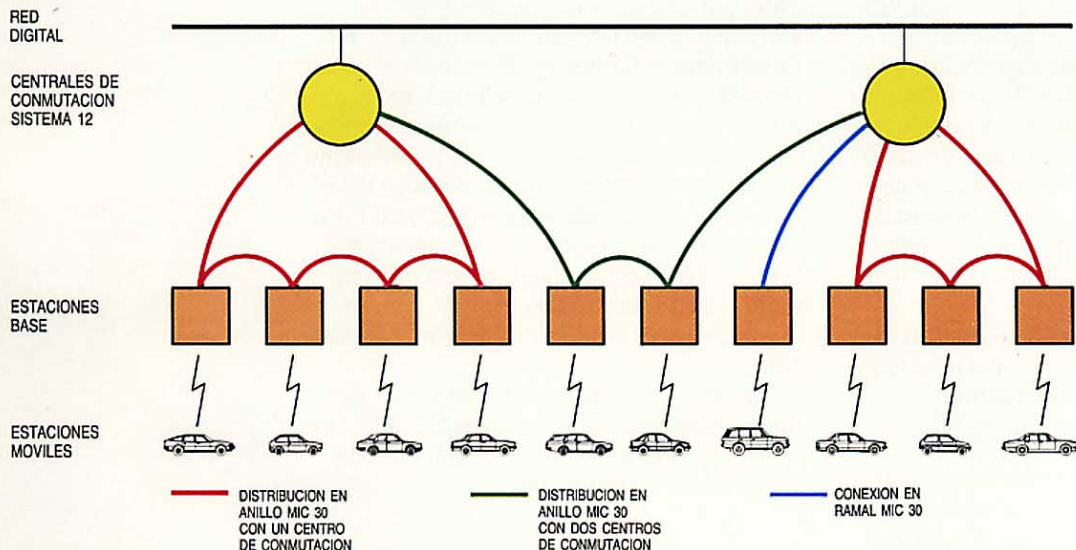


### La red CD900

Esta red prevé de 500 a 700 células y estaciones base en la República Federal de Alemania. Cada célula proporciona 60 canales de conversación y tres de control, de  $16 \text{ kbit s}^{-1}$  cada uno. La célula es pequeña para tráfico denso, y grande para tráfico bajo. Suelen conectarse 30 estaciones base a un centro de conmutación Sistema 12 de radio celular, mediante una conexión MIC 30 a  $2 \text{ Mbit s}^{-1}$  con multisegregación. El CD 900 es un sistema AMDT (acceso múltiple por división de tiempo) que ofrece atractivas ventajas económicas y funcionales sobre los existentes sistemas analógicos para altas capacidades de abonados.

- Frecuencia portadora fija para todos los abonados (principio co-canal).
- Anchura de banda de varios megaherzios en canal de frecuencia común (4 MHz frente a los 20 MHz de los sistemas AMDF).
- Utilización de efectos multi-trayecto para mejorar la transmisión.

Mientras que en los sistemas AMDF hay un canal de frecuencia en banda estrecha sintonizado especialmente para cada canal de comunicación vocal, el CD 900 como sistema AMDT utiliza sólo un canal de frecuencia de banda ancha para todos los canales de conversación. Se consigue así



**Figura 6**  
Estructura de la red CD 900, indicando las estaciones base y los centros de conmutación Sistema 12.

En la figura 6 se observa la red CD900. Los centros de conmutación son esencialmente centrales Sistema 12, conectadas a líneas de transmisión digital de tipo MIC 30 que proporciona la Administración alemana. Con objeto de minimizar los costes cuando el número de abonados todavía es bajo, el CD 900 adopta una configuración con segregación múltiple, o bien una estructura en línea de distribución (bus). Esto permite que cierto número de estaciones base sean alimentadas por la misma línea MIC 30. Cuando el sistema se acerca a la saturación de abonados, cada estación base necesita en exclusiva dos líneas MIC 30 en una configuración multiplexada de red en estrella.

### Transmisión por radio digital en banda ancha CD 900

El sistema CD 900 utiliza nuevos principios de transmisión radio entre estaciones base y unidades de abonado:

- AMDT digital en contraposición al AMDF analógico.

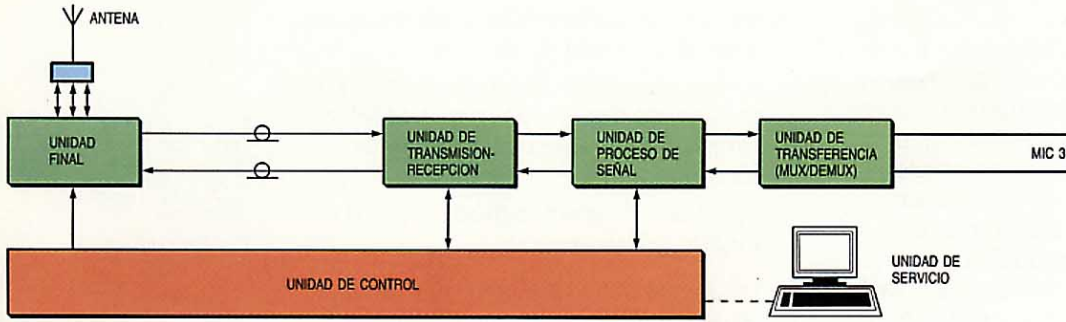
una considerable reducción del equipo, más los beneficios de la digitalización y el amplio uso de componentes VLSI.

### Transmisión CD 900

Las transmisiones de la estación base CD 900 se codifican diferentemente para que puedan discriminarse unas de otras. La voz digitalizada a  $16 \text{ kbit s}^{-1}$  se divide en grupos de 6 bits cada uno, los cuales se transforman en grupos de 32 "trozos" específicos de bits de código más rápido. La codificación de tales grupos nuevos es específica para un grupo de bits de conversación y una estación base. La relación de bits de código (trozos) por grupo a bits de conversación por grupo se llama factor de ensanchamiento, el cual hace aumentar la anchura de banda, mejorando la calidad del canal. Se modulan dos grupos de bits de código sobre la frecuencia portadora utilizando modulación por desplazamiento de fase cuadrivalente, método que conserva la anchura de banda y es una técnica común en radioenlaces digitales.



Figura 7  
Estación base CD900.



Pueden así transmitirse 12 bits de conversación mediante sólo 32 códigos ortogonales diferentes (5 bits + signo, igual a 6 bits).

Mediante correlación se realiza la detección y el procesamiento de las señales transmitidas. Los patrones digitalizados recibidos se comparan simultáneamente con los 32 patrones conocidos almacenados. Sólo una de las 32 correlaciones da el máximo pico de correlación, que permite identificar el grupo de bits de conversación perteneciente a ese patrón de código. Los bits efectivos de conversación no se transmiten.

Este método conlleva una seguridad de transmisión de bits muy elevada (una baja tasa de error binario) por las razones siguientes:

- Mayor redundancia por el ensanche del espectro debido a haber convertido el grupo de bits de conversación en grupos de bits de código de la misma longitud.
- Utilización de un proceso de detección determinístico (uno entre 32 códigos) en lugar de uno estocástico (una secuencia de bits de conversación es impredecible).
- Neutralización de errores de bits de código mediante códigos ortogonales. Esto significa que todavía puede distinguirse una reducción del pico de correlación, causada por errores en los bits de código, de los picos de los correladores próximos resultantes de la correlación transversal nula de código (cuando un código da correlación máxima, todos los demás dan cero).

El nuevo método de transmisión digital del consorcio CD 900 tiene otra gran ventaja: cada correlador proporciona picos no sólo a partir de las señales recibidas directamente, sino también de las señales de trayectos múltiples que llegan desfasadas. Esta característica que no pueden proporcionar los sistemas AMDF, sirve para estabilizar y mejorar un enlace.

**Estación base simple con un solo transmisor/receptor**

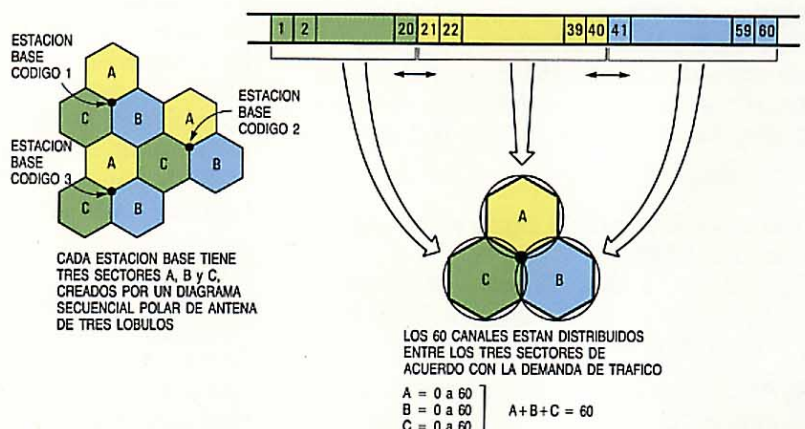
La estación base CD900 es muy sencilla. Comprende un transmisor/receptor combinado para 60 canales de conversación ( $16 \text{ kbit s}^{-1}$ ), en la práctica de equipo 7R exigida por el Deutsche Bundespost. Además, la estación base consta de dos armazones de control, que contienen circuitos derivados de los del Sistema 12. Mediante estos armazones de control se lleva más "inteligencia" desde los centros de conmutación de radio celular a las estaciones base, y ello reduce la carga de tráfico de control sobre las líneas MIC 30, consiguiendo centros de conmutación más sencillos.

La figura 7 representa el diagrama de bloques de una estación base CD900, que dispone de antenas tridireccionales con alimentación secuencial.

**La célula "configurable"**

En virtud del principio especial del sistema CD900 expuesto en la figura 8, ninguna estación base ha de tener menor "inteligencia" que las demás. En efecto, cada estación base atiende una célula compuesta por tres sectores (A, B y C), a los cuales atienden secuencialmente las antenas tridireccionales. Cuando el tráfico se reparte por igual entre los tres sectores, se asignan a cada sector 20 canales de conversación y un

Figura 8  
Estructura celular CD900.





canal de control. Cuando la distribución es desigual, se modifica en consecuencia la asignación de canales a los tres sectores. La célula puede así "configurarse" según el número de canales asignados a sus sectores.

El término "radio celular" se aplica particularmente a sistemas telefónicos móviles de alta capacidad. Estos sistemas comprenden muchas células pequeñas, en contraposición con las células grandes de los sistemas de baja capacidad convencionales. Cada célula se alimenta desde una estación base, que transmite solamente en baja potencia, por lo que pueden reutilizarse, a ciertas distancias, los canales de una estación base determinada para otras estaciones base. En ningún sitio se tocan dos células con la misma letra — que representa un grupo de canales de conversación dado —, con lo cual no pueden interferirse entre sí.

Cada célula CD 900 proporciona 60 canales de conversación, sea cual fuere su tamaño. En áreas de tráfico elevado las células son pequeñas, y en las de tráfico bajo son grandes. Se logra aumentar la capacidad de un sistema CD 900 simple y económicamente sin más que dividir las células. Por ejemplo, el alcance del transmisor se reduce a la mitad, y las zonas que han quedado sin cobertura se rellenan mediante nuevas estaciones base, que proporcionan 60 canales cada una. Así se multiplica por cuatro la capacidad del sistema para un área dada. Una nueva reducción a la mitad del alcance del transmisor multiplica por 16 la capacidad del sistema en este área.

## Conclusiones

Las primeras pruebas de campo del sistema de tipo nórdico están programadas para agosto de 1985, y el sistema deberá estar en servicio en abril de 1986. El sistema CD 900 tiene que ser inaugurado 36 meses después de la firma del contrato, que está prevista para finales de 1984 o principios de 1985. Inicialmente el Deutsche Bundespost instalará el sistema digital de radio móvil en las cuatro áreas más industrializadas de la RFA.

El desarrollo de los centros de conmutación Sistema 12 para radio celular demuestra la flexibilidad del sistema para adaptarse a nuevos requisitos. La cantidad de nueva programación necesaria representa sólo una fracción de la base lógica disponible en el Sistema 12.

El centro de conmutación diseñado para la versión de 450 MHz puede ser utilizado, con mínimas modificaciones, para la versión nórdica de 900 MHz.

El centro de conmutación desarrollado para el sistema digital franco-alemán CD 900 comparte todas las unidades funcionales básicas con las del sistema analógico de tipo nórdico para Bélgica, Holanda y Luxemburgo. Sin embargo, el equipo periférico tiene que ser adaptado a los requisitos de los clientes nacionales.

Como familia de productos, el conmutador Sistema 12 para radio celular, debe constituir la base para una gran variedad de futuras aplicaciones de telefonía móvil, además de las que se han examinado en este artículo.



# Sistema 12

## Redes de telecomunicación más allá del transporte en RDSI

Los modernos sistemas de comunicación han transformado el mundo en que vivimos, pero su impacto futuro probablemente será mayor. Se integrarán en el entorno del hogar, la oficina y la fábrica, ofreciendo facilidades tales como las diversiones en el hogar, teleconferencia e incluso fabricación asistida por ordenador. La versátil arquitectura del Sistema 12 se presta muy bien a la realización de estos servicios.

**L. A. Gimpelson**

ITT Europe Inc, Bruselas, Bélgica

**S. R. Treves**

FACE, Milán, Italia

### Introducción

Las comunicaciones y la informática experimentan una importante evolución, espoleada por la disponibilidad de nuevas tecnologías en VLSI y fibras ópticas y por los recientes avances en la programación.

En el campo de las comunicaciones, la red telefónica analógica se está transformando en una red digital integrada, en la cual se utilizan técnicas digitales para la conmutación y la transmisión. Esta red integrada es esencialmente capaz de sustentar los servicios telefónicos y no telefónicos de una RDSI. Se pueden distinguir tres categorías de velocidades binarias en la transmisión de las señales. La RDSI básica permite velocidades hasta de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$ . Para velocidades mayores, hasta

$2048 \text{ kbit s}^{-1}$ , se utilizará una RDSI de banda ampliada. A partir de ahí, y hasta un límite muy superior ( $140 \text{ Mbit s}^{-1}$ ), se necesitará una RDSI de banda ancha.

En el campo de los ordenadores, la evolución de la VLSI y la programación ha conducido a que la potencia de procesamiento se traslade desde los grandes ordenadores centralizados hacia potentes sistemas distribuidos, como es el caso de las centrales con el control enteramente distribuido.

Sin embargo, la RDSI ofrece muchas más posibilidades que la pura distribución de señales. El notable descenso en los costes de procesamiento y transmisión está provocando una carrera entre la adición de inteligencia en la instalación del abonado mediante ordenadores personales y el uso de recursos de red (es decir, servicios de valor añadido ofrecidos centralmente, funciones de "networking", procesamiento y almacenamiento).

Se han publicado importantes normas internacionales (Tabla 1) para los servicios — tanto telefónicos como de otra índole — en un entorno RDSI, con el fin de asegurar un interfuncionamiento conveniente y económico. De la mayor importancia es el modelo OSI (open system interconnection) para las arquitecturas de red, recientemente estandarizado mediante un acuerdo ISO-CCITT.

### Impacto de la arquitectura OSI

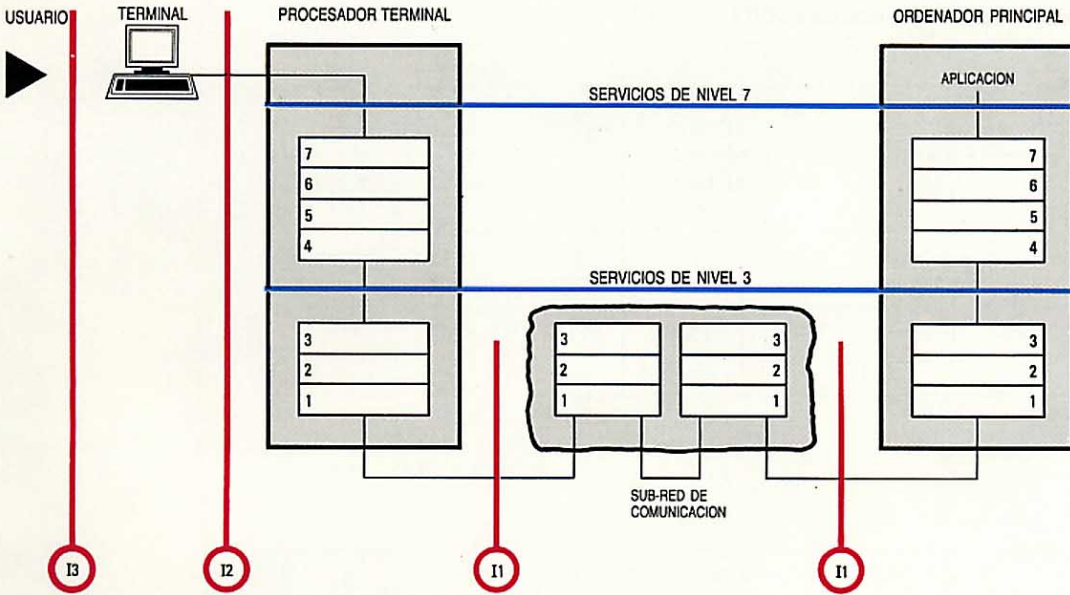
La arquitectura OSI asegura la comunicación persona a persona, persona a proceso,

**Tabla 1 — Normas internacionales importantes para RDSI: estado en 1984**

Area de aplicación	Estándar	Fuente
Arquitectura de red	Modelo de interconexión de sistemas abiertos X.200, ISO 7498	ISO-CCITT
Redes digitales de servicios integrados	Recomendaciones serie I	CCITT
Redes de área local	IEEE 802: — CSMA/CD — testigo (en bus y anillo)	Xerox y otros IEEE, IBM
Comunicación de imagen	Facsimil grupo 4 (T.5)	CCITT
Tratamiento de mensajes	Serie X.400	CCITT

CSMA - acceso múltiple con exploración previa  
CD - detección de colisión





**Figura 1**  
Posibles fronteras entre servicios públicos y privados en un entorno OSI.

y proceso a proceso, utilizando distintos portadores y desarrollos de equipo y programación de diferentes fabricantes. Según establece OSI, un *servicio* es un conjunto de posibilidades de comunicación definidas por protocolos y funciones normalizadas.

Se consideran dos amplias categorías de servicios:

Los *servicios portadores* dan facilidades para transmitir señales entre los interfaces usuario-red, que implican funciones en los niveles 1, 2 y 3 OSI (p.ej., servicio transparente de conmutación de circuitos a 64 kbit s<sup>-1</sup> o servicio de conmutación de paquetes).

Los *teleservicios* proporcionan todas las facilidades, incluso las funciones del equipo terminal, para la comunicación entre usuarios de acuerdo con los protocolos acordados por las administraciones.

En un entorno OSI la frontera entre las compañías públicas y privadas puede localizarse en diversos puntos de la red. La figura 1 muestra tres posibilidades. La primera corresponde a una organización particular que opera un servicio exclusivamente propio (p.ej., una base de datos privada) utilizando el interfaz I1. Otra posibilidad es que una organización pública explote un servicio híbrido público-privado (p.ej., la función de empaquetado/desempaquetado) por medio del interfaz I2; en este caso es la organización pública quien explota el servicio, pero los terminales son privados. En último término, habrá una organización pública que presta un servicio totalmente público (p.ej., buzones de correo electrónico) a través del interfaz I3; tanto los terminales como los servicios

serán suministrados y explotados por dicha organización, a la cual pertenecerán.

