

# Comunicaciones Eléctricas

Edición española de ELECTRICAL COMMUNICATION

revista técnica publicada trimestralmente por

INTERNATIONAL TELEPHONE and TELEGRAPH CORPORATION

## RESUMEN

## VOLUMEN 49 (1974) NÚMERO 1

En este número .....	2
Diseño y aplicación de los circuitos de película gruesa, por <i>D. Boswell</i> y <i>F. R. Russell</i> .....	4
Cálculos de tráfico en un encaminamiento por saturación con prioridades, por <i>Ch. Grandjean</i> .....	14
Sistema de cómputo y registro centralizado aplicado en la red telefónica belga, por <i>W. Huybrechts</i> y <i>J. Janssens</i> .....	22
Gestión de redes. Diseño y control de redes de comunicación, por <i>L. A. Gimpelson</i> .....	29
Multiplicadores de frecuencia de guíasondas delgadas (slimguide) para aplicaciones en microondas, por <i>J. S. Dabele</i> y <i>D. R. Hill</i> .....	51
Grandes Centros Interurbanos Pentaconta, por <i>R. Mugnier</i> y <i>R. Desplanques</i> .....	59
Experiencias del sistema PC-32 en la red automática provincial de Navarra, por <i>J. Hernán-Gómez Muñoz</i> y <i>A. Molina Cabrerizo</i> .....	71
Los circuitos MOS LSI de cliente ofrecen perspectivas para los equipos de comunicaciones, por <i>G. Zeidler</i> y <i>D. Becker</i> .....	75
Unidades de presentación mediante diodos luminiscentes, por <i>P. B. Page</i> y <i>J. R. Peters</i> .....	81
Envío de señales del abonado a la central una vez establecida la conexión telefónica, por <i>H. Brand</i> y <i>R. Mosch</i> .....	90
Recientes mejoras y tendencias de desarrollo en el diseño y fabricación de cables telefónicos aislados con plástico, por <i>K. I. Kincaid</i> .....	98
Nota de investigación: Dispositivo para prueba de antenas de banda ancha, por <i>A. J. Lombardi</i> y <i>M. S. Polgar, Jr.</i> .....	103
Erratas .....	108
Nuevas realizaciones .....	109
International Telephone and Telegraph Corporation. Compañías principales y subsidiarias .....	120



Editor principal: Pierre Mornet

Director en Español: J. A. Gómez García, Ramírez de Prado 5, Madrid - 7

## En este número

### Diseño y aplicación de circuitos de película gruesa

Las ventajas que ofrecen los circuitos de película gruesa les están llevando a una aplicación creciente en muchos campos tales como ordenadores, telecomunicaciones, productos de gran consumo y electrónica aplicada a la medicina. Estas ventajas incluyen pequeño tamaño, alta fiabilidad, concepción modular y la posibilidad, en muchos casos, de una reducción global de los costes de fabricación.

El más importante de los componentes realizados en película gruesa es la resistencia, que puede actualmente construirse con tolerancias muy pequeñas utilizando ajustes mediante abrasión por aire o laser. Esta alta calidad es el resultado de los modernos procesos de serigrafiado con pantalla, combinado con tintas conductoras y resistivas que pueden controlarse mediante los procesos de caldeo a altas temperaturas utilizados.

Los condensadores también pueden realizarse en película gruesa, pero en la mayoría de los casos es preferible utilizar condensadores chip adicionales. Donde se requieran circuitos híbridos activos, pueden añadirse chips semiconductores al sustrato de película y conectarlo con terminales. Los circuitos pueden entonces sellarse en un paquete hermético.

Para asegurarse de que el circuito híbrido o de película gruesa verifica las especificaciones del cliente, ITT coopera intensamente con él y sus diseñadores de circuitos. Es particularmente importante que esta cooperación empiece pronto, en la fase de estudio del diseño del sistema y que se complete el diseño final del circuito y se marquen las tolerancias antes de que se comience el posicionado del híbrido.