Por otra parte, distintas entidades de usuario\* pueden conectarse en puntos de referencia RDSI diferentes: estas entidades incluyen terminales, terminaciones de red, sistemas (ej., centralitas y redes de área local), y redes privadas. Desde el punto de vista funcional puede considerarse el anidamiento de distintas redes de área local en una red privada de comunicaciones de empresa (voz y datos), y el de varios de estos sistemas privados en la red pública de comunicación.

La tabla 2 enumera los protocolos estándar definidos por el CCITT para los principales servicios de telecomunicación. A pesar del considerable trabajo dedicado en los últimos años a definir estos estándares, la mayoría de ellos requieren ser más estudiados. Por consiguiente, las arquitecturas de los sistemas de telecomunicación deben ser adaptables para cumplir normas aún no elaboradas e incorporar futuros servicios.

Las tarifas afectarán también notablemente a la evolución de los servicios no telefónicos. En el actual entorno analógico, el tráfico de voz suele ser mucho menos costoso que el de datos. En un entorno RDSI, los tráficos de voz y datos en conmutación de circuitos se transportan en los mismos canales de 64 kbit s<sup>-1</sup>, y por tanto a un coste similar. Las administraciones podrán, pues, establecer unas tarifas menores para el tráfico de datos, animando así a que se difundan rápidamente los servicios telemáticos.

\* Por usuario se puede entender una compañía explotadora de red, o un abonado individual con una centralita, "keyset", o sólo una línea.



**Tabla 2 — Servicios de telecomunicación y protocolos CCITT**

**(a) Servicios portadores**

Nivel 3	Señalización CCITT	V.25	NE	X.20	X.21, X.25	X.25	I.451	X.213
Nivel 2			NE		Subconjunto X.75	X.25	I.441	X.212
Nivel 1	Señalización CCITT	V.24 V.28	V.24, X.21 X.21 bis	X.D.	X.21 X.21 bis	X.21 X.21 bis	I.430	X.211
Red	Hombre	Ordenador	Líneas alquiladas	Télex	RPDCC	RPDCP	RDSI	OSI
	RPTC							

RPTC - red pública telefónica conmutada  
 RPDCC - red pública de datos por conmutación de circuitos  
 RPDCP - red pública de datos por conmutación de paquetes

**(b) Teleservicios**

Nivel 7	Personas		T.60	Personas	X.400:410	NE	
Nivel 6	Personas	T.100	T.61	T.30	NE	NE	X.216
Nivel 5	Personas	No aplicable aún	T.62	Personas	NE	NE	X.215
Nivel 4	Personas	No aplicable aún	T.70	T.30	NE	NE	X.214
Teleservicio	Telefonía	Videotex	Teletex	Facsimil	Sistema de tratamiento de mensajes	Telemedida	OSI

NE - no estandarizado (específico del vendedor/usuario)

**Servicios portadores**

Los servicios portadores se caracterizan por una serie de atributos, clasificables en tres categorías:

*Atributos de transferencia de información*, que indican la capacidad de la red para cursar información. Entre ellos figuran el modo de transferencia (circuitos o paquetes), el tipo de información transferible (información digital sin restricciones, voz, vídeo, etc.), la configuración de la comunicación (punto a punto, multipunto) y la forma en que ésta se establece (a petición, reservada, permanente).

*Características de acceso*, que describen los medios por los que se accede a las funciones y facilidades de la red; incluyen el canal y velocidad binaria del acceso (canal D ó canal B) y el protocolo de acceso.

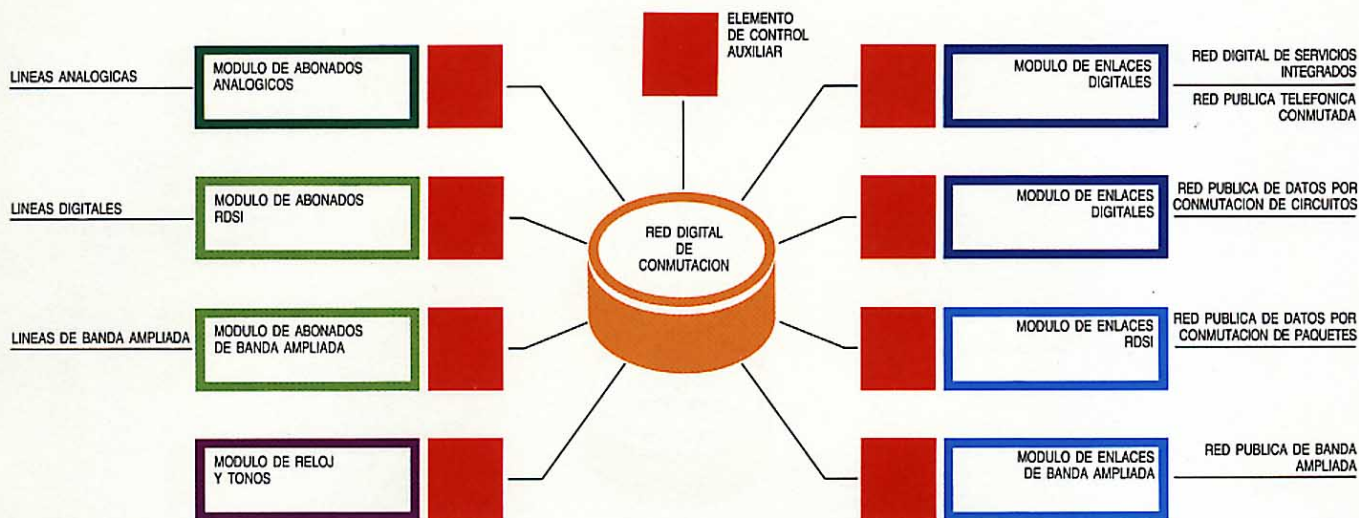
*Propiedades generales*, que atañen al servicio en conjunto. Incluyen la calidad de servicio, interfuncionamiento con otros sistemas, y atributos, comerciales y de explotación.

Todos estos atributos llevan a exigir tres requisitos fundamentales en las centrales digitales que ofrezcan los servicios portado-

res. Primero, la arquitectura debe permitir diferentes modos de transferencia de información (conmutación de circuitos, de paquetes y de mensajes). Segundo, podrán darse diferentes perfiles de tráfico; así, pues, las llamadas de voz se caracterizan por un conjunto de valores relativamente poco disperso en torno de 1 BHCA (intento de llamada en la hora cargada) y 0,1 erlang por línea; las llamadas no telefónicas pueden requerir de 10 a 100 BHCA y acercarse a 1 erlang por línea. En tercer lugar, la central debe ofrecer diferentes anchos de banda para la amplia gama de servicios que existirán en una RDSI. Particularmente importante es el control del ancho de banda por el usuario, posibilitado mediante la señalización apropiada en el canal D.

La RDSI basada en la central digital Sistema 12 satisface todos los requisitos indicados. Como se muestra en la figura 2, las líneas de abonado analógico, digital y de banda ampliada pueden acceder, a través de la red digital de conmutación del Sistema 12, a distintos tipos de redes de telecomunicación, que incluyen la red telefónica pública, redes públicas de datos por conmutación de circuitos y de paquetes, RDSI, y redes públicas conmutadas de banda ampliada. Las centrales Sistema 12 funcio-





**Figura 2**  
Soporte del Sistema 12 para servicios portadores.

narán como nodos plenamente capaces, tanto en las redes de conmutación de circuitos como en las de paquetes.

### Teleservicios

Los teleservicios permiten a los usuarios comunicarse por medio de terminales, funciones de red y – posiblemente – fun-

ciones aportadas por centros especializados. La tabla 3 clasifica los teleservicios de acuerdo con el tipo de información a transportar (voz, datos, vídeo, texto).

La arquitectura del Sistema 12 (Fig. 3) es capaz de soportar servicios de "networking" (es decir, servicios del nivel 6 OSI relativos al interfuncionamiento de servicios diferentes) y teleservicios. Los primeros aseguran la compatibilidad entre terminales y ordenadores de distinta marca al ofrecer conversión de formatos, protocolos y velocidades. Pueden así interconectarse usuarios de diferentes servicios (ej., videotex/telex, videotex/teletex, telex/teletex), así como diferentes terminales y redes.

Pueden ofrecerse distintas categorías de teleservicios (nivel 7 OSI) mediante módulos funcionalmente diferentes. Algunos de ellos son:

*Módulo de servicios de gestión y transferencia de tareas.* Consiste en cuatro componentes funcionales: presentación, que lanza la petición de las tareas a realizar; procesamiento, que ejecuta la tarea; supervisión, que informa sobre el progreso de los trabajos; y manipulación, que controla la transferencia y gestión de tareas.

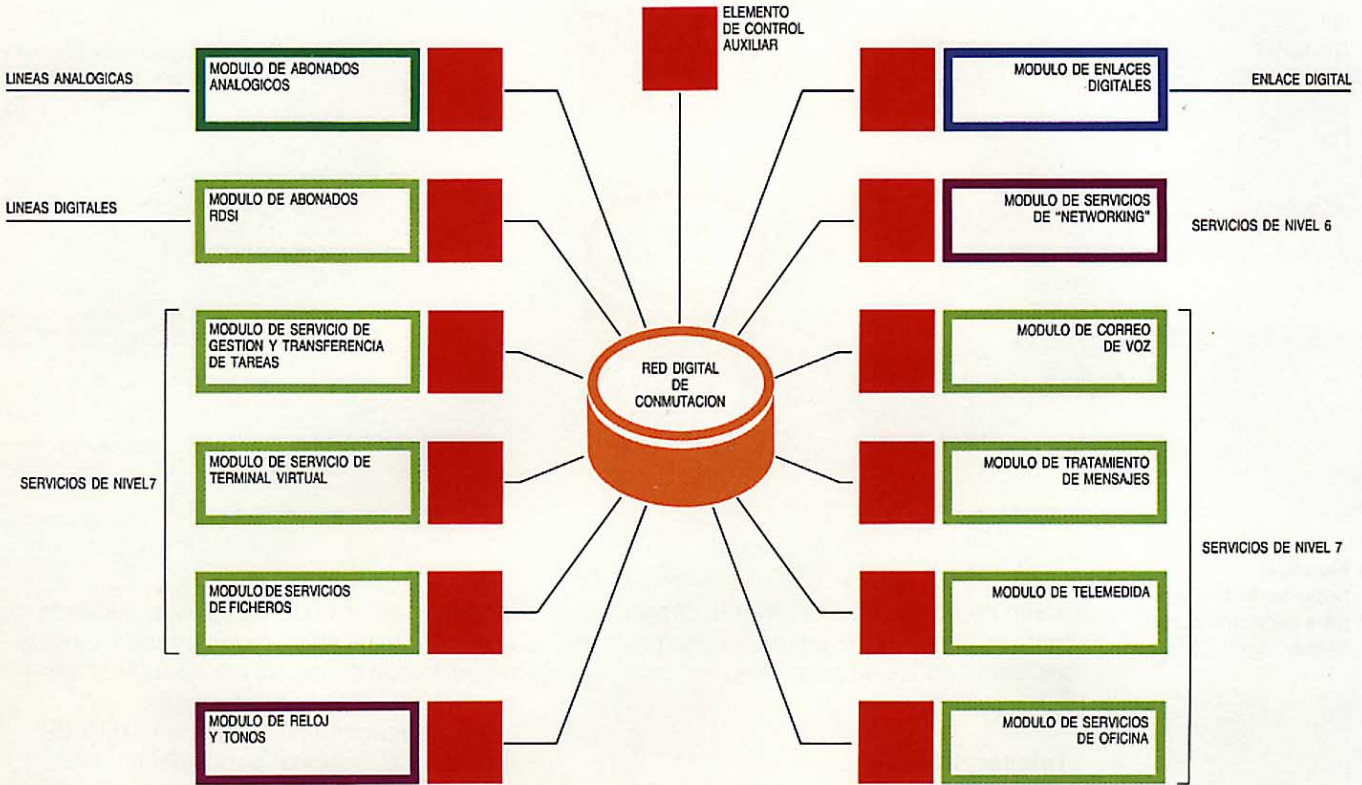
*Módulo de servicio de terminal virtual.* Da acceso de terminales a un proceso de usuario localizado en ordenadores remotos. Con la estrategia de terminal virtual se crea, mediante una función de correspondencia local, un modelo de abstracción de las funciones encontradas normalmente en los métodos de acceso de terminales. Esta abstracción se utilizará para definir un conjunto de servicios de comunicación que sustenten un servicio de terminales distribuido.

*Módulo de servicio de ficheros.* Se utiliza para transferencia, acceso y gestión de la

**Tabla 3 — Teleservicios principales**

Medio	Teleservicio	Función
Voz	Correo de voz	Almacenamiento y retransmisión
	Servicio de información de voz	
	Servicio de difusión de voz	{ Reconocimiento de voz Respuesta sintetizada
	Servicio de órdenes vocales	
	Bases de datos de voz	{ Guía (directorío) Información de líneas aéreas Reservas de trenes
Video	Videoconferencia	
	Videoteléfono	
	Transferencia de gráficos Programas de TV	
Datos	Servicios de base de datos	Videotex Bases de datos profesionales (ej., médicos, prensa, abogados) Bases de datos industriales
	Telemedida	Lectura de contadores de gas, agua, electricidad Vigilancia remota (ej., supervisión médica, seguridad) Control de energía
Texto	Telex	Correo de textos Tableros de información electrónicos Noticias Calendarios, agendas
	Correo electrónico	





**Figura 3**  
Soporte del Sistema 12  
para teleservicios.

información que almacenan o se intercambian sistemas abiertos como los ficheros. Estos servicios permiten añadir o suprimir datos en una base de datos, así como mantener la descripción de los datos sin conocer cómo está realizado el sistema de ficheros.

*Módulo de servicios de oficina.* Ofrece principalmente proceso de textos, gestión de ficheros, agenda y calendario.

*Módulo de telemedida.* Utiliza la línea de abonado existente; en el lado del abonado se conectan los sensores y accionadores a la terminación de red. Las señales de alarma producidas por los sensores se llevan a través de fibras a la línea telefónica y se transmiten por el canal D hasta la central, donde se las encamina al módulo de telemedida. En éste son recogidas, almacenadas, preprocesadas y, si se requiere, distribuidas a distintos centros de supervisión.

*Módulo de tratamiento de mensajes.* Un usuario (persona u ordenador) puede enviar un mensaje dirigido a una base de datos centralizada, ubicada en el módulo de tratamiento de mensajes; este módulo almacena el mensaje y lo distribuye automáticamente a la dirección indicada.

*Módulo de correo de voz.* Permite al abonado enviar mensajes hablados en lugar de mensajes de texto. Tales mensajes se almacenan en forma digital audio-comprimida, y después se retransmiten a su destinatario cuando éste lo solicite.

### Comunicación y ordenadores

Las industrias de comunicaciones y de ordenadores cada vez convergen más en tecnologías, arquitecturas y aplicaciones para el hogar, la oficina y las fábricas. En todas estas áreas la tecnología soporte que añade valor es la comunicación. El uso de sistemas de ordenadores, con su elevada potencia de proceso, estaría seriamente limitado si no fuese por los servicios y la flexibilidad que proporcionan las redes de comunicación.

En el hogar, la demanda principal es de teléfonos inteligentes, servicios de información, ordenadores personales, dispositivos de telemedida, sistemas de seguridad y entretenimientos (programas de audio de alta calidad y películas). Los abonados residenciales requerirán, por tanto, una variedad de servicios de voz y de otro género, al principio con velocidades binarias hasta de  $144 \text{ kbit s}^{-1}$  y posteriormente con velocidades adecuadas para vídeo de calidad, programas de televisión en color y televisión interactiva.

Las principales facilidades que se requieren en oficinas incluyen correo electrónico, teleconferencia, procesamiento de información, terminales multiservicio, y equipos controlados por la voz. Los abonados de una empresa necesitarán, pues, inicialmente servicios de voz, texto y datos, sustentados por una central de RDSI que integre funciones de centralitas y redes de área local. A continuación pedirán la videocon-

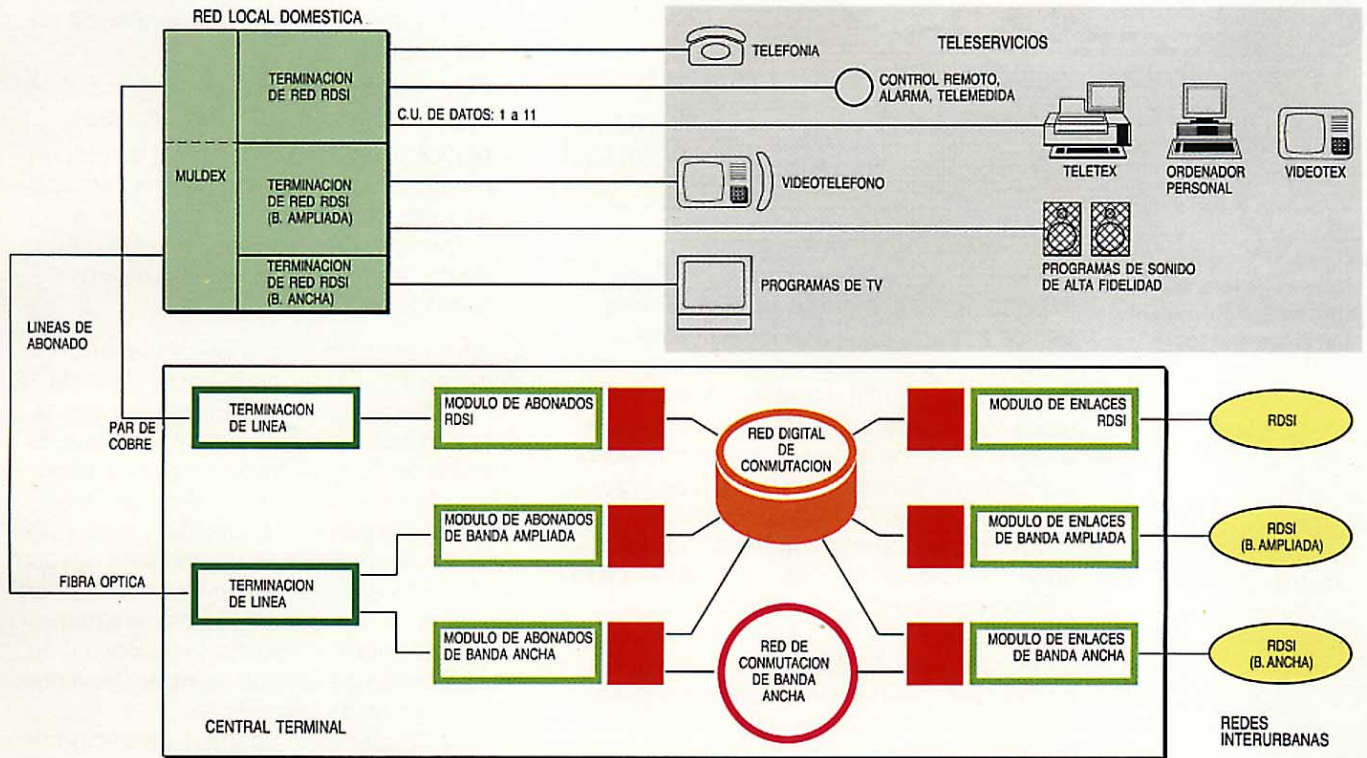


ferencia y el videoteléfono. La figura 4 muestra posibles configuraciones de abonados residenciales y de empresa en los entornos de RDSI de banda ampliada y de banda ancha.

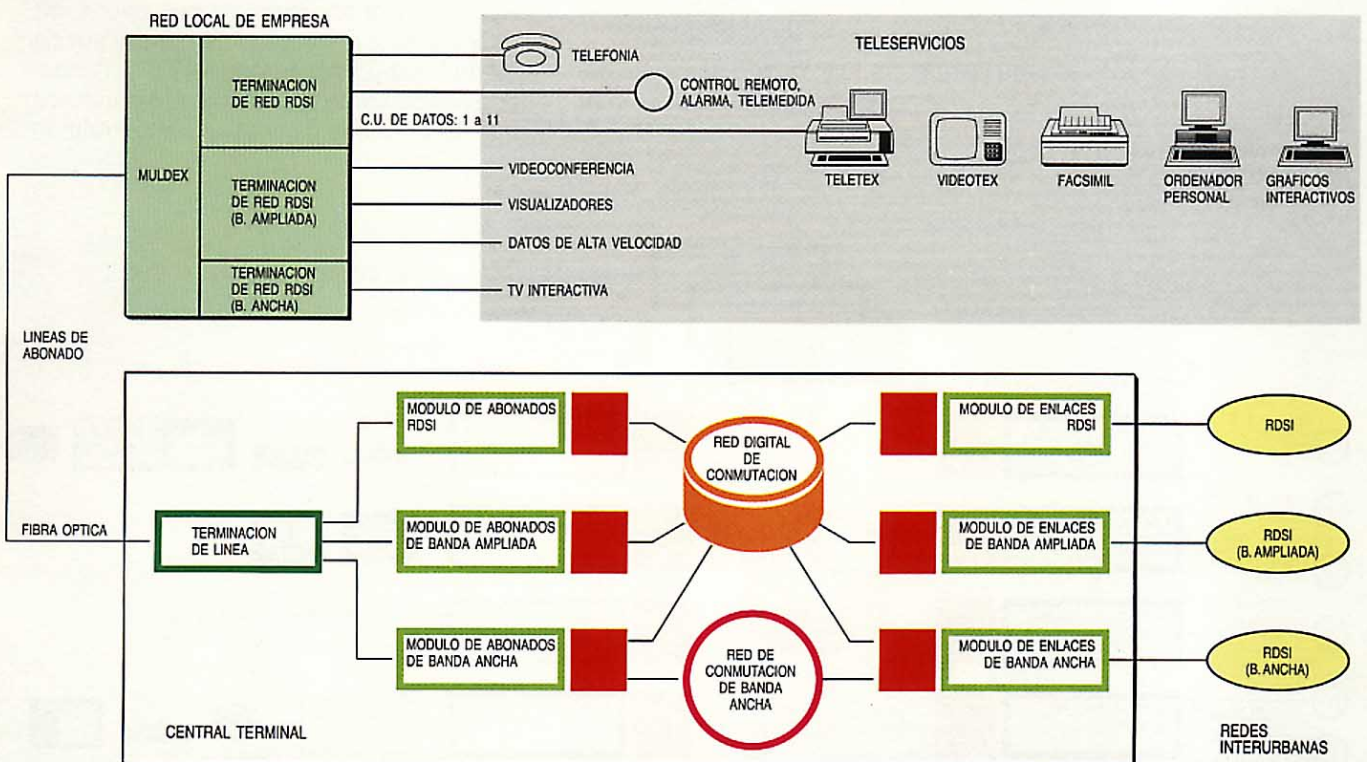
Los requisitos de una fábrica son algo diferentes, e incluyen diseño y fabricación asistidos por ordenador, planificación de materiales, robótica, estaciones de trabajo y sistemas de seguridad. Un cambio

**Figura 4**  
**Configuraciones de entornos RDSI de banda ampliada y de banda ancha para (a) abonados residenciales, (b) abonados de empresa.**

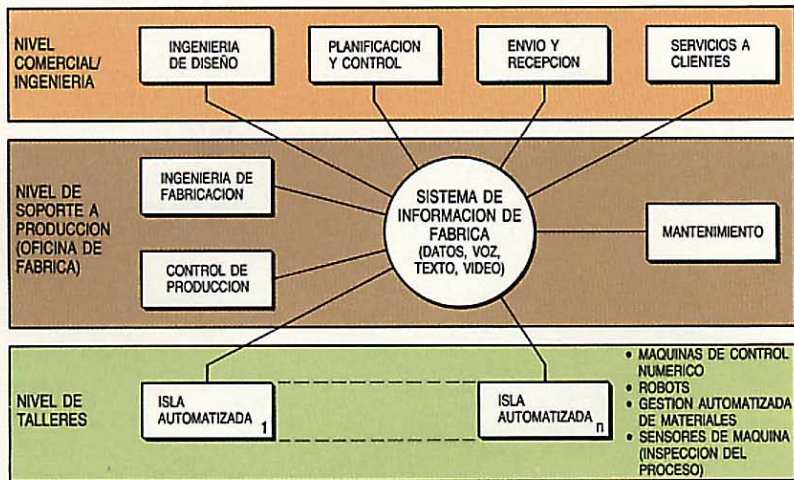
(a) ABONADOS RESIDENCIALES



(b) ABONADOS DE EMPRESA







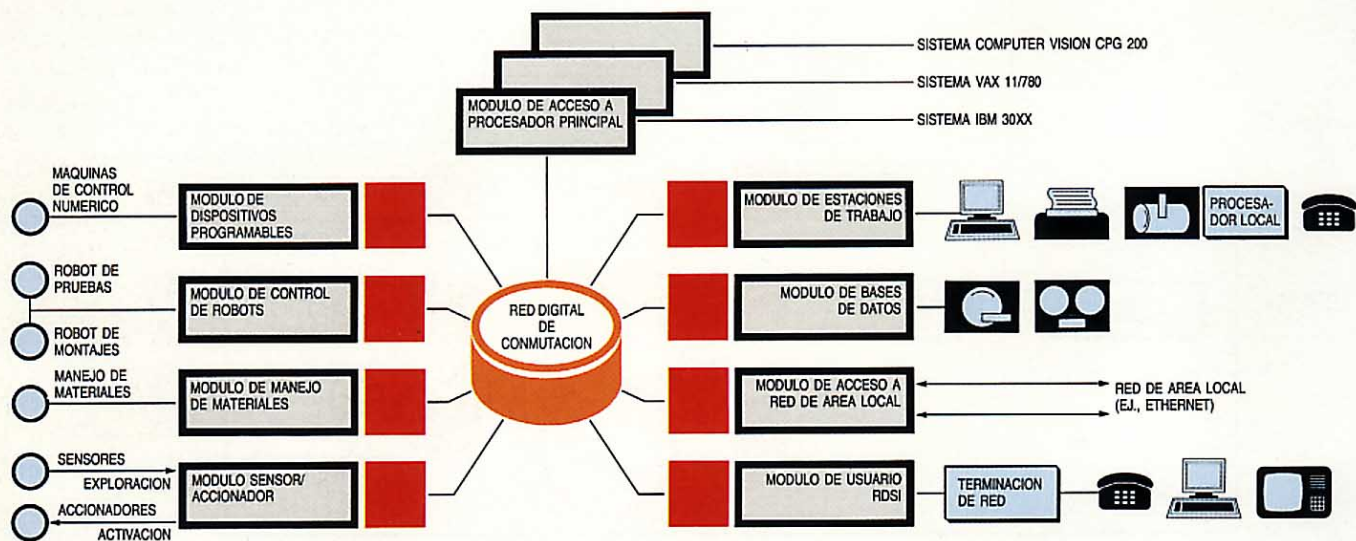
**Figura 5**  
Sistema de información integrado comercial-ingeniería-fabricación.

importante en el entorno fabril es la necesidad de integrar el equipo individual existente en un sistema de información global de la fábrica (Fig. 5), capaz de proporcionar todos los intercambios de datos, voz, texto y vídeo entre los distintos departamentos ubicados en las áreas comercial, de ingeniería, oficinas de fábrica y talleres.

Todas estas oportunidades de productos, servicios y sistemas en el hogar, la empresa y la industria conducen naturalmente a utilizar el Sistema 12, dadas las ventajas de su arquitectura. En efecto, el Sistema 12, con su multiplicidad de módulos controlados por procesador e interconectados mediante una red digital de conmutación, puede considerarse como un procesador de datos distribuido. Comparándolo con la arquitectura tradicional de un ordenador, un procesador distribuido como el Sistema 12 presenta las ventajas siguientes:

- Ampliación gradual, desde una instalación inicial pequeña hasta el tamaño final, que puede ser muy grande.

**Figura 6**  
Sistema automatizado de fabricación totalmente integrado.



- Independencia entre el número de dispositivos terminales, el tráfico entre los mismos y su contenido en facilidades y características.
- Mayor fiabilidad, y por tanto disponibilidad, del complejo de procesamiento, gracias a la multiplicidad de caminos entre elementos de control a través de la red digital de conmutación (en lugar de utilizar un bus), y a la independencia de los módulos.
- Posibilidad de añadir nuevas aplicaciones sin afectar a los servicios existentes.
- Mayor flexibilidad en cuanto a la independencia de los paquetes de programas respecto del equipo, así como en la comunicación entre diferentes diseños de programación en los dispositivos terminales.

La programación básica del procesador de datos distribuido formado por el Sistema 12 consta de cuatro partes. El sistema operativo administra los procesos y recursos. El sistema de comunicación entre procesos se ejecuta en uno o varios procesadores, y utiliza como periféricos discos, cintas y una consola de operador. Un sistema de gestión de base de datos sirve para administrar los registros de datos mantenidos en almacenamiento soporte, y se incluyen, por último, herramientas de utilidad fuera de línea para la generación de programas.

En la figura 6 se muestra la utilización del Sistema 12 en un entorno industrial para conseguir un sistema de fabricación integrado. En esta aplicación se utilizan módulos existentes del Sistema 12 (módulos RDSI, de mantenimiento y periféricos, de reloj y tonos, elementos de control auxiliar) y nuevos módulos Sistema 12 diseñados específicamente para este tipo de aplicaciones. Entre estos últimos se encuentran el



módulo de acceso a ordenador, módulo de estaciones de trabajo, módulo de sensores/ accionadores, módulo de control de robots y módulo de manejo de materiales.

La realización de un sistema de fabricación totalmente integrado y automatizado puede hacerse en una serie de etapas. Primero pueden integrarse los subsistemas existentes (principalmente ordenadores y estaciones de trabajo); después podría potenciarse el sistema resultante añadiendo un sistema de gestión de datos para automatizar el trabajo en los niveles de ingeniería, comercial y administrativo. Finalmente, podría incorporarse el control de las líneas de producción.

## **Conclusiones**

La arquitectura del Sistema 12 ha demostrado que puede expandirse desde las aplicaciones de conmutación hasta constituir un sistema total, que ofrezca procesamiento y almacenamiento de información además de comunicación. Puede, por todo ello, utilizarse para construir un verdadero "sistema abierto de comunicación y control", hablando en términos OSI. Específicamente, está abierto con respecto a nuevas facilidades, nuevos servicios y nuevas aplicaciones. Por encima de todo, es utilizable con igual eficacia en aplicaciones públicas y privadas.



# Sistema 12

## Hacia el futuro

El Sistema 12 es capaz de sobrevivir a los cambios, por lo que, a diferencia de los sistemas de conmutación convencionales, no se quedará anticuado con rapidez. La introducción de tecnologías avanzadas, la conmutación de banda ampliada y banda ancha, los sistemas integrados para fábricas y oficinas, y las redes superpuestas para servicios especiales son algunas de las formas de utilizar el Sistema 12 al aproximarnos a la era de la información del siglo veintiuno.

**B. J. Fontaine**

ITT Europe Inc, Bruselas, Bélgica

### Introducción

El progreso de la humanidad, desde formas primitivas a una civilización avanzada, se ha basado en su singular capacidad para adaptarse a los cambios de su entorno, ya sean éstos climáticos, de necesidades, u otros cualesquiera. Esta adaptabilidad se fundamenta a su vez en la especial capacidad del ser humano para acumular información y aplicarla a la resolución de problemas. Toda nueva etapa de la civilización ha estado marcada por importantes avances en la comprensión del mundo en que vivimos, y el consiguiente desarrollo de nuevas tecnologías que sostengan el crecimiento de la humanidad.

A pesar de los cambios espectaculares que acarrió la revolución industrial, y que alteraron totalmente las condiciones de trabajo y la sociedad, la tecnología evolucionaba a un paso de tortuga, en comparación con los avances actuales en todos los sectores. En 1800, el acervo de conocimientos humanos se duplicaba cada 50 años. En 1950, se duplicaba cada 10 años, y en 1970, cada cinco años. En la actualidad se estima que la base total de conocimientos, a nivel mundial, se duplica cada 2-3 años.

La clave de esta rápida expansión del saber durante el siglo veinte reside en el área de las comunicaciones, que han dado al hombre medios para enviar información de muchos tipos a todos los confines del globo, y en las técnicas informáticas que han logrado procesar la información con rapidez y precisión. El hombre se adueñó rápidamente de estas tecnologías, para satisfacer así sus crecientes necesidades. El resultado ha sido una red telefónica mundial y una multitud de redes de datos especializadas, capaces de unir las distintas

partes de una organización que hayan de utilizar los datos almacenados. Durante años, tal situación pudo aceptarse, pues la informática era una especialidad que requería muchos años de formación, y por ello sólo un reducido número de personas sentía la necesidad de transmitir datos, incluso a escala nacional. Hoy día, sin embargo, la situación está cambiando nuevamente con rapidez al introducirse potentes microordenadores en la mayoría de las empresas, aumentar la demanda de una amplia gama de nuevos servicios de telecomunicación, como el videotex y el facsímil de alta velocidad, y establecerse gigantescas bases de datos en muchos lugares del mundo.

La siguiente etapa — que nos lleva al umbral de la llamada “revolución de la información” — consiste en facilitar un acceso generalizado a estos servicios y bases de datos mediante una red de comunicación “universal” que sustituya a las diversas redes hoy existentes. Por su diseño, el Sistema 12 encaja de lleno en tal revolución: gracias a su capacidad para cursar servicios de voz y datos (tanto de banda estrecha como de banda ampliada) sobre una red de conmutación común, los usuarios pueden escoger el modo de comunicación que mejor convenga a sus necesidades, en vez de tener que aceptar una solución menos idónea. El Sistema 12, sustenta, pues, el concepto de la red digital de servicios integrados, o RDSI.

La RDSI, hoy sólo en sus comienzos, irá extendiéndose por redes de telecomunicación del mundo a lo largo de las dos próximas décadas. En el año 2000, la red telefónica habrá quedado totalmente transformada, y ofrecerá a todos un acceso fácil y fiable a una cantidad inigualada de informa-



ciones y servicios. De ahí debería resultar un crecimiento espectacular de la cultura de la humanidad, que multiplique notablemente su acervo de conocimientos.

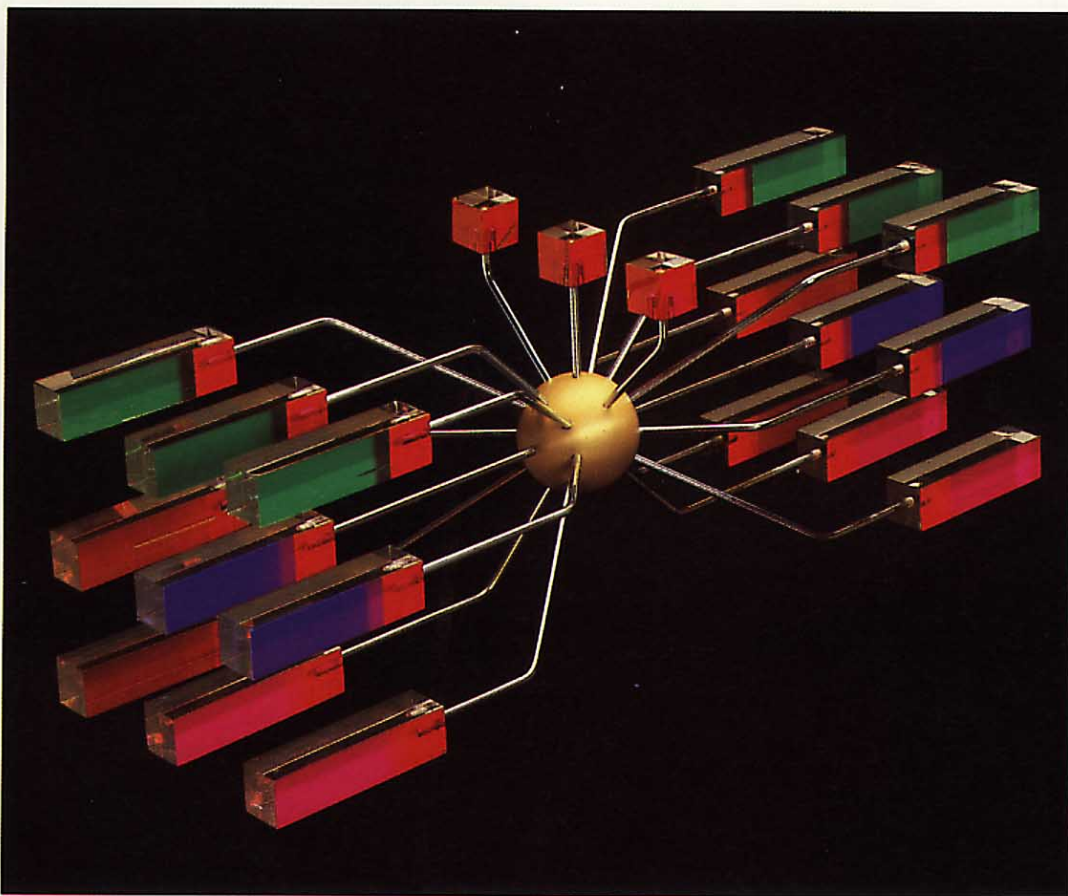
### **El Sistema 12 y la revolución de la información**

Este número de *Comunicaciones Eléctricas* ha demostrado claramente que la RDSI no es un sueño lejano, sino una realidad próxima, con pruebas de campo y servicios piloto ya en algunos países, y en avanzada fase de planificación en muchos otros. Hoy día se estima que la transición desde la red actual, esencialmente analógica, a la RDSI, necesitará por lo menos dos décadas, adentrándose ya en el siglo veintiuno. La historia nos ha demostrado que tales estimaciones suelen ser demasiado conservadoras, y la experiencia reciente lo confirma; así, por ejemplo, la gran inversión realizada en la actual red de transmisión hacía prever que la introducción de los sistemas de fibra óptica sería lenta, a pesar de sus claras ventajas. En la práctica, el ritmo de instalación ha superado las predicciones más optimistas, y sigue en aumento.

El Sistema 12 ha sido creado para la RDSI y para acelerar su implantación. El primer paso — cursar simultáneamente servicios

de voz y otros no telefónicos (datos) de banda estrecha — ha sido ya demostrado en distintas pruebas. En la siguiente etapa se cursarán servicios de datos de banda ampliada, o sea, aquellos que requieren anchuras de banda de hasta  $1920 \text{ kbit s}^{-1}$ . El Deutsche Bundespost está ya planificando un sistema nacional vía satélite en el que se utilizarán centrales Sistema 12 para conmutar datos precisamente a esa velocidad. Más allá de la RDSI de banda ampliada aparece la posibilidad de una red RDSI de banda ancha capaz de conmutar datos a velocidades de hasta  $140 \text{ Mbit s}^{-1}$ .

A medida que progrese la revolución de la información, surgirá la necesidad de nuevos servicios y modos de propagar y procesar la información, todavía imprevisibles. Quizás la mayor ventaja del Sistema 12 es haber sido diseñado precisamente para enfrentarse a este tipo de situación. En efecto, pueden diseñarse módulos destinados a nuevos servicios, que se conecten a una central Sistema 12 del mismo modo y con igual facilidad que los módulos existentes. La implantación tardía de un nuevo servicio no causa perjuicio alguno, y la capacidad de procesamiento adicional que ello requiera va incluida en los módulos añadidos. Quedan así eliminadas las limitaciones impuestas por los sistemas de conmutación con control centralizado.