### Cálculos de tráfico en un encaminamiento por saturación con prioridades

Uno de los métodos de encaminamiento más conocido en redes militares es el encaminamiento por saturación que se utiliza junto con una búsqueda automática del abonado llamado (que es móvil) al desconocerse la central a la que éste pertenece. Los principios en que se basa el procedimiento son los siguientes:

- la central de origen que sirve al abonado llamante genera un mensaje de búsqueda que se transmite, etapa a etapa, a través de toda la red;
- después de que la central en la que se encuentra el abonado llamado analiza el mensaje de búsqueda, envía un mensaje de retorno utilizando el mismo camino que sirvió para enviar el primero;
- una vez establecido el camino, la central de origen transmite un mensaje final, con el fin de que todas las centrales que no desempeñen una función queden desconectadas.

Los mensajes de encaminamiento se transmiten desde una central a sus vecinas a través de un "canal de señalización común" que es uno de los canales que constituyen un enlace entre dos centrales.

En redes militares se necesita que el grado de servicio para las llamadas con prioridad sea mejor que el de las demás; esto se consigue reservando en cada enlace unos pocos canales, que solamente pueden ocuparse por dicho tipo de llamadas. En la práctica, la reserva del canal se realiza de forma aproximada de la siguiente manera: Para llamadas con prioridad, los mensajes de búsqueda se transmiten por los enlaces salientes de una central intermedia, supuesto que al menos tienen un canal libre, mientras que para las llamadas normales, los mensajes de búsqueda se envían solamente por los enlaces que al menos tiene  $v$  canales libres ( $v > 1$ ).

Desde el punto de vista de tráfico se han considerado y resuelto dos problemas:

- Ley de distribución del número de canales cargados en un enlace cuando se ofrece un tráfico total  $A_1 + A_2$  si, al menos, están libres  $v$  canales, mientras que solamente se ofrece el tráfico prioritario  $A_2$  si el número de canales libre es menor que  $v$ .
- Probabilidad de que se produzca un conflicto cuando el último canal libre de un enlace es ocupado por una llamada

diferente, durante el tiempo transcurrido desde el envío del mensaje de búsqueda y la recepción del mensaje de retorno. Se incluyen resultados numéricos.

### Sistema de cómputo y registro centralizado aplicado en la red telefónica belga

Este artículo describe el desarrollo de un sistema centralizado de registro y tarificación de llamadas. Los mensajes que contienen información de cargos se transfieren al sistema vía enlaces de señalización de canal común (CCITT 6) para centrales tipo Metaconta® 10 C y vía enlaces de código tipo MF para centrales 7 EN ó 7 D.

La información se almacena en tambores magnéticos y se pueden servir hasta 750.000 abonados a base de un ritmo de tráfico de 210 llamadas por segundo. La información de tarificación se transfiere a petición desde los tambores a cinta magnética para facturación en un centro separado.

Se ha tenido especial cuidado en la seguridad global del sistema mediante duplicación del entorno completo entrada-salida y la continua validación de los datos de los tambores.

### Gestión de redes. Diseño y control de redes de comunicación

Las redes modernas de comunicaciones operan con un grado de servicio mejor y en forma más económica si son controladas mediante sistemas de gestión de redes. La implantación de estos sistemas pueden llevarse a cabo de una forma gradual y no centralizada. Una inversión muy moderada proporcionará controles apropiados. La gestión de redes se requiere tanto para redes correctamente dimensionadas como para las subequipadas, y las redes locales, nacionales e internacionales deberían seguir los principios de administración de redes para mantener la calidad de servicio en todo momento.

### Multiplicadores de frecuencia de guioondas delgados (Slimguide) para aplicaciones en microondas

Uno de los principales problemas que se encuentran al utilizar guioondas de propagación, que trabajan en el modo dominante, para multiplicadores de frecuencia de microondas, es que han de utilizarse diferentes tamaños de guioondas para los filtros de entrada y salida. Esto tiene desventajas eléctricas y mecánicas.

Esta dificultad puede soslayarse construyendo los multiplicadores en la técnica de guioondas delgados o SLIMGUIDE® que utilizan el modo de propagación evanescente. Estos multiplicadores pueden realizarse con un solo tamaño de guioondas. Además de esta facilidad mecánica, los multiplicadores de frecuencia Slimguide son económicos y tienen unas características mejores y un tamaño menor que sus equivalentes que trabajan en el modo de propagación dominante. Permiten, además, una compensación de temperatura casi exacta, dentro de un margen de temperatura moderado.

Multiplicadores típicos, realizados en esta técnica, son un doblador de frecuencia de 15 GHz de baja potencia y un cuadruplicador de frecuencia de 7.6 GHz de alta potencia compuesto de dos duplicadores en cascada.

### Grandes Centros Interurbanos Pentaconta

El rápido aumento del tráfico interurbano ha llevado a las Administraciones a interesarse en los centros interurbanos de conmutación de gran capacidad.

Apoyándose en la realización del Fernamt IV de Zurich, en Suiza, hecha en colaboración entre LMT y STR, LMT ha desarrollado un centro a 4 hilos en conmutación Pentaconta® llamada GCI (Grandes Centros Interurbanos) para responder a esta necesidad, permitiendo aceptar 14.000 enlaces de entrada, 14.000 enlaces de salida y pudiendo tratar 10.000 erlangs.

® Marca registrada del sistema ITT.

Una selección conjugada integral en las cuatro etapas permite un tránsito muy rápido en estos centros y un bloqueo interno muy poco dependiente de la carga de los haces salientes.

La introducción de los ordenadores en las funciones de traducción y observación del tráfico permite una flexibilidad de encaminamiento y control que no es habitual en los sistemas electromecánicos.

Dispositivos de mantenimiento muy elaborados permiten obtener en estas entradas una excelente calidad de servicio con un coste muy pequeño de mantenimiento.

### **Experiencias del Sistema PC-32 en la red automática provincial de Navarra**

Hasta hace muy poco tiempo, la automatización telefónica estaba reservada para los núcleos de población importantes en los que se requiere un servicio telefónico rápido y seguro que resulte rentable para las compañías telefónicas. Sin embargo las áreas rurales ofrecían un servicio telefónico, basado en centrales manuales, que no estaba en consonancia con el progreso científico y técnico de nuestros días.

El Sistema PC-32, especialmente concebido para la automatización de las áreas rurales, ha resuelto con éxito este problema, ofreciendo un servicio telefónico automático rentable y equiparable al de las centrales tradicionales de las grandes áreas urbanas.

Gracias a ello, hoy es posible realizar automáticamente conferencias interurbanas o internacionales desde cualquier zona rural.

### **Los circuitos MOS LSI de cliente ofrecen nuevas perspectivas para los equipos de comunicaciones**

Los circuitos MOS altamente integrados para clientes ofrecen considerables ventajas sobre otras soluciones técnicas en la realización de equipo de comunicaciones. Esto se ha comprendido pronto en SEL e ITT. Algunas aplicaciones típicas de los circuitos MOS en el campo de la telefonía se describen a título de ejemplos.

### **Unidades de presentación mediante diodos luminiscentes**

Las características singulares de los diodos luminescentes (light emitting diodes) abren un nuevo campo de aplicaciones para los diseñadores de sistemas. Su pequeño tamaño y sus bajas tensiones de trabajo le hacen ideal para su utilización en los modernos sistemas miniaturizados.

Hasta ahora, los materiales más útiles para lámparas diodo con longitudes de onda de emisión dentro del espectro visible son el fosforo arseniuro de galio y el fosforo de galio. Utilizando estos materiales, se pueden conseguir unidades de presentación en rojo y verde. Se han investigado otros materiales, pero son mucho más difíciles de realizar y controlar.

Los circuitos electrónicos asociados con los dispositivos de presentación son muy importantes. Los modernos circuitos integrados MOS han resuelto muchas de las desventajas de las técnicas de circuito anteriores y pueden, actualmente, suministrar

corriente directamente a los diodos luminiscentes e incorporar memoria e información de encaminamiento (routing date). Puesto que la información de encaminamiento es sencilla, se requiere solamente una conexión de entrada y una de salida para cada carácter, lo que hace posible las grandes unidades de presentación multilínea.

Las unidades de presentación luminiscentes han encontrado ya aplicaciones en las máquinas de calcular, instrumentos de medida digital y así sucesivamente. Puesto que la producción masiva las hace cada vez más económicas, este margen de aplicaciones aumentará rápidamente.