**La arquitectura modular del Sistema 12 aporta la flexibilidad necesaria para que pueda utilizarse en una gran variedad de nuevas aplicaciones, no limitadas a la telecomunicación, y capaces de cubrir sistemas integrados como los de automatización de bancos y fábricas.**



Como ya se ha indicado, el Sistema 12 permite un acceso generalizado y una distribución de la información mucho más amplios de lo que ha sido posible hasta ahora. Sin embargo, la original arquitectura del Sistema 12 se puede utilizar en muchas otras aplicaciones; por ejemplo, servir como núcleo de comunicaciones entre terminales y dispositivos muy diversos, capaces de realizar una gran variedad de funciones especializadas. Dichos terminales, fruto de los rápidos avances tecnológicos, tendrían en muchos casos dificultades para intercomunicarse de una forma eficaz, y se necesitaría una transferencia manual de información de un sistema a otro. El Sistema 12 permite superar estas limitaciones, y así será posible producir sistemas para automatización bancaria o de fábricas, por nombrar sólo dos ejemplos actualmente en estudio.

En este contexto hay que resaltar un hecho: la versatilidad de la arquitectura del Sistema 12 para atender una extensa gama de aplicaciones. Dentro de la conmutación telefónica pública, el Sistema 12 utilizará el control distribuido; en realidad, ITT prevé

que el control seguirá distribuyéndose hasta llegar, en el futuro, a la propia casa del abonado, con lo que habrá un microprocesador por cada línea. No obstante, la arquitectura modular del Sistema 12, con sus interfaces normalizados, se adapta también a otras aplicaciones examinadas después en este artículo, permitiendo una solución adecuada en cada caso.

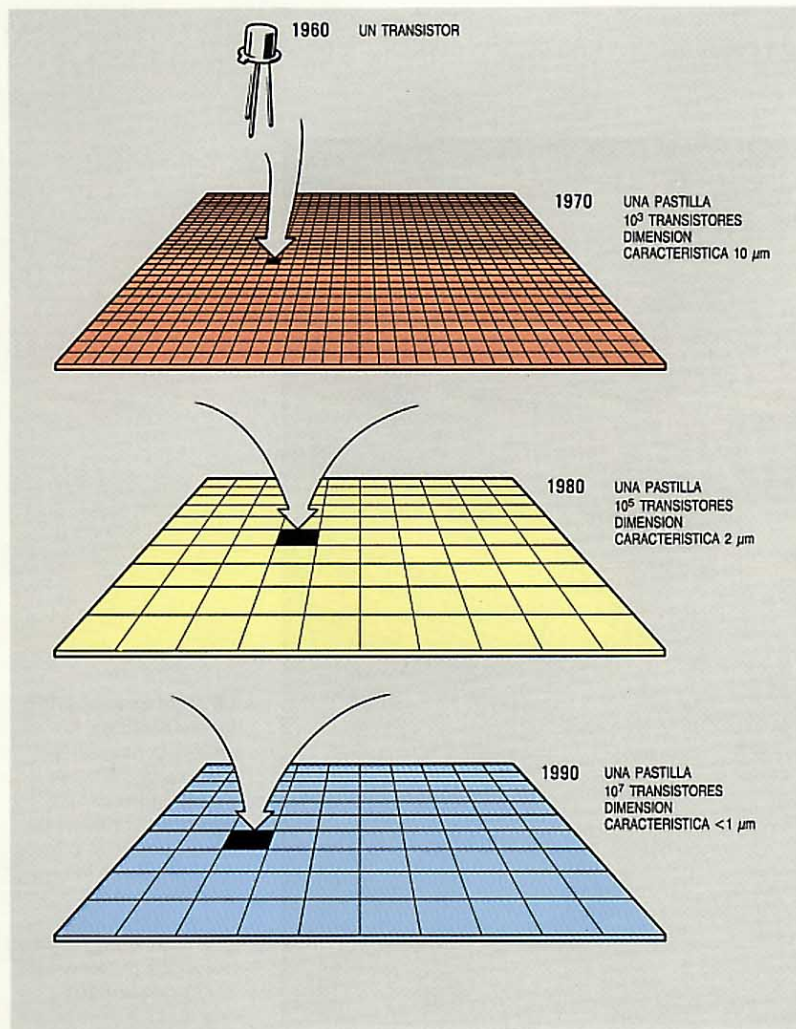
### Avances tecnológicos

Uno de los principales logros del Sistema 12 es la posibilidad de ir aprovechando las mejoras tecnológicas a medida que se producen. En este mismo número<sup>1 a 5</sup> pueden hallarse ejemplos de cambios actuales, impulsados por los progresos de la tecnología VLSI.

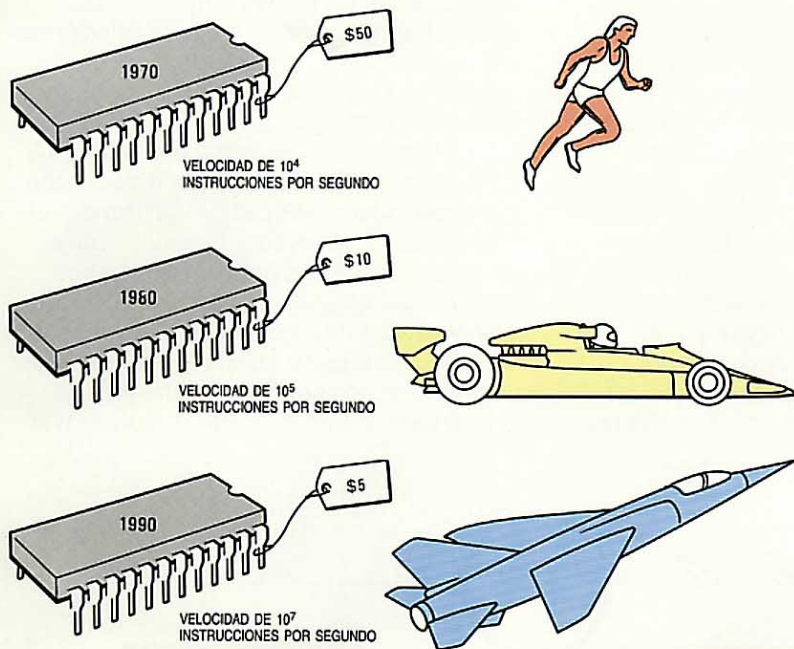
Desarrollos tan recientes como las memorias de 1 M-octeto y los microprocesadores de 32 bits en una sola pastilla, están ya afectando al Sistema 12. A más largo plazo, ocurrirán nuevos cambios basados en las continuas reducciones de la dimensión característica de los circuitos VLSI y en la aparición de nuevas tecnologías de circuitos integrados. Las tendencias actuales indican que en los próximos diez años podrá reducirse la citada dimensión desde  $1 \mu\text{m}$  (límite tecnológico actual) hasta quizás  $0,1 \mu\text{m}$ , lo cual significa que en lugar de integrar un millón de transistores en una pastilla, como ya se ha logrado en el laboratorio, se llegará a más de 10 millones (Fig. 1). A lo largo de ese mismo periodo, es probable que los microprocesadores puedan elevar su velocidad de tratamiento desde 1 millón hasta más de 10 millones de instrucciones por segundo (Fig. 2).

El Sistema 12 utilizará esta evolución de tres maneras distintas. Ante todo, reduciendo el tamaño del equipo, el consumo y la disipación, y mejorando la fiabilidad y las prestaciones del sistema, lo cual permitirá a las administraciones aprovechar aún más el espacio disponible y economizar en explotación y conservación, rebajando así el coste global de posesión a lo largo de la vida del producto. En segundo lugar, la mayor complejidad funcional de los circuitos VLSI hará posible la provisión de nuevos servicios y prestaciones. Podrán mejorarse notablemente las pruebas y los diagnósticos integrados; se utilizarán habitualmente sistemas basados en el reconocimiento y la síntesis de la voz, que no serán ya piezas de laboratorio; los sistemas podrán también incluir instrucción asistida por ordenador, para ayudar a los usuarios a utilizar las facilidades de modo óptimo. En tercer lugar, se podrán concebir y desarrollar nuevas arquitecturas de equipos y de programa-

**Figura 1**  
Reducción de la dimensión característica de los circuitos integrados, con creciente complejidad de la pastilla.







**Figura 2**  
Aumento de la potencia de procesamiento en dos décadas.

ción, gracias a los futuros circuitos VLSI con millones de transistores funcionando a millones de instrucciones por segundo. Recordemos al respecto que los microprocesadores actuales se basan en los principios de la máquina de Von Neumann, y que las nuevas arquitecturas de procesamiento — tales como los agrupamientos asociativos y sistólicos — nos prometen unas mejoras en prestaciones del orden de 50 a 100 veces frente a las arquitecturas actuales, siendo además resistentes a los fallos y especialmente adecuadas a tareas como el procesamiento de señales.

Todos estos avances tecnológicos darán ciertamente lugar a cambios en el equipo del Sistema 12, e incluso en su programación. No es fácil, sin embargo, predecir exactamente cuándo van a producirse tales cambios. Actualmente un bastidor del Sistema 12 alberga 1024 circuitos de línea analógicos, y este número puede elevarse a varios millares en el futuro; incluso hay quien se atreve a pronosticar la integración en una sola pastilla de un sistema completo durante el siglo que viene.

Un aspecto general al que ITT aplica el progreso tecnológico es la mejora de la ingeniería de factores humanos. Hoy día, muchas de las ventajas de los modernos sistemas de oficinas, por ejemplo, se desperdician porque no son fáciles de usar; podríamos decir que no son "simpáticos" al usuario. Todos los que hemos batallado con un nuevo bloque de programación complejo en un microordenador de oficina, comprendemos este problema. Sin embargo, esta situación no es tanto consecuencia de las limitaciones tecnológicas como resultado de la poca perspicacia de algunos diseñadores de programación, que no han

entendido que los usuarios requieren un manejo sencillo y una constante realimentación de información. Ahora que están desapareciendo las limitaciones tecnológicas, al disponer de circuitos VLSI de mayor velocidad y más complejos, los ingenieros de programación pueden poner en práctica los últimos resultados de las investigaciones sobre factores humanos. No hay duda de que los sistemas futuros serán más potentes, pero ITT pretende además que su utilización sea más sencilla. Si no fuera así, sería imposible dominar la potencia de dichos sistemas para ayudarnos en nuestras tareas cotidianas, y la revolución de la información sería estéril.

## Nuevas aplicaciones del Sistema 12

El Sistema 12 no sólo ofrece "garantía de futuro" en lo relativo a tecnología y servicios, sino también "garantía de aplicaciones" en el sentido de que puede utilizarse tanto en telecomunicación como en otras aplicaciones distintas. En este número de *Comunicaciones Eléctricas* se describen varias aplicaciones futuras para el Sistema 12: la conmutación en banda ampliada en el sistema satélite alemán<sup>6</sup>, un sistema digital móvil radio-celular<sup>7</sup>, y un sistema digital de comunicaciones de empresa (centralita digital)<sup>8</sup>.

En el Sistema 12, las empresas podrán integrar las distintas redes de comunicación que cada departamento, división o sucursal haya ido creando, de un modo descoordinado, a la hora de satisfacer sus propias necesidades. Hasta ahora no ha habido un camino claro para resolver este problema, pese a que muchas compañías han reconocido que tal situación era indeseable. Hoy día, el Sistema 12 ofrece una solución rentable a las comunicaciones de una empresa, ya que es capaz de cursar servicios de voz y otros distintos. Es también ventajoso que las redes privadas utilicen el mismo equipo que la red pública, ya que así el usuario empresarial podrá escoger la solución más económica para su red. En aquellas áreas de utilización muy intensa o con requisitos especiales de la empresa, convendrá instalar una red privada basada en el Sistema 12; sin embargo, cuando la utilización es relativamente escasa y sólo se requieren servicios RDSI del tipo público, quizá sea preferible conectarse directamente a la red pública del Sistema 12 para tener acceso a dichos servicios. A la inversa, las administraciones pueden aprovechar su amplio conocimiento en materia de comunicación, para extender su oferta de equipos y servicios a áreas cubiertas en la actualidad por redes de empresa.



### Conmutación de banda ancha

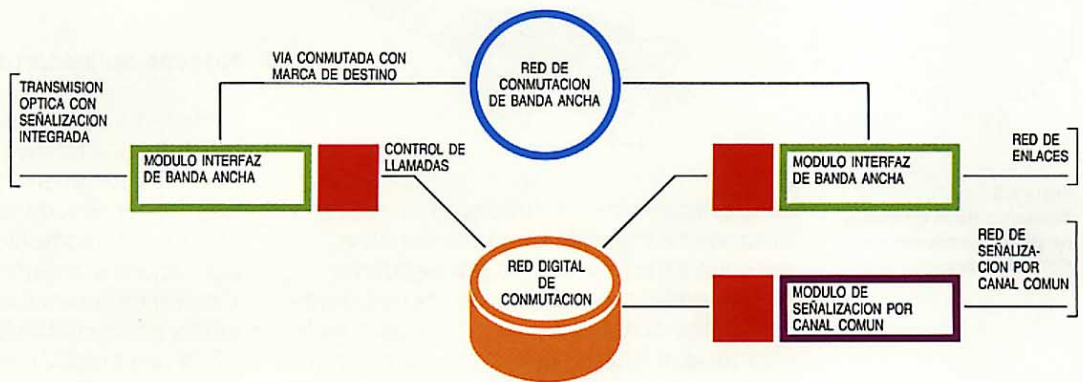
Aunque la RDSI de banda ampliada, capaz de cursar servicios con anchuras de banda hasta de  $1920 \text{ kbit s}^{-1}$ , sea adecuada para muchas aplicaciones, va a crecer la necesidad de servicios a velocidades binarias superiores, hasta los  $140 \text{ Mbit s}^{-1}$ . Se penetra así en el campo de la RDSI de banda ancha, con un rico potencial de servicios avanzados. La red digital de conmutación del Sistema 12 no puede cursar datos a tan alta velocidad, pero se está ya desarrollando una red digital de banda ancha, capaz de conmutar a estas velocidades, y que se servirá de módulos Sistema 12 existentes,

dad superior, un intervalo menor entre diseño y producción, o mejores relaciones con los suministradores y los clientes (véase en el artículo anterior un ejemplo de sistema de este género).

También podría utilizarse el Sistema 12 para crear un sistema integrado de diseño por ordenador y fabricación. Utilizando una información común para funciones muy diversas, desde el diseño a las pruebas, pedidos de materiales, fabricación, facturación y envíos, una industria podrá conseguir un producto mejor y satisfacer más al cliente.

Dentro de los servicios financieros, la banca ha sido uno de los principales inver-

**Figura 3**  
Integración de un futuro conmutador de banda ancha con el Sistema 12.



como el de mantenimiento y periféricos y el de reloj y tonos, y además de otros módulos nuevos de banda ancha que se desarrollarán a partir de la arquitectura normalizada del sistema. En la figura 3 se muestra cómo podría integrarse la conmutación de banda ancha dentro del Sistema 12.

### Aplicaciones a empresas fabriles y financieras

El Sistema 12 es mucho más que una red de comunicaciones perfeccionada y rentable: puede constituir el núcleo de un sistema completo que facilite la relación eficaz entre las distintas funciones de una empresa. El concepto fundamental es que el Sistema 12 integra las funciones de transporte y conmutación con las de procesamiento, permitiendo la localización, acceso y transporte de la información en el momento adecuado al lugar en que ha de ser procesada, canalizando los resultados hacia el proceso siguiente y así sucesivamente.

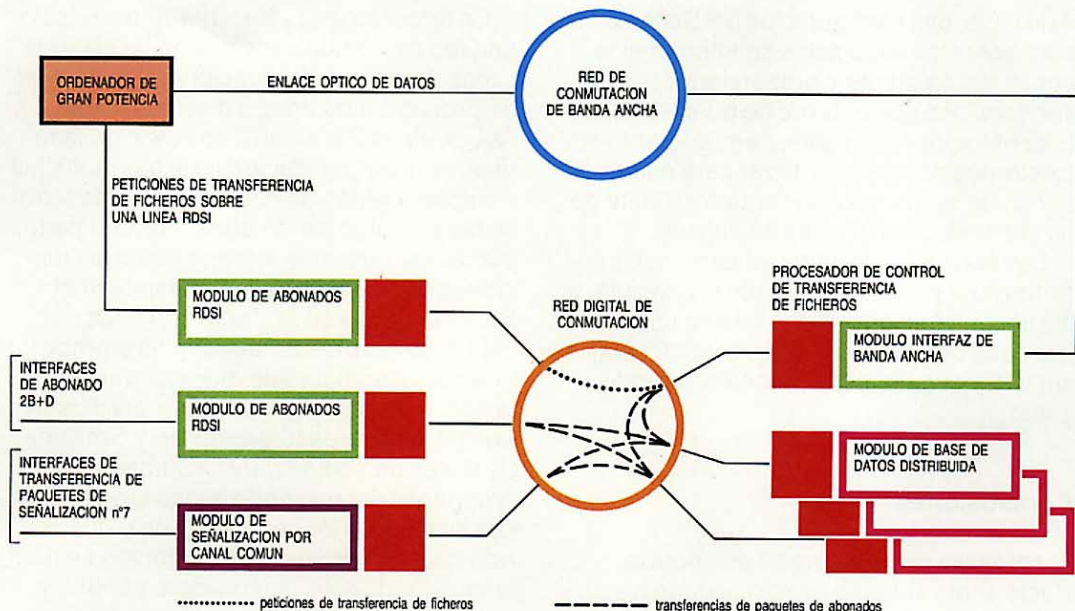
Dos aplicaciones de este tipo, actualmente estudiadas con intensidad, son la automatización de fábricas y los servicios financieros. En el caso de las fábricas, la utilización del Sistema 12 como núcleo de comunicaciones podría revolucionar los conceptos de fabricación, dando paso a nuevas y sugestivas oportunidades de negocio, y ayudando a conseguir una cali-

sores en ordenadores y equipo avanzado de comunicaciones a lo largo de las dos últimas décadas. Para procesar las enormes cantidades de datos que los bancos manejan a diario se han necesitado grandes ordenadores, pero ahora, gracias al Sistema 12, existe la alternativa de integrar el proceso realizado en un ordenador con los medios de comunicación, como se muestra en la figura 4. Otra solución consiste en realizar mediante el Sistema 12 un sistema bancario basado en un proceso de datos distribuido y en bases de datos también distribuidas, con sus ventajas de ampliación incremental, mayor fiabilidad y flexibilidad. Ya no es necesario transferir físicamente todos los datos a un gran centro de proceso de datos, sino que se puede realizar localmente la mayor parte del proceso; sólo se han de distribuir por la red aquellos datos que se necesitan en algún otro lugar. Otra ventaja de este enfoque es la de posibilitar toda una gama de nuevos servicios, permitiendo a los bancos ofrecer a sus clientes una serie de facilidades a la medida de sus necesidades.

En cualquier aplicación, el Sistema 12 admite dos modos de proceder. El primero y quizá el más utilizado en un futuro próximo, es conectar el equipo existente a través de un módulo del Sistema 12 que proporcione las conversiones de formato, veloci-



**Figura 4**  
Integración de ordenadores y comunicaciones basada en una instalación Sistema 12 con posibilidades de conmutación de banda ampliada y de banda ancha.



dad y protocolo necesarias para el interfuncionamiento de equipos que por sí serían incompatibles. El segundo implica desarrollar módulos Sistema 12 especializados para las tareas que ha de realizar el sistema en su conjunto; tales módulos podrían ser desarrollados por ITT o por terceros que pudieran conectar fácilmente su equipo al núcleo formado por el Sistema 12, por medio de los interfaces normalizados.

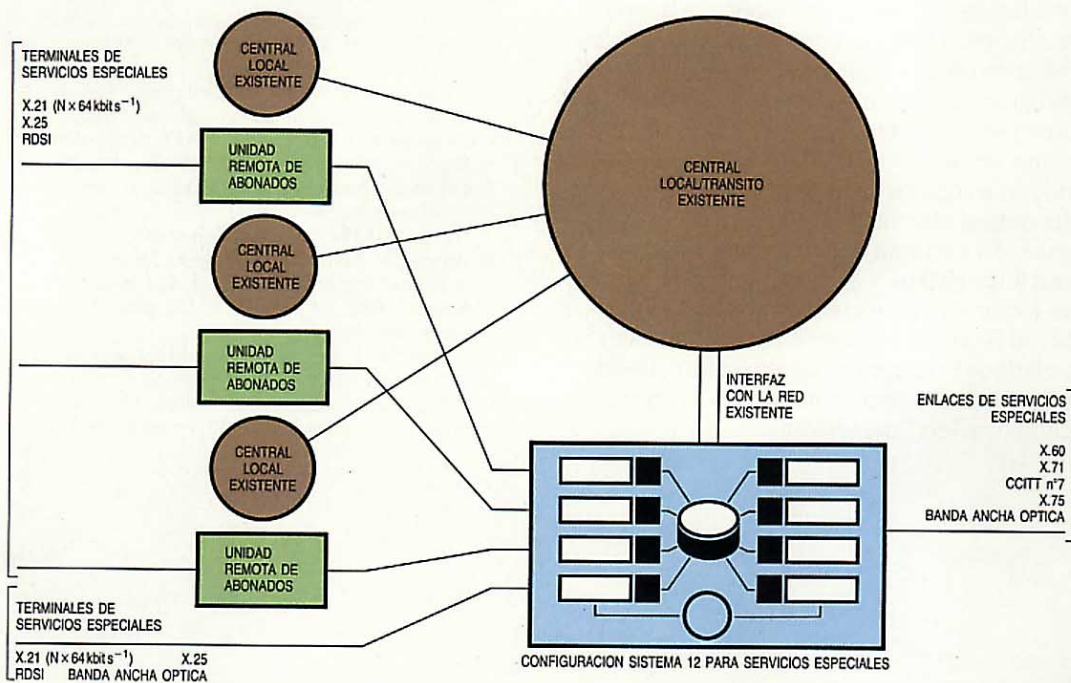
**Superposición de servicios especiales**

Uno de los grandes problemas que implica la prestación de servicios RDSI a todos los abonados conectados a todas las centrales en un plazo razonable, es la enorme inversión realizada en los sistemas de conmutación electromecánica y de control por programa almacenado ya existentes, muchos de los cuales llevan sólo de cinco a diez años instalados y tienen por tanto una larga vida útil por delante. Esta planta, aún no amortizada, no se puede desechar alegremente, pero es muy lógico que tan pronto como aparezcan nuevos servicios los abonados quieran utilizarlos y las administraciones deseen prestarlos para aumentar sus ingresos. De nada vale saber que existen una serie de servicios RDSI, si la Administración no puede llevarlos hasta el domicilio o la empresa del abonado.

Una forma de superar este obstáculo consiste en lo que se denomina superposición de servicios especiales (Fig. 5). En

Una forma de superar este obstáculo consiste en lo que se denomina superposición de servicios especiales (Fig. 5). En

**Figura 5**  
Configuración superpuesta de servicios especiales, utilizable para prestar nuevos servicios a los abonados, a la vez que se aprovecha la inversión realizada en centrales analógicas existentes.





este caso, una configuración del Sistema 12 para servicios especiales se interconecta con la red existente y proporciona los nuevos servicios que esta red no puede prestar. Este enfoque es rentable, pues las centrales existentes se pueden utilizar para cursar el tráfico de voz hasta que lleguen al límite de su capacidad o al final de su vida útil.

Los abonados pueden así aprovecharse de los nuevos servicios desde el principio, y las administraciones beneficiarse con los ingresos que tales servicios proporcionen, sin tener que desechar planta no amortizada.

## Conclusiones

El potencial del Sistema 12 es enorme. Hasta ahora ITT sólo ha comenzado a estudiar en detalle unas cuantas de sus múltiples aplicaciones en el hogar, la empresa, la industria y los servicios. Como este artículo cierra el número especial sobre el Sistema 12, vale la pena recapitular algunas de las características que han posibilitado tan variada gama de aplicaciones.

En primer lugar, la garantía de futuro. La arquitectura modular, con sus interfaces normalizados, facilita el aprovechamiento de la nueva tecnología y la adición de nuevos servicios sin afectar al equipo ya instalado, añadiendo al mismo tiempo la potencia de procesamiento necesaria para dichos servicios.

Figura en segundo lugar la garantía de aplicación del Sistema 12. Igual cursa y conmuta servicios telefónicos que no telefónicos; maneja información de banda estrecha y de banda ancha hasta  $1920 \text{ kbit s}^{-1}$  en una RDSI; da soporte para una futura red de conmutación de banda ancha; trata tanto la conmutación de circuitos como la de paquetes. Todas estas características aseguran su flexible utilización en una gama muy amplia de aplicaciones, como ya se ha indicado en este artículo. Hay que resaltar de nuevo que, aunque ITT considera el control distribuido como la solución correcta para la conmutación en una futura RDSI, y espera que la distribución se extienda hasta los terminales de abonado, el Sistema 12 puede también prestar facilidades de control centralizado cuando sea necesario, confirmando así la "garantía de aplicación" del sistema.

En tercer lugar, el Sistema 12 no es sólo una red de comunicación, sino un sistema capaz de integrar las funciones de muchas empresas e industrias a distintos niveles. Así, pues, el Sistema 12 ofrece al usuario una vía eficaz para racionalizar sus múltiples y dispares redes de comunicación desarrolladas a lo largo de los años. Por otra parte, puede ser deseable integrar todas las funciones de una fábrica, y aquí también el Sistema 12 ofrece una solución eficaz.

El desarrollo del Sistema 12 ha promovido una nueva arquitectura modular de conmutación, nuevos circuitos VLSI y práctica de equipo. Se han escrito cerca de 1,5 millones de líneas de código para herramientas de programación, habiendo desarrollado técnicas avanzadas de programación y nuevas normas y procedimientos. También se han elaborado nuevos compiladores CHILL y una infraestructura completa para fabricación y control de configuración de la programación. Todo esto unido constituye un fundamento sin precedentes donde basar las nuevas aplicaciones, asegurando así un largo futuro al Sistema 12, que alimentará la revolución de la información al aproximarnos al siglo veintiuno.

## Referencias

- 1 R. Cohen: Sistema 12: Mejoras tecnológicas: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 29–34 (en este número).
- 2 R. H. Mauger: Sistema 12: Arquitectura para el cambio: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 35–42 (en este número).
- 3 J. Danneels y A. Vandeveld: Sistema 12: Circuito de línea analógica: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 43–47 (en este número).
- 4 W. Frank, M. C. Rahier, D. Sallaerts y D. C. Upp: Sistema 12: Puerto doble de conmutación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 54–59 (en este número).
- 5 R. Dierckx y J. R. Taeymans: Sistema 12: Circuito de línea RDSI: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 105–111 (en este número).
- 6 K. Nigge, K. Rothenhöfer y P. Wöhr: Sistema 12: Conmutación para el sistema por satélite alemán: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 137–144 (en este número).
- 7 G. Adams, M. Böhm y K.-D. Eckert: Sistema 12: Aplicaciones a radio móvil celular: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 212–219 (en este número).
- 8 A. Bessler, M. E. Edelman y L. Lichtenberg: Sistema 12: Sistema de comunicaciones de empresa ITT 5630: *Comunicaciones Eléctricas*, 1985, volumen 59, nº 1/2, págs. 179–187 (en este número).



## Contribuyeron a este número

**G. Adams** nació en Mortsels, Bélgica, en 1946. Estudió en la Universidad de Lovaina, donde se graduó en 1971. Dos años después ingresó en BTM como ingeniero de desarrollo de programación para METACONTA\* 10C. En 1976 pasó a participar en el diseño de programas para tratamiento de llamadas en la central Metaconta 10CN. Desde 1980 el Sr. Adams es ingeniero de sistemas dedicado al Sistema 12.

**Domenico Ardizzone** nació en Milán en 1946. Estudió y se diplomó en ingeniería mecánica en el Instituto Técnico de Varese, y en modernas tecnologías mecánicas en una escuela de ingeniería avanzada de Milán, donde obtuvo su grado. Entre 1967 y 1970 trabajó en generación de energía y en estaciones de bombeo y oleoductos. El Sr. Ardizzone ingresó luego en FACE, donde ha trabajado en equipos de conmutación electromecánica y, más recientemente, en el desarrollo e introducción del Sistema 12. Actualmente participa en la ingeniería de productos de la División de Conmutación de FACE.

**Dietrich Becker** nació en Frankfurt/Main en 1935. Estudió ingeniería de comunicaciones en la Universidad Técnica de Darmstadt y luego trabajó como profesor adjunto en dicha Universidad, en la que obtuvo el grado de Doctor Ingeniero en 1966. Posteriormente entró en SEL, habiendo ocupado diversos puestos en el laboratorio central y más tarde en el Centro de Investigación, donde fue jefe de la división de sistemas. En 1982, el Dr. Becker fue nombrado jefe de ingeniería de sistemas en el departamento de investigación y desarrollo, con responsabilidad sobre RDSI y comunicación de datos.

**George Becker** nació en 1932. En 1958 se diplomó en ingeniería eléctrica por la Technische Hochschule de Darmstadt. Después de trabajar en AEG en desarrollo de equipos, ingresó en SEL en 1960. Durante tres años trabajó en desarrollo general de programación, pasando luego a la División de Conmutación en la que ha participado en el desarrollo de programación para sistemas de conmutación SPC, como Metaconta 10C, EWS, y el Sistema 12. En 1972, el Sr. Becker ascendió a jefe del departamento de programación de la División de Conmutación de SEL, y en 1979, a jefe de programación del Sistema 12, responsable del desarrollo en SEL de dicha programación.

**Alfons Bessler** nació en Stuttgart, Alemania, en 1936. Estudió telecomunicaciones en la Escuela Técnica Superior de Esslingen, donde se graduó en 1962 e ingresó seguidamente en SEL. Después de trabajar en el sistema HE60 de conmutación semielectrónica y pasar algún tiempo en compañías ITT de EE.UU., se integró en el equipo de desarrollo de la PABX HERKOMAT\*. En 1971 el Sr. Bessler fue nombrado jefe de proyectos para el desarrollo de PABX. Más tarde, en 1978, se hizo cargo del desarrollo de equipo y programación para PABX; desde 1982 es jefe del centro de diseño de nuevos sistemas digitales de comunicaciones de empresa en SEL.

**Marcel Beyltjens** nació en Amberes, Bélgica, en 1946. Se graduó en ingeniería electrónica por la Escuela Técnica Superior de Amberes en 1967, y luego pasó tres años en Manufacture Belge de Lampes et Matériel Electronique trabajando en microprogramas para ordenadores, incluyendo en ello después el tratamiento de recuperación en centrales telefónicas con muchos procesadores. En 1978, el Sr. Beyltjens entró en el ITC, Bruselas, siendo nombrado jefe del diseño de alto nivel de programación del Sistema 12, responsable de su arquitectura lógica. Participa en el equipo de integración de programación como jefe de la gestión de productos.

**Manfred Böhm** nació en Schlewecke, Wolfenbüttel, en 1934. Estudió telecomunicaciones en Darmstadt y Berlín desde 1954 a 1960. En 1960 se incorporó a Standard Elektrik Lorenz AG, en el campo de control remoto digital que pronto cambió por el de radionavegación, con especial atención al proceso de señales digitales. En 1977 el Dr. Böhm se convirtió en director de RD&E de sistemas de navegación; desde 1980 es director de RD&E de sistemas de radio y de navegación.

**Joseph A. Broux** nació en Munsterbilzen, Bélgica, en 1931, y obtuvo el título de ingeniero electrónico en la Universidad de Lieja. Ingresó en BTM en 1957 como ingeniero de desarrollo, trabajando en sistemas de conmutación electrónicos para redes públicas. En 1972 se encargó del diseño de sistemas para METACONTA 10C, y más tarde llegó a ser jefe del producto. En 1983 el Sr. Broux se incorporó como jefe responsable de realización, al grupo de desarrollo del Sistema 12, para el proyecto de Dinamarca.

**P. A. Caballero** nació en Córdoba, España, en 1943. Se graduó ingeniero electromecánico en la Escuela Técnica Superior del ICAI, Madrid, en 1966 y después siguió cursos en automática en la Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique, Paris, donde recibió el título de Maître ès Sciences en 1968. En 1971 se graduó Doctor Ingeniero por la Universidad de Madrid. Después de trabajar en el Centre d'Etudes et Recherches en Automatismes, el Dr. Caballero ingresó en el Centro de Investigación de Standard Eléctrica (CISE). En la actualidad es Director del Departamento de Tecnología de Sistemas del CISE, así como profesor ordinario de la Escuela Técnica Superior del ICAI.

**Agustín Campos Flores** nació en Torrijos (Toledo), España, en 1944. Obtuvo la licenciatura en ciencias físicas en la Universidad de Madrid, en 1966, y en 1969 entró en Standard Eléctrica. Tres años después se dedicó a conmutación digital en el proyecto PCM-B, en LCT. A su regreso al Centro de Investigación de Standard Eléctrica, fue responsable del modelo PCM-B instalado en Madrid, en 1977. Después de un período de trabajo en ATC de Shelton, dedicado al Sistema 12, regresó a SESA donde ha participado en el diseño de pequeñas centrales Sistema 12 con su explotación y mantenimiento a distancia.

\* Marca registrada del Sistema ITT



**F. Casali** nació en Milán, Italia, en 1947. Estudió física en la Universidad de Milán, donde se graduó en 1971. Del 1969 al 1974 trabajó como jefe de proyecto en el laboratorio de conmutación electrónica de Telettra. Pasó entonces a SECI como jefe de su laboratorio de desarrollo. En 1976, el Sr. Casali ingresó en FACE, donde es responsable de estudios de planificación de redes.

**Alain Chalet** nació en Bruselas, en 1946. En 1969 se graduó ingeniero civil en mecánica y electrónica en la Université Libre de aquella ciudad, y, en 1970, ingeniero en matemáticas aplicadas e informática en el Institut de Mathématiques Appliquées de Grenoble. A continuación ingresó en Philips, donde trabajó en el desarrollo de sistemas operativos, compiladores y aplicaciones de telecomunicación. En 1982, el Sr. Chalet entró en el ITC, siendo allí actualmente jefe de diseño de sistema para productos, responsable de los desarrollos RDSI.

**Richard S. Chiapparoli** nació en Scranton, Pensilvania, en 1949. En 1969 se graduó AS en ingeniería eléctrica por la Universidad de aquel Estado, BS en ingeniería eléctrica por el Spring Garden College, en 1972, y MS en ingeniería eléctrica por el Instituto de Tecnología Stevens, en 1976. Trabajó en los Bell Laboratories en el desarrollo de un sistema de posición de servicio de tráfico, y en 1979 ingresó en el Advanced Technology Center de ITT. El Sr. Chiapparoli ha participado en áreas del Sistema 12 tales como operadores de dispositivos, base de datos, operador de red y sistema operativo. Como jefe de desarrollo de programación del Sistema 12, es responsable del desarrollo de la programación genérica en el ATC.

**Roger Cohen** nació en 1935. Obtuvo la licenciatura en Ciencias en la Universidad de París, y el título de Ingeniero Eléctrico en la Escuela Superior de Electricidad de dicha ciudad. Ingresó en ITT en 1964, tras un periodo como supervisor en Northern Telecom. Antes de regresar a Europa, el Sr. Cohen trabajó en el laboratorio de investigación de conmutación de ITT-CM, en la Compañía Telefónica de Puerto Rico, y como miembro del departamento técnico de ITT, en Nueva York y Bruselas. En la actualidad es Director Técnico — diseño de sistema — del Sistema 12 en el ITC (Bruselas).

**John E. Cox** posee el grado MS en informática por el Stevens Institute of Technology. Ha ocupado varios puestos directivos en ingeniería de diseño y operación. En la Western Union Telegraph Company fue responsable de los programas de conmutación para satélites nacionales y datos digitales. Al entrar en el ITT Advanced Technology Center, se hizo cargo de iniciar y orientar el desarrollo del Sistema 12. El Sr. Cox actúa como director de la ingeniería de sistemas para clientes en el departamento de ventas de ITT Network Systems Division en Raleigh, Carolina del Norte.

**Johan M. Danneels** nació en Aalter, Bélgica, en 1949. Obtuvo el grado MS en ingeniería electromecánica y el PhD en electrónica en 1972 y 1976, respectivamente, en la Universidad Católica de Lovaina. En 1983 se graduó Master en Administración de Empresas en la Universidad Boston de Bruselas. El Dr. Danneels ingresó en 1976 en el Centro de Investigación de BTM, donde actualmente es jefe de laboratorio de microelectrónica.

**M. Della Bruna** nació en 1946 en Serino, Italia. En 1972 se graduó en ingeniería electrónica en la Universidad Técnica de Nápoles, donde ejerció como profesor de dispositivos electrónicos hasta 1978. En 1974 entró en la división de comunicaciones de Selenia SpA, donde trabajó en diseño de circuitos, programas y sistemas para equipo de comunicaciones digitales y de control, y para redes de ordenadores. El Dr. Della Bruna se incorporó al centro de diseño de FACE Sud en 1978, donde fue responsable de circuitos y sistemas para el proyecto de Acilia. Actualmente dirige el Centro de Diseño de FACE para el Sistema 12, encargándose de coordinar el desarrollo de centrales locales, de tránsito y combinadas.

**F. J. de los Ríos** nació en Reinosa, España, en 1940. Se graduó en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Madrid, en 1964, y luego trabajó en aplicaciones de ordenadores en NCR, en dicha ciudad. En 1966 ingresó en el Centro de Investigación de Standard Eléctrica (CISE) donde ha participado en la aplicación de los ordenadores a la planificación de redes y al control de producción. En la actualidad, el Sr. de los Ríos es jefe del grupo de desarrollo del Departamento de Tecnología de Sistemas del CISE.

**G. De Wachter** nació en Lubumbashi, Zaire, en 1949. En 1971 se graduó en la Universidad de Lovaina en ingeniería eléctrica y electromecánica. En 1972 se graduó en economía aplicada, y al año siguiente obtuvo un MBA en la Universidad de Chicago. Entró seguidamente en el departamento de proceso de datos de BTM, donde trabajó en sistemas de extracción y luego fue responsable del diseño de un sistema de control para el ajuste por láser de dispositivos híbridos microelectrónicos. Desde 1977 el Sr. De Wachter ha participado en la ingeniería de programación del Sistema 12, y más recientemente ha prestado soporte técnico al marketing del Sistema 12. Actualmente dirige el grupo de diseño de sistema para aplicaciones de conmutación.

**R. Dierckx** nació en Wilrijk, Bélgica, en 1956. Estudió ingeniería industrial en la Katholieke Industriële Hogeschool en Amberes, graduándose en 1978. Posteriormente estudió ingeniería eléctrica en la Universidad Católica de Lovaina, donde se graduó en 1981. Después del servicio militar, el Sr. Dierckx ingresó en el Centro de Investigación de BTM para emprender estudios de factibilidad relativos a la implantación de diseños VLSI. Asimismo se dedica a arquitecturas de VLSI y proceso digital de señal.