### **Envío de señales del abonado a la central una vez establecida la conexión telefónica**

Con la introducción de los sistemas electrónicos de conmutación en las redes telefónicas públicas se ofrecen a los abonados nuevos servicios. Algunos de ellos exigen que el abonado envíe instrucciones a la central una vez establecida la conexión. Para poder hacer esto hay que tomar un receptor sin afectar a dicha conexión. Se estudian las posibles señales de toma del receptor y se demuestran sus ventajas y desventajas.

La solución que se recomienda es una interrupción calibrada del bucle provocada por la actuación de una tecla o botón auxiliar.

### **Recientes mejoras y tendencias de desarrollo en el diseño y fabricación de cables telefónicos aislados con plástico**

Estos últimos años han mostrado una tendencia a continuar utilizando conductores de aluminio en cables telefónicos para áreas locales. En principio se emplearon satisfactoriamente cables con conductores de aluminio puro eléctrico de dureza 3/4 (especialmente preparado para conductor, se conoce como aluminio E.C., y con una dureza de 3/4 de una escala de valores de dureza), pero aparecían dificultades de manejo durante la instalación. Actualmente estos problemas han sido superados sin degradación de las características de transmisión, utilizando una aleación de aluminio apropiada. La fabricación de este eficaz cable se ha hecho posible gracias al desarrollo de una técnica similar a la usada para los conductores de cobre, mediante la cual se realiza la extracción del hilo, recocido y aislamiento mediante una operación continua.

Se ha experimentado, también, un avance con el cambio del aislamiento de los cables telefónicos de sólido a polietileno celular. Dado que la constante dieléctrica del polietileno celular es más pequeña, el aislamiento puede ser más fino sin degradación de las características de transmisión, permitiendo introducir mayor número de pares en un conducto de cable de calibre standard. En este momento los cables interurbanos de gran capacidad no están siendo llenados con petroleum jelly (petrolato o vaselina derivada del petróleo), pero se prevé una extensión muy rápida a la aplicación de construcciones totalmente rellenas.

La inflamabilidad de los cables de PVC (cloruro de polivinilo) en las centrales ha recibido más atención, y la mayor parte de los fabricantes de cable pueden suministrar, ahora, cables contruidos con materiales PVC de inflamabilidades más bajas que las de los materiales empleados anteriormente.

# Diseño y aplicación de los circuitos de película gruesa

Los nuevos sistemas de tinta conductora combinados con elaboradas técnicas de impresión permiten la realización de substratos con interconexión multicapa de gran superficie y alta calidad. Tales substratos, y los circuitos híbridos basados en ellos, están encontrando cada vez más aplicaciones en muchos campos debido a su alta fiabilidad y densidad de empaquetamiento. ITT ofrece un diseño amplio y facilidades de fabricación para la producción de circuitos híbridos que verifiquen las aplicaciones específicas de los clientes.

D. BOSWELL

R. F. RUSSELL

ITT Components Group Europe, Paignton, Inglaterra

## Panorama histórico

La utilización anterior de películas planares para realizar componentes pasivos interconectados sobre substratos policristalinos inorgánicos empleaba técnicas de deposición en vacío. No se conoce la fecha exacta en que apareció este método por primera vez, pero el concepto de integración debe relacionarse con las primeras patentes de Sargrove sobre circuitos impresos.

Varios productos utilizados en los años 1940, e incluso antes, podría decirse que están directamente relacionados con la tecnología básica actualmente en uso; por ejemplo, los atenuadores de potencia para microondas están constituidos por películas delgadas de níquel o microm; carbón y trazas orgánicas para potenciómetros, tubos termoiónicos y tubos de rayos catódicos; y, posteriormente, el uso de componentes planos en el proyecto Tinkertoy de los Estados Unidos. Sin embargo, fue la aparición del transistor lo que produjo los avances significativos en la integración de componentes de película planar.

Los tipos de película que están actualmente clasificados como gruesos utilizan metales nobles, tierras raras y materiales aislantes inorgánicos compuestos, que se pueden adherir a substratos cerámicos mediante calor en el aire a temperaturas entre 500 y 1000 grados Celsius.

Los márgenes de espesores realizados por calor aumenta cada año, pero aunque actualmente las capas simples miden entre 5 y 250 micras, la mayoría de los productos utilizan película de 10 a 20 micras depositadas mediante técnicas de impresión de pantalla.