**Reiner Drignath** nació en Braunschweig, en 1950. En 1974 se graduó Dipl.-Ing. en comunicaciones eléctricas por la Universidad de Stuttgart. Desde 1974 a 1982 trabajó en el Instituto para las Telecomunicaciones en la citada Universidad, donde logró el grado de Dr.-Ing. en 1983. El Dr. Drignath entró en SEL en 1982, siendo actualmente jefe de diseño de sistemas RDSI.



**K.-D. Eckert** nació en 1932 en Blankenburg/Harz, Alemania. Estudió ingeniería de comunicaciones eléctricas en la Universidad Técnica de Berlín, y en 1959 obtuvo el grado de Dipl.-Ing. Ingresó en SEL en 1965, para trabajar en radionavegación y comunicación, encargándose del desarrollo de ayudas a la navegación civil y militar, incluyendo sistemas de aterrizaje por microondas. Posteriormente el Sr. Eckert fue jefe del grupo de desarrollo avanzado y planificación de sistemas en el departamento de I + D de radionavegación de SEL, responsable de la concepción y desarrollo del sistema digital de radio móvil CD900.

**Manfred E. Edelmann** obtuvo la graduación en ingeniería eléctrica y electrónica en 1966 en la Badische Ingenieurschule de Karlsruhe. Ingresó en SEL en 1960 y trabajó como ingeniero de laboratorio en sistemas internacionales. Desde 1972 a 1975 fue responsable de pruebas de la PABX electrónica HERKOMAT III, y en 1976 fue nombrado jefe del desarrollo de una PABX de mediana capacidad con control por programa almacenado. Desde 1982, el Sr. Edelmann ha dirigido el departamento de desarrollo de programación responsable de los programas de aplicación del ITT 5630 BCS.

**Per Erlandsson** nació en 1928, en Kumla (Suecia). Estudió en la Real Universidad Técnica de Estocolmo, ingresando en 1955 en L. M. Ericsson, donde trabajó en el departamento de exportación de centrales telefónicas. En 1963 pasó a SRT, en Estocolmo, participando allí en el desarrollo del sistema rural PENTACONTA PC32. Al ser transferido a BTM este sistema, se trasladó a Amberes, y en 1971 fue comisionado a SESA, Madrid, como jefe del PCC del PC32. En 1979, el Sr. Erlandsson fue transferido a SEK, Horsens, para trabajar como secretario técnico del director técnico de la Compañía. Actualmente participa intensamente en la introducción del Sistema 12 en Dinamarca.

**Miguel Fernández Moreno** nació en 1939 en Madrid, en cuya Universidad se graduó Ayudante de Ingeniero en 1960 e Ingeniero Superior en 1966, ambos en Telecomunicaciones. En 1956 ingresó en Standard Eléctrica, donde trabajó en la ingeniería de los sistemas de conmutación Rotary y Pentaconta, y más tarde en ingeniería de tráfico e ingeniería de sistemas en el Centro de Investigación de la misma Compañía, durante el desarrollo del Sistema Metaconta, así como en la dirección de marketing del departamento de conmutación electrónica. Recientemente, el Sr. Fernández Moreno ha sido nombrado Director de Marketing de Redes de Telecomunicación.

**Bernard J. Fontaine** nació en 1939 en Valenciennes, Francia. Se graduó en matemáticas aplicadas en la Universidad de Lille, ingresando en 1963 en ITT, París, donde trabajó como ingeniero de programación en el grupo de sistemas de datos. Después de pasar tres años en BTM asignado al desarrollo del Metaconta 10CX, ocupó varias posiciones en departamentos técnicos de ITT en las oficinas centrales de Bruselas y Nueva York. El Sr. Fontaine ingresó en el ITC en 1976, y en 1979 fue nombrado director de exportación en CGCT (París), volviendo a ITTE en 1982. Actualmente dirige la línea de productos de conmutación.

**Willi Frank** nació en Alemania en 1945. En 1968 se graduó en ingeniería eléctrica y en 1973 obtuvo el grado de Dipl.-Ing. en telecomunicación en la Universidad Técnica de Darmstadt. Ingresó entonces en SEL como ingeniero de desarrollo, y posteriormente fue nombrado jefe de grupo del diseño de circuitos de centrales digitales, siendo responsable de la red digital de conmutación del Sistema 12 y del diseño de circuitos LSI/VLSI. El Sr. Frank dirige actualmente el departamento de diseño de programas de prueba. Es miembro del NTG.

**Lorenz Gasser** nació en Yugoslavia en 1927. Desde 1944 a 1950 trabajó en una mina en la Unión Soviética, y seguidamente estuvo tres años empleado en una central eléctrica en Württemberg. Después estudió en el Staatliche Ingenieurschule, Frankfurt, y en 1956 se graduó ingeniero de telecomunicación. Seguidamente el Sr. Gasser ingresó en SEL, donde ha trabajado en el desarrollo de tecnologías de transmisión y conmutación. Actualmente es jefe del laboratorio de transmisión y desarrollo avanzado en el grupo de comunicaciones privadas.

**Lester A. Gimpelson** recibió los grados BS, MS y EE en ingeniería eléctrica en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), donde ocupó el puesto de instructor. Fue supervisor en los Bell Telephone Laboratories antes de ingresar en ITT Nueva York en 1968. El Sr. Gimpelson fue transferido a ITT Europe en 1973, donde actualmente es director técnico de sistemas de telecomunicación en la Dirección de ITT Europe en Bruselas. También es editor ejecutivo de la revista técnica de ITT *Comunicaciones Eléctricas*.

**Frans Haerens** nació en 1941 en Zwegen, Bélgica. Se graduó en ingeniería electrotécnica y electrónica en 1962, y dos años después entró en BTM como ingeniero de diseño de ordenadores para centrales META-CONTA\* 10C. A continuación participó en el diseño lógico y físico de sistemas telefónicos y de datos, incluyendo la central PCM-B, el Sistema 12, y desarrollos en conmutación de paquetes. El Sr. Haerens es hoy responsable, en el centro de diseño del Sistema 12 en BTM, del diseño de procesadores, periféricos y LSI. En sistemas, su principal misión son las contribuciones de ITT al desarrollo del módulo de señalización por canal común CCITT nº 7.

**K. J. Hamer-Hodges** nació en Inglaterra, en 1945. Se graduó CNAa en la Politécnica de Portsmouth en 1967. Posee 15 años de experiencia internacional en el campo de la conmutación para telecomunicaciones, adquirida en desarrollos de conmutadores controlados por ordenador en el Reino Unido y los Estados Unidos, y se le considera como uno de los inventores del Sistema 12 de conmutación digital. En 1982/1983 el Sr. Hamer-Hodges fue responsable de la integración y prueba de sistema de las primeras centrales de tránsito Sistema 12. Actualmente trabaja en el ITC en Bruselas, coordinando el programa genérico de productos Sistema 12 para ITT.

\* Marca registrada del Sistema ITT



**Steiner Husby** nació en Spydeberg, Noruega, en 1941. Después de pasar tres años en las Reales Fuerzas Aéreas Noruegas trabajando en equipos de aviones y comunicaciones por radioenlaces, en 1964 se graduó ingeniero eléctrico en el Göteborgs Tekniska Institut. Ingresó a continuación en la Tele Division de STK, donde ha participado en varios proyectos de desarrollo multinacionales de ITT en Francia, Inglaterra y Noruega. Actualmente el Sr. Husby es responsable del soporte técnico y de CAD/CAM en la división.

**Timothy Israel** nació en Batavia, Indonesia, en 1947. Estudió en la Escuela de Ingeniería Electrónica de Hilversum, Holanda, donde se graduó en 1971. Dos años después entró en SEL, dedicándose a desarrollos de equipos y programas para sistemas de conmutación electrónica y sistemas de teclado. En 1982, el Sr. Israel pasó a dirigir el grupo que desarrolla el teléfono digital, responsable de las actividades telefónicas para la RDSI.

**Dagobert Klein** nació en Stuttgart en 1937. Después de estudiar telecomunicación en la Universidad de aquella ciudad y de recibir el grado Dipl.-Ing., se incorporó a SEL. En 1972 se convirtió en líder del laboratorio de redes para productos de transmisión, dirigiendo hoy el desarrollo de la transmisión sobre la red local y la transmisión de datos.

**Manfred Langenbach-Belz** nació en Frankfurt, en 1944. En 1968 se graduó Dipl.-Ing. en comunicaciones eléctricas en la Universidad de Stuttgart. De 1969 a 1974 trabajó en el Instituto de técnicas de conmutación y datos de aquella Universidad, dedicándose principalmente a las técnicas MIC, simulación, teoría de telecomunicación y teoría de colas aplicada a los ordenadores y a las redes de comunicación. En 1973 se graduó Doctor Ingeniero. Al año siguiente el Dr. Langenbach-Belz se incorporó a SEL, donde ha trabajado en el desarrollo de sistemas SPC y después ha dirigido el Centro de Diseño del Sistema 12. Es miembro del N.T.G.

**Leo Lichtenberg** nació en Colonia, Alemania, en 1942. Estudió electrónica y telecomunicación en la Staatliche Ingenieurschule de Colonia, graduándose en 1967. Ingresó en SEL ese mismo año, trabajando en desarrollo de PABX. Después de un periodo en EE.UU. participando en el desarrollo de la primera PABX SPC, fue nombrado responsable del desarrollo de funciones de control de periféricos de la UNIMAT 4080. Desde 1979 ha participado en el grupo ITT de estudio de nuevas generaciones de PABX. El Sr. Lichtenberg es en la actualidad jefe del departamento de diseño de sistemas, incluyendo el ITT 5630 BCS.

**Jan Loeber** nació en Alemania y se trasladó a Estados Unidos a los 10 años, estudiando física en la universidad y graduándose MBA. Tras de trabajar dos años en IBM y servir como teniente otros dos años en el Ejército, fue destinado al Pentágono. Fue después analista de sistemas en el servicio civil de Estados Unidos, pasando luego al Security National Bank donde llegó a ser vicepresidente para el desarrollo de sistemas de información a la dirección. Más tarde el Sr. Loeber dirigió el marketing de industrias financieras en AT&T, desempeñando después diversos cargos, entre ellos el de

director de gestión de productos para PABX y Centrex y por último el de director ejecutivo para todos los procesadores y centralitas de AT&T. A continuación entró en ITT y se ha trasladado recientemente a ITT Europe, donde es vicepresidente y director de mercados y productos para telecomunicaciones y electrónica.

**R. H. Mauger** nació en Castleford, Inglaterra, en 1943 y se graduó en ingeniería eléctrica en la Universidad de Londres. Trabajó nueve años en Plessey, terminando como director de diseño de sistemas del Sistema de Comunicaciones Tácticas Ptarmigan para el ejército británico. Pasados tres años con Philips en Holanda, entró en el ITC, en Bruselas, donde ha sido director de diseño de sistemas del Sistema 12 desde 1979. En este puesto el Sr. Mauger ha sido el responsable general del desarrollo evolutivo del Sistema 12.

**Herbert May** nació en Jena, en 1949. Estudió en las Universidades de Bochum y de Stuttgart, y se graduó en 1975. Posteriormente trabajó como profesor adjunto en el Institut für Elektrische Nachrichtentechnik de la segunda Universidad, en el campo de la microelectrónica. En 1981 se le concedió el grado de Doctor Ingeniero por su trabajo en electrónica de bajas temperaturas. El Dr. May entró entonces en SEL como jefe de desarrollo de terminales digitales de abonado y sistemas de teclado integrados. Actualmente dirige el centro de diseño, responsable del desarrollo RDSI.

**Fabio Minuti** nació en Pontedera, Italia, en 1974. Se graduó en ingeniería electrónica en 1973, en la Universidad Técnica de Pisa. Al siguiente año entró en el departamento técnico de Italcable, donde trabajó en el área de conmutación y señalización telefónica para la definición de sistemas e instalación de las nuevas centrales. Participa también en el estudio de ingeniería de tráfico de la red de Italcable. Desde 1981, el Sr. Minuti ha sido coordinador del desarrollo, instalación y corte de la central interurbana internacional del Sistema 12 en Sicilia.

**Guillermo Morales Andrés** nació en Madrid, España, en 1946. Se graduó Ingeniero Superior de Telecomunicación en 1969 en la Universidad Politécnica de Madrid, y en el mismo año se incorporó al grupo de estudios de tráfico del Centro de Investigación de Standard Eléctrica. Fue jefe de proyecto para el dimensionado de las centrales Pentaconta y Sistema 12. Actualmente el Sr. Morales es jefe del grupo de estudios en el Departamento de Tecnología de Sistemas. Ha impartido enseñanza en matemáticas y en teoría de tráfico.

**Jürgen Nenz** estudió informática en la Universidad Técnica de Karlsruhe, donde obtuvo el título de "Dipl.-Inform." en 1976. El mismo año entró en SEL, y fue enviado a trabajar en el proyecto de programación del ADX 6100 de IDEC, en el Reino Unido. A su vuelta a SEL, se responsabilizó del soporte y mantenimiento de programas durante el lanzamiento al mercado de este producto. En 1980 el Sr. Nenz pasó a ser Director de GCP en el departamento central de calidad de SEL. Al mismo tiempo se vio involucrado en el desarrollo de programas del Sistema 12. Fue nombrado Director de Desarrollo de programas de SEL en Berlín en 1983, siendo allí responsable del desarrollo de programas para el proyecto piloto de RDSI.



**K. Nigge** nació en 1928. Estudió comunicaciones eléctricas en la Universidad Técnica de Aquisgrán e ingresó en SEL en 1962 como ingeniero de desarrollo para conmutación pública, trabajando desde el primer momento en conmutación digital. El Sr. Nigge es responsable del departamento de redes de conmutación especiales y es el jefe del centro de diseño de SEL para el sistema alemán por satélite.

**Luigi Peli** nació en 1931 e ingresó en FACE en 1947. Ha mantenido una estrecha participación en actividades de ingeniería, siendo jefe de ingeniería de conmutación electromecánica. En 1968 se dedicó a la introducción de las técnicas de conmutación electrónica, y desde entonces ha participado en el diseño y desarrollo de sistemas tales como Mini PCM, Sistema B, META-CONTA\* y Sistema 12. El Sr. Peli ostenta ahora la posición de jefe de ingeniería de producto en la División de Conmutación de FACE.

**Robert E. Pickett** se graduó en ingeniería eléctrica por el Carnegie Institute of Technology, en 1950. A continuación ocupó varios puestos de ingeniería de sistemas y marketing en North Electric Co., actualmente perteneciente a ITT. En particular, fue responsable de la iniciación y planificación del sistema de conmutación digital ITT 1210. El Sr. Pickett es actualmente director de planificación de sistemas avanzados en ITT Network Systems Division, en Raleigh. También es miembro de diversos comités industriales, técnicos, paneles y grupos asesores.

**Michel C. Rahier** nació en Namur, Bélgica, en 1953. Se graduó ingeniero eléctrico y se doctoró en microelectrónica en la Universidad de Lovaina en 1976 y 1979, respectivamente. En 1980 ingresó en el grupo de investigación del Laboratorio Central de Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, donde ha participado en el diseño de circuitos integrados a medida para aplicaciones de telecomunicación, incluyendo el circuito de línea de abonado, la red digital y la telefonía digital. El Dr. Rahier es en la actualidad jefe del grupo de diseño VLSI del Centro de Investigación Avanzada de BTM en Amberes.

**H. W. Renz** nació en 1944, y estudió ingeniería eléctrica en la Universidad de Stuttgart. Obtuvo el grado de Doctor Ing. en 1977 con una tesis sobre filtros activos miniatura de capa fina. Al año siguiente ingresó en SEL, donde ha llegado a jefe del departamento del laboratorio encargado del diseño de filtros activos y pasivos. El Dr. Renz también participa en el desarrollo de equipo de transmisión analógica y digital, incluyendo componentes para una RDSI.

**Ejner Rishøj** nació en 1925 en Aarhus, Dinamarca. Se incorporó a Jutland Telephone en 1950 como técnico responsable de la instalación y prueba de las centrales de barras cruzadas. Tras un período de formación y entrenamiento pasó al departamento de administración central de la Compañía. Ha participado en múltiples grupos de trabajo nacionales para especificar los requisitos de nuevos sistemas de conmutación telefónica en Dinamarca, en concreto para las centrales del Sistema 12. El Sr. Rishøj es actualmente jefe de instalación de JTAS, responsable de la introducción del Sistema 12 en Jutlandia.

**Bruno Rossi** nació en Cuneo, Italia, en 1948 y se graduó en electrónica en la Politécnica de Turín, en 1973. En el mismo año, se incorporó a FACE Standard y fue destacado a STL, en el Reino Unido. Regresó a FACE en 1977, donde se encargó de llevar a cabo las especificaciones de señalización y control de llamada para centrales digitales. El Sr. Rossi es adjunto al director del Centro de Investigación de FACE, con responsabilidad en varios proyectos en las áreas de RDSI, RDSI de banda ampliada, PABX-LAN, y proceso de voz. Asimismo representa a FACE en las Comisiones de Estudio del CCITT n<sup>os</sup> VII, XI y XVIII, y en los grupos de trabajo nacionales relacionados.

**K. Rothenhöfer** nació en 1941 y estudió técnicas de comunicaciones y proceso de datos en la Universidad Técnica de Stuttgart. En 1967 ingresó en SEL como ingeniero de diseño de equipo para conmutación privada. Poco después pasó al diseño de programas para el Metaconta 10C télex, EWS analógico y Sistema 12. En la actualidad, dirige un departamento que diseña la programación para el sistema alemán por satélite.

**Danny Sallaerts** nació en Lovaina, Bélgica, en 1957. En 1980 obtuvo el título de ingeniero electrónico en la Universidad Católica de aquella ciudad. Al año siguiente entró en el grupo de diseño de microelectrónica de BTM, Amberes, donde en la actualidad dirige el proyecto VLSI. Principalmente se dedica al diseño de circuitos de comunicaciones digitales.

**Robert S. Schaaf** estudió en la Universidad Tecnológica de Delft, Holanda, donde obtuvo el MS en ingeniería eléctrica. Durante dos años en Philips y 12 años en IBM ocupó varios puestos de dirección y desarrollo de productos en Europa y en EE.UU., relacionados principalmente con arquitecturas de comunicación de sistemas operativos y productos para oficinas. El Sr. Schaaf ingresó en ITT en 1980, como director del Programming Technology Center en Stratford, pasando luego al ITC de Bruselas como director de la programación del Sistema 12.

**Siegfried Schmoll** nació en Stuttgart en 1940. En 1964 se graduó Dipl.-Ing. en la Universidad de dicha ciudad y comenzó a trabajar en SEL en el grupo de ingeniería de sistemas de transmisión. Desde 1972 dirige el desarrollo de transmisión de datos y representa a SEL en varias Comisiones de Estudio del CCITT.

**José Serrano Hernández** nació en Madrid, España, en 1946. En 1968 se graduó en la Escuela Técnica del ICAI en ingeniería industrial, y después de haber trabajado para la Compañía Telefónica española en aplicaciones de tiempo real para servicios a los abonados, se incorporó como ingeniero de diseño a Standard Eléctrica. Actualmente es responsable del grupo de diseño y transferencia de RDSI en el Centro de Investigación de Standard Eléctrica.

\* Marca registrada del Sistema ITT



**Jean R. Taeymans** nació en 1949, en Amberes. Estudió ingeniería electrónica en la Universidad de Bruselas, donde obtuvo la graduación Master en 1971. En 1976, al entrar en el Centro de Investigación de BTM, se dedicó a diseño y tecnología de VLSI y formó parte del grupo de diseño del circuito de línea del Sistema 12. El Sr. Taeymans es en la actualidad jefe del grupo de factibilidad y diseño avanzado de VLSI del Centro de Investigación, que incluye diseño asistido por ordenador y tecnología de arseniuro de galio.

**Sergio R. Treves** nació en Turín, Italia, en 1936, y se graduó en la Politécnica de aquella ciudad en 1960. Ingresó entonces en ITT Federal Laboratories y más tarde trabajó en CGCT en tasación y registro de llamadas, y en FACE-Standard en transmisión MIC, conmutación electrónica y en el sistema CCITT nº 6. Fue jefe de proyecto para un sistema integrado de transmisión y conmutación MIC de ITT, antes de ser nombrado director científico de electrónica en FACE-Standard. En 1977 llegó a ser director técnico del grupo FACE. El Sr. Treves es profesor de comunicaciones eléctricas desde 1968.

**D. C. Upp** nació en Columbus, Ohio, en 1941. Estudió en la Ohio University donde obtuvo los grados BEE y MSEE en 1966 y 1967, respectivamente. En 1966 ingresó en el Ohio State Electro-Science Laboratory, trabajando en el desarrollo del satélite TDMA y de sistemas activos de redes de antenas. El Sr. Upp ingresó en North Electric en 1974, participando en el desarrollo DSS (ahora ITT 1210); tres años más tarde pasó al ITT ATC, donde ha sido responsable del desarrollo de LSI digitales para la central ITT 1240.

**Chris Vander Straeten** nació en Gante, Bélgica, en 1946. En 1970 obtuvo el grado de ingeniero civil en electrónica por la Universidad de Gante. Después de dos años dedicado a la enseñanza, ingresó en BTM, donde participó en el desarrollo de la programación para una central MIC. En 1975 diseñó la arquitectura de un sistema de conmutación de paquetes de datos, y al año siguiente se hizo cargo del desarrollo de programación para las aplicaciones locales del sistema de conmutación digital. Desde finales de 1979, el Sr. Vander Straeten es jefe del grupo de desarrollo de la programación genérica del Sistema 12 en BTM, así como del centro de diseño para la programación del Sistema 12.

**A. Vandeveld** nació en Lovaina, Bélgica, en 1940, y se graduó en ingeniería electrónica por la Universidad de aquella ciudad. En 1964 ingresó en BTM como ingeniero de desarrollo de la división de conmutación. Ha sido jefe de desarrollo de equipos de sistemas locales de gran capacidad e interurbanos METACONTA\* 10C. Entre 1977 y 1981 ha sido responsable del diseño Metaconta 10CN. Desde 1981 trabaja en el departamento de diseño del Sistema 12, donde participa en varios proyectos, y en particular en el desarrollo del circuito de línea analógica del Sistema 12.

\* Marca registrada del Sistema ITT

**P. Van Houdt** nació en Mol, Bélgica, en 1945. En 1969 se graduó en ingeniería electrónica por la Escuela Técnica Superior de Geel, e ingresó en la división Metaconta de BTM como ingeniero de programación. En 1973, el Sr. Van Houdt fue encargado de los programas de tratamiento de llamadas para todas las centrales Metaconta 10C locales de tamaño medio. De 1977 a 1979 fue jefe de sección para toda la programación genérica operacional basada en el procesador ITT 1600, uniéndose luego al equipo de diseño de alto nivel para el Sistema 12. Es actualmente responsable del subsistema de mantenimiento dentro del grupo de BTM dedicado a diseño genérico de programación para el Sistema 12.

**Renaat Van Malderen** nació en Bruselas (Bélgica) en 1935. Ingresó en BTM en 1958 tras graduarse en ingeniería eléctrica en la Hogere Technische School de Amberes. Tras varios años dedicado a la conmutación electrónica, pasó a GTE en los Estados Unidos, en donde continuó trabajando en el desarrollo de sistemas de conmutación con control por programa almacenado. En 1969 obtuvo el MSEE en el Illinois Institute of Technology (Chicago), y más tarde el PhD en ciencia aplicada en la Universidad de Gante (Bélgica), en 1976. En 1979, el Dr. Van Malderen ingresó en las oficinas centrales de ITT Europe, Bruselas, en donde se dedica a actividades de apoyo a los sistemas de conmutación digital.

**J. J. van Rij** nació en Oegstgeest, Holanda, en 1948. Estudió en el Technological College de Haarlem, graduándose en 1973. Ingresó en SEL en ese año, en un grupo de diseño para el desarrollo de una red digital de conmutación. Pasó a NSEM en 1978, y seguidamente a BTM en Amberes para el desarrollo del sistema de conmutación de paquetes DPS 1500. En 1981 el Sr. van Rij regresó a NSEM, donde hoy es responsable del desarrollo del módulo de enlaces analógicos del Sistema 12.

**Manuel Villén Altamirano** nació en Rute, España, en 1948. Se graduó Ingeniero Superior de Telecomunicación en 1970 en la Universidad Politécnica de Madrid. Al año siguiente se incorporó al grupo de estudios de tráfico del Centro de Investigación de Standard Eléctrica, habiendo trabajado en los estudios de tráfico de los sistemas Pentaconta y Metaconta. Actualmente el Sr. Villén se encarga de los estudios de tráfico para el Sistema 12. Ha sido profesor de matemáticas y ha dado seminarios sobre simulación para estudiantes postgraduados.

**Björn Vinge** nació en Drammen, Noruega, en 1943. Obtuvo un BSc en ingeniería eléctrica en 1968 en la Universidad de Strathclyde, Glasgow. Comenzó a trabajar entonces en STC, como ingeniero de desarrollo en conmutación, en los sistemas Pentaconta y Metaconta 11B. Pasó en 1972 a STK, donde ha trabajado en varios proyectos de conmutación, principalmente desarrollo de sistemas semielectrónicos y controlados por procesador. Actualmente el Sr. Vinge es responsable del departamento técnico de conmutación pública en STK.



**H. Weisschuh** nació en Alemania, en 1943. Estudió ingeniería eléctrica en la Universidad de Stuttgart. Entre 1970 y 1977 trabajó en el Instituto Universitario de Técnicas de Conmutación y Datos, diseñando un sistema experimental de conmutación digital. En 1977 obtuvo el título de doctor ingeniero con una tesis sobre la programación del citado sistema. El Dr. Weisschuh ingresó en SEL en 1977, dedicándose desde entonces al desarrollo e integración de programación Sistema 12.

**P. Wöhr** nació en 1930. Tras estudiar electrotecnia en FHT de Esslingen, ingresó en SEL en 1955, donde se hizo cargo de varios proyectos de desarrollo de equipos y programas. El Sr. Wöhr es ingeniero superior y jefe del departamento de desarrollo de sistemas de conmutación y transmisión en SEL. En esta posición es responsable de desarrollo de equipo físico en el Sistema 12, incluyendo el módulo de enlaces digitales.

## Abreviaturas\*

AMDF (FDMA)	- acceso múltiple por división de frecuencia	DFS	- sistema de satélite alemán
AMDT (TDMA)	- acceso múltiple por división en tiempo	DLS	- segmento de carga de datos
ANPE	- unidad de conmutación para el satélite alemán	DMA	- acceso directo a memoria
ASST	- Azienda Statale Servizi Telefonici (Administración telefónica italiana)	DMM	- módulo digital multiservicio
AT	- enlaces analógicos	DPTC	- controlador terminal de procesador duplicado
ATC	- Advanced Technology Center, compañía americana de ITT	DSE	- elemento digital de conmutación
ATM	- módulo de enlaces analógicos	DSN	- red digital de conmutación
ATME	- equipo automático de medidas de transmisión	DT	- enlace digital
BACC	- control de conexión de acceso básico	DTM	- módulo de enlaces digitales
BCS	- sistema de comunicaciones de empresa	DTRL	- lógica de enlace digital
BHCA	- intentos de llamada en hora cargada	ECA (ACE)	- elemento de control auxiliar
BIMOS	- bipolar MOS	ECMF (MFCE)	- elemento de control multifunción
BLIC	- circuito interfaz de línea en BIMOS	ECPT (TPCE)	- elemento de control de periféricos telefónicos
BTM	- Bell Telephone Manufacturing Company, asociada belga a ITT	ECT (TCE)	- elemento de control terminal
CA (AC)	- corriente alterna	EP (PE)	- ecualizador precursorio
CAE	- ingeniería de aplicación a clientes	EPROM	- PROM borrable
CAG (AGC)	- control automático de ganancia	ESC	- ITT Europe Engineering Support Centre, asociada inglesa a ITT
CAM	- memoria de contenido direccionable	ET	- terminación de central
CC (DC)	- corriente continua	ETR (TE)	- ecualizador transversal
CCITT	- Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico	FACE	- FACE Finanziaria SpA, asociada italiana a ITT
CD	- detección de colisión	FIFO	- primero en entrar, primero en salir
CDE	- ingeniería de diseño para clientes	FIT	- fallos por unidad de tiempo
CEPT	- Conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones	FMM	- máquina de mensajes finitos
CGT (CHGC)	- control de generación de tarificación	GCP (SWQA)	- garantía de calidad de programación
CHILL	- lenguaje de alto nivel del CCITT para conmutación telefónica	GLS	- segmento genérico de carga
CHM (MMC)	- comunicación hombre-máquina	GLT (LCG)	- generador local de tarificación
CLPC	- central local de pequeña capacidad	GTAI	- gestión de tráfico de tránsito entre centrales de Italcable
CMOS	- MOS complementario	HDLC	- control de alto nivel del enlace de datos
CSMA	- acceso múltiple con exploración previa	ILC	- controlador de enlace RDSI
CSR (NSC)	- centro de servicios de red	ISM	- módulo de abonados RDSI
CTM	- módulo de reloj y tonos	ISO	- Organización Internacional de Normalización
CTNE	- Compañía Telefónica Nacional de España (Administración telefónica española)	ISS	- International Switching Symposium
DBP	- Deutsche Bundespost (Administración telefónica alemana)	ITC	- International Telecommunications Center, asociada belga a ITT
DCMOS	- decodificador CMOS	ITM	- módulo de enlaces RDSI
DCPI	- interfaz dual de circuitos/paquetes	ITSS	- supervisión del servicio telefónico de Italcable
		ITTA	- ITT Austria, asociada austriaca a ITT

\* En general, las abreviaturas corresponden a la denominación inglesa, salvo cuando el uso técnico común o los organismos internacionales hayan establecido su equivalente español; en tal caso figura éste, seguido por la abreviatura inglesa entre paréntesis.



JTAS	- Jysk Telefon Aktieselskab, compañía telefónica danesa	RPDCP	- red pública de datos por conmutación de paquetes
LAP	- protocolo de acceso a línea	(PSPDN)	
LC	- circuito de línea	RPTC	- red pública telefónica conmutada
LED	- diodo fotoemisor	(PSTN)	
LSI	- integración en gran escala	RTT	- Regie van Telegrafie en Telefonie (Administración telefónica belga)
LT	- terminación de línea		
MAD (DAM)	- módulo de acceso digital	SABM	- modo equilibrado síncrono-asíncrono
MCA	- alineador multicanal	SDE (DES)	- supresor digital de eco
MD (MR)	- mensajes disponibles	SEL	- Standard Elektrik Lorenz AG, asociada alemana a ITT
MF	- código multifrecuencia	SESA	- Standard Eléctrica SA, asociada española a ITT
MIC (PCM)	- modulación por impulsos codificados	SIC	- circuito del interfaz S
MOS	- semiconductor de metal-óxido	SIGLOG	- lógica de señalización
MPM	- módulo de mantenimiento y periféricos	SIGSUP	- soporte de señalización
MVS	- almacenamiento virtual múltiple	SIP	- Società Italiana per l'Exercizio Telefonico pa (Administración telefónica italiana)
NACK	- reconocimiento negativo	SPC	- control por programa almacenado
NE (NS)	- no estandarizado	SPCE (EOS)	- subusuario PUEM de la central
NMOS	- MOS de canal <i>n</i>	S.PCIM	- PCIM de abonado
NSD	- North Switching Division, compañía americana de ITT	SPCS (NOS)	- subusuario PUEM del CSR
NSEM	- Nederlandsche Standard Electric Mij BV, asociada holandesa a ITT	S/S	- convertor serie-a-serie
NT	- terminación de red	SSM	- máquina soporte del sistema
NTA	- Administración telefónica noruega	STC	- Standard Telephones and Cables plc, compañía inglesa
OBC	- controlador incorporado	STK	- Standard Telefon og Kabelfabrik A/S, asociada noruega a ITT
OBCI	- interfaz de controlador incorporado	STR	- Standard Telephon und Radio AG, asociada suiza a ITT
OSI	- interconexión de sistemas abiertos		
OSS	- sistema soporte de explotación	TA	- adaptador de terminal
PABX	- centralita automática privada	TASI	- interpolación digital de conversaciones con asignación de tiempo
PCIM	- módulo interfaz de paquetes	TDM	- multiplex por división de tiempo
POL	- lenguaje orientado al problema	T.PCIM	- PCIM de enlace
PROM	- memoria programable de sólo lectura	TRIAC	- tiristor de triodo bidireccional
PUEM	- parte de usuario de explotación y mantenimiento	TRIMOS	- triac-MOS
(OMUP)		TTL	- lógica transistor-transistor
PUT	- parte de usuario telefónico	UIC	- circuito del interfaz U
(TUP)		URA (RSU)	- unidad remota de abonados
RAM	- memoria de acceso aleatorio	VLSI	- integración en muy grande escala
RDSI (ISDN)	- red digital de servicios integrados		
RIM	- módulo interfaz URA		
ROM	- memoria de sólo lectura		
RPDCC	- red pública de datos por conmutación de circuitos		
(CSPDN)			



## En este número

Loeber, J.

### **Sistema 12: Estado del mercado**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, n° 1/2, págs. 6–11

El carácter innovador del Sistema 12 de ITT ha determinado su rápida aceptación por las administraciones telefónicas de todo el mundo. La validez del concepto de control distribuido ha sido ya demostrada en ensayos y pruebas de aceptación, y las centrales del Sistema 12 están ahora cursando tráfico real en varios países. Las pruebas de campo RDSI ponen de manifiesto que los conceptos básicos de la central son aplicables tanto a telefonía como a servicios de datos. El autor reseña las adjudicaciones que ha conseguido el Sistema 12 de las administraciones de 19 países. Justamente a los tres años de instalarse la primera central de prueba estas adjudicaciones totalizan más de 10 millones de líneas equivalentes, haciendo que el Sistema 12 sea el sistema de conmutación digital de mayor impacto en el mercado.

Hamer-Hodges, K. J.; De Wachter, G.; Weisschuh, H.

### **Sistema 12: Integración y experiencias de campo**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, n° 1/2, págs. 12–19

Se han instalado ya 25 centrales digitales Sistema 12 en ocho países. Los autores analizan las experiencias de campo adquiridas con estas centrales, que llevan funcionando desde seis meses a tres años. Los resultados son hasta la fecha muy estimulantes, y confirman ventajas básicas de la arquitectura de control distribuido del Sistema 12. Por ejemplo, la disponibilidad del sistema y su eficacia han superado las especificaciones, y la reacción ante un fallo se ha limitado siempre a una parte reducida de la central, demostrándose claramente la fiabilidad de la arquitectura.

Van Malderen, R.

### **Sistema 12: Revisión de los conceptos fundamentales**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, n° 1/2, págs. 20–28

El Sistema 12, central digital desarrollada por ITT, ofrece una serie de características nuevas y revolucionarias, tales como el control totalmente distribuido, una red digital de conmutación inteligente y equipo y programación modulares. El autor destaca las características principales del Sistema 12, desde su arquitectura a los conceptos de programación, pasando por los distintos módulos del sistema. Describe también brevemente las ventajas fundamentales derivadas de estos conceptos en cuanto a expansión del sistema, evolución de sus prestaciones y tecnología, y flexibilidad para adaptarse a las necesidades de distintas administraciones. Este artículo, recopilación de las características del Sistema 12, sirve de base a los artículos siguientes relativos a la evolución del sistema, las centrales y las nuevas aplicaciones.

Cohen, R.

### **Sistema 12: Mejoras tecnológicas**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, n° 1/2, págs. 29–34

Desde que se anunció el Sistema 12 en 1981, los proyectos de desarrollo evolutivo sobre diversas áreas han cristalizado en una serie de mejoras tecnológicas y de servicios que garantizan la permanencia del Sistema 12 en la vanguardia de los sistemas de conmutación digital. El Sistema 12 ha sido utilizado además como base de muchas otras nuevas aplicaciones, que van desde un sistema digital de comunicaciones de empresa hasta la conmutación para el sistema de satélite alemán. El autor pasa revista a los avances tecnológicos, de programación, nuevos servicios y productos basados en el Sistema 12, hoy en progreso. En conjunto, demuestra concluyentemente que la arquitectura distribuida del Sistema 12 permite la evolución del sistema, garantizando la compatibilidad con los diseños anteriores y la permanente flexibilidad para futuras mejoras.

Mauger, R. H.

### **Sistema 12: Arquitectura para el cambio**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, n° 1/2, págs. 35–42

Tras la finalización del diseño inicial del Sistema 12 en 1980, se ha sostenido un extenso programa de evolución del mismo, cuyos objetivos son mantener el sistema al día respecto a la tecnología VLSI y a los requisitos de la RDSI. El autor expone los principales logros de este programa, que ha dado como resultado una serie de desarrollos de productos y experiencias que cubren todo el ámbito de aplicaciones de los sistemas de telecomunicación tradicionales y de RDSI.

Danneels, J. M.; Vandeveld, A.

### **Sistema 12: Circuito de línea analógica**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, n° 1/2, págs. 43–47

Los circuitos de línea representan una parte esencial del equipo físico de la central digital local, y por lo tanto un componente importante del sistema. Los avances en tecnologías LSI han posibilitado la realización de circuitos de línea analógica en varios circuitos integrados, que cumplen con los requisitos de funcionamiento, objetivos de densidad de empaquetamiento y límites de consumo de potencia y disipación. Los autores describen cómo se han realizado las funciones del circuito de línea analógica, capaces de satisfacer las necesidades de las administraciones en todo el mundo.

van Rij, J. J.; Wöhr, P.

### **Sistema 12: Circuitos de enlace analógicos y digitales**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, n° 1/2, págs. 48–53

Los circuitos de enlace son de gran importancia en un sistema de conmutación digital, y de ellos depende esencialmente el buen funcionamiento entre las centrales, así como la alta velocidad, calidad y altas prestaciones de la red. Los autores describen las características de los circuitos de enlace analógicos y digitales del Sistema 12, y resaltan cómo se ha mejorado su comportamiento aplicando tecnologías avanzadas VLSI. Los enlaces analógicos utilizan muchos circuitos desarrollados para los circuitos de línea analógica. Los enlaces digitales emplean complejas pastillas VLSI; el pre-proceso inherente a la placa se ejecuta por un microprocesador controlado por programa permanente. Como resultado, se han reducido los componentes VLSI y su uso en los circuitos de enlace es más amplio.

Frank, W.; Rahier, M. C.; Sallaerts, D.; Upp, D. C.

### **Puerto doble de conmutación**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, n° 1/2, págs. 54–59

Uno de los logros del diseño físico del Sistema 12 es permitir aprovechar plenamente la evolución y los avances en la tecnología de semiconductores. El integrar cada vez más funciones en una pastilla de silicio reduce el número de componentes, disminuye la disipación y facilita la fabricación. El primero en beneficiarse de esta mejora ha sido el elemento digital de conmutación del Sistema 12, en el cual se han combinado dos puertos individuales de conmutación en un solo circuito VLSI, reduciendo así el número de componentes. Aunque este puerto doble de conmutación tiene varias características nuevas y más capacidad para ser probado, el elemento de conmutación sigue siendo totalmente compatible con la versión anterior.



Becker, G.; Chiapparoli, R. S.; Schaaf, R. S.; Vander Straeten, C.

**Sistema 12: Programación**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 60—67

El desarrollo de la programación del Sistema 12 obligó a satisfacer numerosos requisitos. Los autores describen las normas empleadas para producir una programación completa y correcta funcionalmente, que se adapta con facilidad a necesidades cambiantes, minimizando a la vez los costes de desarrollo y mantenimiento. Se aplican tres técnicas avanzadas para conseguir la modularidad: los conceptos de máquinas virtuales, de máquinas de mensajes finitos y de interfaces genéricos. Otra parte importante del sistema de programación es la base de datos relacional. Estos conceptos se apoyan en adecuadas reglas de desarrollo y en un impresionante conjunto de herramientas de ayuda a las actividades de ingeniería.

Nenz, J.

**Sistema 12: Garantía de calidad para programas de ordenador**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 68—73

Los sistemas modernos de conmutación, como la central digital Sistema 12, son productos complejos con un gran contenido de programas, en los que suele acumularse más del 50% del trabajo de desarrollo total. El desarrollo de programas incide en alto grado sobre la calidad de cumplimiento de las especificaciones por el producto, así como en los costes de desarrollo. El autor perfila los principios generales de garantía de calidad para programas de ordenador que se han seguido desde el comienzo del desarrollo del Sistema 12, y trata las medidas de prevención, detección y eliminación de defectos que resultaron más eficaces para alcanzar los objetivos de suministrar un producto de programación de gran calidad, y conseguir una mejora en la productividad de programas.

Morales Andrés, G.; Villén Altamirano, M.

**Sistema 12: Control de sobrecarga de tráfico**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 74—79

La central digital Sistema 12 puede hacer frente a fuertes sobrecargas sin deteriorar sus buenas prestaciones. El control de sobrecarga asegura que se mantiene un alto número de llamadas cursadas, con grado de servicio satisfactorio para las llamadas aceptadas, en cualquier situación de tráfico. Los autores describen un diseño de control de sobrecarga que se acomoda a la estructura distribuida del Sistema 12, respondiendo a las sobrecargas de una red de procesadores tal que las sobrecargas dirigidas sólo puedan afectar a unos pocos procesadores. Por consiguiente, la estructura del control de sobrecarga es también distribuida, repartiéndose entre los procesadores apropiados los mecanismos de detección y las acciones realizadas. Las simulaciones han confirmado la eficacia de esta estrategia.

Beyltjens, M.; Van Houdt, P.

**Sistema 12: Mantenimiento del sistema de conmutación**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 80—88

Cuando se introducen tecnología y arquitectura totalmente nuevas, las facilidades de mantenimiento figuran entre las principales preocupaciones del diseño. Los autores describen cómo se han aprovechado al máximo las ventajas de la tecnología digital y el control distribuido para articular una estrategia de mantenimiento basada en la detección rápida, fiable y automática de fallos en el sistema, la localización y diagnóstico de los mismos, y la generación de alarmas e informes detallados de fallos. En los casos apropiados se provoca una acción automática de recuperación con mínimo impacto sobre el tráfico cursado.

Haerens, F.; Rossi, B.; Serrano, J.

**Sistema 12: Pruebas de campo RDSI en las redes belga, italiana y española**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 89—97

La central digital Sistema 12 ha sido concebida como parte integrante de la futura RDSI, por lo que ofrece numerosas facilidades muy aptas para la evolución de red. Las compañías ITT en Bélgica, Italia y España, han desarrollado conjuntamente una configuración RDSI para pruebas de campo basada en la central digital Sistema 12, que se implantará en dichos países en cooperación con las administraciones locales. Los autores describen la configuración común de estas pruebas, y analizan sus objetivos.

Becker, D.; May, H.

**Sistema 12: Servicio piloto RDSI de la Administración alemana**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 98—104

Los planes del Deutsche Bundespost incluyen un servicio piloto RDSI con el que la Administración, fabricantes de equipo y usuarios potenciales obtendrán experiencia en las nuevas facilidades. Una de las dos centrales piloto estará basada en la configuración local del Sistema 12, ampliada con un módulo digital multiservicio. En una fase posterior se incluirá una central de tránsito para probar la parte de usuario RDSI del sistema de señalización por canal común CCITT nº 7. Los autores describen los estándares básicos que debe cumplir el equipo del servicio piloto y analizan el equipo a suministrar. También consideran algunos de los servicios que se incluirán en la prueba.

Dierckx, R.; Taeymans, J. R.

**Sistema 12: Circuito de línea RDSI**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 105—111

Desde un principio, el Sistema 12 fue concebido para conmutar servicios, telefónicos o no, en una RDSI. Los autores describen el diseño y realización del circuito de línea RDSI, contenido en el módulo de abonados RDSI, que permitirá explotar todo el potencial del Sistema 12. El circuito de línea facilita acceso básico por dos canales B de  $64 \text{ kbit s}^{-1}$  (voz y datos) y un canal D de  $16 \text{ kbit s}^{-1}$  (datos a baja velocidad y señalización). La arquitectura se ajusta al modelo OSI para sistemas de comunicación, que define los niveles jerárquicos de interfaz.

Chalet, A.; Drignath, R.

**Sistema 12: Arquitectura del módulo de datos incluyendo operación con paquetes**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 112—119

La estructura modular del Sistema 12 y su singular conmutador digital inteligente le permiten ser potenciado para dar pleno soporte a una RDSI. Esto implica que el Sistema 12 ofrece conmutación de paquetes además de conmutación de circuitos, integrando así todos los servicios telefónicos y no telefónicos de la RDSI. Los autores describen la nueva familia de módulos RDSI Sistema 12 que aportan las funciones indicadas de un modo totalmente distribuido, haciendo innecesario un costoso conmutador de paquetes centralizado, local o remoto.



Israel, T.; Klein, D.; Schmoll, S.

**Sistema 12: Configuración del equipo de abonado de RDSI, terminación de red, teléfonos digitales, y adaptadores de terminal**  
Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 120–126

Cuando la RDSI llegue a los propios abonados, se necesitarán nuevas configuraciones de cableado para permitir la conexión simultánea de varios terminales activos a una línea de abonado, pudiendo enviar llamadas directamente a terminales preseleccionados. Los autores describen una nueva configuración basada en una línea a 4 hilos con la que puede construirse una vía de acceso acabada en una terminación de red. Se podrán conectar a esta nueva instalación diversos tipos de terminales para voz, datos, facsímil y servicios de vídeo, utilizándose un sistema con compensación de eco para la transmisión en ambas direcciones sobre una línea de abonado a dos hilos. Los terminales existentes que no puedan trabajar sobre la RDSI, se podrán acoplar a ella mediante adaptadores de terminales.

Gasser, L.; Renz, H. W.

**Sistema 12: Transmisión a 144 kbit s<sup>-1</sup> por bucles digitales de abonado**  
Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 127–130

El CCITT ha recomendado que el acceso del usuario a la RDSI se base en una velocidad de 144 kbit s<sup>-1</sup>. Conseguir esta velocidad relativamente elevada sobre líneas existentes de abonado, muchas de las cuales son muy anteriores a la generalización de la tecnología digital, es un reto para los diseñadores de sistemas. Los autores describen los problemas que se presentan para cumplir los requisitos de funcionamiento de una amplia gama de tipos de líneas, y describen un sistema de transmisión basado en la compensación de eco y el proceso digital de la señal. Mediante emulación de los circuitos y simulaciones por ordenador, se ha demostrado el excelente comportamiento del sistema, que se comprobará más a fondo en las experiencias de RDSI de Bélgica, Alemania, Italia y España. El sistema se está actualmente diseñando en un circuito VLSI.

Treves, S. R.; Upp, D. C.

**Sistema 12: Técnicas de aplicaciones RDSI en banda ampliada**  
Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 131–136

La central digital Sistema 12 conmuta trayectos a una velocidad de 64 kbit s<sup>-1</sup>. Sin embargo, servicios de reciente aparición exigirán la conmutación de trayectos de mayor anchura de banda. Este artículo describe un sencillo mecanismo que utiliza la anchura de banda de la red de conmutación del Sistema 12 y un subsistema de equipo físico de nuevo diseño para producir trayectos conmutados coherentes con una anchura de banda de  $n \times 64$  kbit s<sup>-1</sup>. Se ha probado una versión experimental, y se está diseñando un circuito VLSI realizado a medida.

Nigge, K.; Rothenhöfer, K.; Wöhr, P.

**Conmutación para el sistema por satélite alemán**  
Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 137–144

La Administración alemana proyecta instalar un sistema de comunicaciones por satélite de ámbito nacional. Programado para entrar en servicio a principios de 1988, el sistema está diseñado, en principio, para ofrecer nuevos servicios de datos a alta velocidad. Los autores describen cómo se están utilizando las unidades existentes para desarrollar una pequeña central autónoma capaz de conmutar estos nuevos servicios de datos de banda ampliada y canal único. Parte del proyecto cubre el desarrollo de un multiplexor, también basado en bloques constitutivos ya disponibles.

Della Bruna, M.; Minuti, F.

**Sistema 12: Central interurbana internacional de Acilia**  
Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 145–153

La posición clave de una central interurbana internacional en la red telefónica impone unos requisitos especiales al sistema, debido a las altas prestaciones, complejidad, tamaño, flexibilidad y disponibilidad que se le exigen. La central digital Sistema 12 de ITT cumple estos requisitos por su diseño orientado a la RDSI y su arquitectura modular, que permite potenciar la configuración básica para una aplicación internacional sin más que añadir nuevos módulos de equipo y programación. El proyecto de Acilia comenzó a finales de 1980, y ahora se encuentra muy avanzado; se ha entregado ya, y FACE e Italcable trabajan juntas para completar las pruebas de aceptación.

Broux, J. A.; Erlandsson, P.; Rishøj, E.

**Sistema 12: Central local-tránsito de Aarhus**  
Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 154–158

Ya en 1979, Jutland Telephone (JTAS) decidió empezar la digitalización de su red telefónica. La central telefónica Sistema 12 de Aarhus, centro principal de Jutlandia y segunda ciudad en extensión de Dinamarca, es la central clave en los planes de la Compañía. En este artículo se resalta la función del Sistema 12 en Aarhus dentro del marco general de digitalización de JTAS. La central de Aarhus es de especial interés por su tamaño excepcional, que la hace ser, con gran ventaja, la instalación más grande del Sistema 12 hasta la fecha.

Langenbach-Belz, M.

**Sistema 12: Centrales interurbanas para la red alemana**  
Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 159–165

El Bundespost alemán decidió en 1979 establecer un intenso programa para la introducción de centrales digitales en su red lo antes posible. En la primera etapa se instalaron dos centrales interurbanas Sistema 12 en la red alemana, a fin de que pudieran evaluarse en condiciones operativas normales. El autor repasa los requisitos impuestos por el Bundespost, la configuración de las centrales interurbanas Sistema 12, y la experiencia conseguida durante la instalación y las pruebas de sistema y de aceptación. También examina la prueba de campo realizada con ambas centrales. Como resultado de este programa de presentación, se introducirán centrales digitales Sistema 12 en la red alemana.

Campos Flores, A.; Fernández Moreno, M.

**Sistema 12: Isla digital de Collado-Villalba**  
Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 166–173

Se ha utilizado el Sistema 12 para construir una red rural en estrella, totalmente digital, centrada en Collado-Villalba, España. Los autores describen esta aplicación, cuyos nodos de conmutación abarcan desde la central local-tránsito primaria hasta las unidades remotas de abonados de 120 líneas, dependientes de una central pequeña de 1000 líneas. Además de constituir un sistema común, con los modernos servicios y facilidades del Sistema 12, la red de Collado-Villalba utiliza señalización por canal común CCITT nº 7 y un centro de servicios de red muy completo para explotación y mantenimiento extendidos a toda el área. Las funciones de este centro se apoyan en la parte de usuario de explotación y mantenimiento del CCITT nº 7. Collado-Villalba es un ejemplo de aplicación económica de conceptos avanzados a una red rural.



Husby, S.; Vinge, B.

**Sistema 12: Aplicación de la unidad remota de abonados en la red noruega**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 174—178

La geografía noruega, con sus largos valles y costas, islas y núcleos de población pequeños y dispersos, determina que el tamaño medio de una central telefónica en la red de NTA sea de 300 líneas. Por ello, al equipar la red con centrales digitales Sistema 12, se utilizará con profusión la económica unidad remota de abonados (URA). Los autores describen cómo se utilizarán estas unidades remotas en la red de NTA, describiendo sus características y construcción, y en particular las técnicas aplicadas para garantizar su funcionamiento fiable en los rigores del clima noruego.

Bessler, A.; Edelmann, M. E.; Lichtenberg, L.

**Sistema 12: Sistema de comunicaciones de empresa ITT 5630**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 179—187

El sistema de comunicaciones de empresa ITT 5630, basado en la probada tecnología del Sistema 12, cubre a un coste ventajoso todo el margen de capacidades de centralitas, desde 60 a más de 10.000 extensiones. Inicialmente, el ITT 5630 se presenta como un sistema de comunicaciones de voz. No obstante, en su diseño se han integrado las mejoras necesarias para el tratamiento de textos y datos, hasta cubrir por completo la gama de servicios de una RDSI.

Pickett, R. E.

**Sistema 12: Evolución hacia la Red 2000 en Estados Unidos**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 188—194

El objetivo de una futura RDSI, capaz de sustentar una amplia gama de servicios telefónicos y no telefónicos, es similar en las comunidades de telecomunicación internacional y norteamericana. Sin embargo, por una serie de razones, la realización en Norteamérica a corto plazo será algo diferente, con varias soluciones de transición. El autor examina estas diferencias y sus motivos, y analiza cómo puede utilizarse el Sistema 12 en la red norteamericana. En particular, el adjunto digital permite ofrecer un buen número de características RDSI, incluyendo servicios de acceso a líneas para fines comerciales, señalización por canal común, acceso y transporte de datos de teledatex, y facilidades de comunicaciones de empresa.

Cox, J. E.; Pickett, R. E.

**Sistema 12: Papel del adjunto digital en el desarrollo de la red**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 195—199

La transición desde la red analógica de voz, hoy predominante, a la futura RDSI exigirá muchos años. Durante este periodo es esencial utilizar de modo óptimo la inversión en la planta existente. Los autores describen un concepto que se aplicará en Estados Unidos para resolver este problema, el cual se basa en un adjunto digital que añade capacidad de nuevos servicios a una central analógica. Asociando un sistema de conmutación digital, modular y de control distribuido, a una central analógica existente, puede prolongarse la vida útil de este equipo a la par que se introducen nuevos servicios. De este modo, una compañía explotadora puede experimentar nuevos servicios con una mínima inversión o adaptación de la antigua planta de conmutación.

Caballero, P. A.; de los Ríos, F. J.; Casali, F.

**Sistema 12: Planificación de redes digitales**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 200—206

Las redes telefónicas están sujetas a un incesante cambio al ampliarse para atender las crecientes demandas y al sustituir viejos equipos por otros más modernos que ofrezcan nuevas facilidades a abonados y administraciones. La planificación es esencial para poder decidir correctamente los futuros cambios. Entre las numerosas opciones disponibles, el planificador debe elegir la óptima, esto es, la que pueda realizarse con el mínimo coste pero sin condicionar innecesariamente la evolución posterior de la red. Desde un principio las características de las centrales Sistema 12 están ideadas para simplificar la planificación, permitiendo aumentos lineales en la capacidad de tratamiento así como la fácil adición de nuevos servicios.

Ardizzone, D.; Peli, L.

**Sistema 12: Centrales en contenedor**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 207—211

En muchos casos, la construcción de una central telefónica tradicional tropieza con falta de terreno para el edificio, dificultades para obtener permiso de edificación, razones económicas, o bien hay que tener la central en servicio en muy breve tiempo. La central en contenedor del Sistema 12 resuelve de un modo económico y único estos diversos problemas, permitiendo instalar "in situ", en pocos días, una central completa, no atendida y autónoma. Los autores describen las ventajas de esta solución y el diseño de una central en contenedor para la Administración telefónica italiana SIP. La central prototipo está ya en servicio.

Adams, G.; Böhm, M.; Eckert, K.-D.

**Sistema 12: Aplicaciones a radio móvil celular**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 212—219

Un fuerte crecimiento del interés por la radio móvil celular exige la rápida introducción de nuevos sistemas. El Sistema 12 ha demostrado ser un competidor versátil en este nuevo mercado, ofreciendo centros de conmutación que conectan la red de radio a la red pública telefónica conmutada, así como el equipo de control inteligente en cada estación base de radio. Los autores comentan los principios básicos de un servicio telefónico móvil celular y las facilidades que permite. Se describen la red para Bélgica basada en el sistema nórdico, que utiliza acceso múltiple por división de frecuencia para transmisión a los teléfonos móviles, y la nueva CD 900 franco-alemana totalmente digital, que emplea acceso múltiple por división en el tiempo.

Gimpelson, L. A.; Treves, S. R.

**Sistema 12: Redes de telecomunicación más allá del transporte en RDSI**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 220—227

La evolución hacia RDSI de la red telefónica mundial está ya en marcha, apoyada en la introducción de centrales digitales avanzadas como las del Sistema 12. Posteriores avances tecnológicos llegarán a posibilitar la introducción de una gama de servicios aún más refinados, basados en RDSI de banda ampliada (hasta 2048 kbit s<sup>-1</sup>) y RDSI de banda ancha (hasta 140 Mbit s<sup>-1</sup>). El impacto de estos nuevos servicios se dejará sentir en el hogar, en las empresas y en las plantas de fabricación. Los autores explican cómo puede ampliarse la arquitectura del Sistema 12 para convertirlo en un sistema de información completo, capaz de ofrecer servicios diversos que van desde los entrenamientos hogareños, teleconferencia y correo electrónico, hasta un sistema totalmente integrado de automatización de los procesos de fabricación.



Fontaine, B. J.

**Sistema 12: Hacia el futuro**

Comunicaciones Eléctricas (1985), volumen 59, nº 1/2, págs. 228 – 234

Las tecnologías convergentes de telecomunicación e informática están transformando nuestra sociedad, impulsándonos con rapidez hacia lo que denominamos sociedad de la información. Es característica esencial del Sistema 12 el haber sido diseñado para admitir cambios tecnológicos y proporcionar los nuevos servicios exigidos por la rápida evolución de las necesidades privadas y de la empresa. El autor examina brevemente las tendencias tecnológicas y algunos desarrollos en curso, a fin de exponer cómo podría potenciarse el Sistema 12 a la luz de los cambios previstos en la red, tales como la introducción de RDSI de banda ampliada y banda ancha. La conclusión es que la arquitectura modular del Sistema 12, con su control distribuido, será un principal motor del desarrollo de sistemas de telecomunicación privados y públicos, así como de otras aplicaciones, cuales son los sistemas de automatización integrados de oficinas y fábricas.

---

**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

Otto Grewe  
Elektrisches Nachrichtenwesen  
Lorenzstrasse 10  
7000 Stuttgart 40  
Deutsche Bundesrepublik

Antonio Soto  
Comunicaciones Eléctricas  
Ramírez de Prado, 5  
28045 Madrid  
España

Jean-Pierre Dartois  
Revue des Télécommunications  
30 Avenue George V  
75008 Paris  
France