Los circuitos que contienen solamente componentes de película depositados se clasifican como pasivos. Cuando se montan componentes adicionales (activos o pasivos) sobre la superficie, el circuito se convierte en híbrido.

Una de las primeras aplicaciones de las películas gruesas de metales nobles fueron los ordenadores. Al final de la década de 1950, los fabricantes de ordenadores empezaron a utilizar redes resistencia-conductor con substratos de alúmina como soporte para los chips de transistores y diodos. El uso actual de las películas gruesas cubre todos los sectores de la industria electrónica.

## Razones para utilizar circuitos en película gruesa

Antes de discutir las aplicaciones de productos e industriales es útil describir las razones para la utilización de los circuitos de película gruesa.

## Miniaturización

Este ha sido el factor primario que ha forzado el desarrollo de todos los tipos de circuitos integrados, a menudo para aplicaciones militares. Sin embargo, la posibilidad de tener frecuencias y velocidades de operación más altas utilizando circuitos integrados, la constatación de que la progresiva disminución de tamaño implica generalmente coste inferior y la apertura de nuevos mercados mediante complejos circuitos integrados de silicio monolítico han incrementado en conjunto, de forma notable, la aplicación de las técnicas de miniaturización. La preocupación actual por la conservación de los recursos naturales favorecerá indudablemente esta tendencia.

Para los circuitos de película gruesa, la reducción de tamaño se consigue primariamente utilizando resistencias que no sean superiores en cuanto a disipación, tolerancia y estabilidad a lo requerido por las especificaciones y, en segundo lugar, reduciendo el número de uniones por eliminación de estructuras de conexión intermedias.

## Fiabilidad

Es difícil encontrar estadísticas publicadas sobre fiabilidad ya que la mayoría de los circuitos de película gruesa se construyen para aplicaciones específicas de los clientes y la información más adecuada está en manos de los usuarios y no en las de los fabricantes. Sin embargo, dejando aparte los desastres producidos por malos diseños, la información disponible indica que los circuitos en película gruesa tienen fiabilidades que varían entre la paridad y una mejora  $\times 10$  en comparación con los circuitos equivalentes que utilizan componentes discretos, soldados sobre tarjetas de circuito impreso convencionales. Las mayores mejoras se han producido en aplicaciones en las que los diseños anteriores empaquetaban componentes discretos miniatura en el menor espacio posible — con todos los riesgos de fiabilidad inherentes a conexiones soldadas muy próximas unas de otras.

## Modularización

Este concepto tiene por objetivo primario la reducción de costes de mantenimiento y de ensamble. No está condicionado a ninguna tecnología de integración en particular, pero la utilización de circuitos de película gruesa está entre las formas de mayor éxito para conseguir una construcción modular.

Con la rápida introducción y desarrollo de la electrónica en las más amplias áreas, tanto profesionales como de gran consumo, el uso general de personal de mantenimiento capaz de analizar será impracticable por lo que, la única solución utilizable, en los lugares en que sea difícil encontrar personal de mantenimiento experimentado, será la de sustitución de módulos enchufables.

#### Diseño

Comparado con la tecnología de circuitos semiconductores monolíticos, el uso de circuitos de película gruesa requiere una pequeña o ninguna adaptación en la filosofía de diseño. Aunque físicamente integrados, la mayoría de los componentes siguen siendo discretos en cuanto a los propósitos de diseño de circuitos y evaluación del funcionamiento, con una interacción despreciable excepto a muy altas frecuencias. Sin embargo, la aplicación económica de las películas gruesas significa aceptar algunas restricciones en cuanto a los márgenes y tolerancias de los componentes. Todo esto tiene que conocerse y comprenderse antes de empezar el diseño del sistema y circuito.

#### Costes

Consideramos este concepto en último lugar ya que debe ser la salida lógica de las consideraciones anteriores. En la mayoría de los casos, el módulo de película gruesa tiene un precio de compra superior al equivalente realizado con componentes discretos. Ello se debe a que se trata de una unidad ensamblada, encapsulada y comprobada.

Suponiendo que la filosofía de diseño se adapta al uso de las técnicas de película gruesa, los costes de fabricación pueden ser inferiores para los circuitos híbridos que para los conjuntos equivalentes realizados con componentes discretos debido a la disminución de mano de obra, ensamble, comprobación e identificación de averías dentro de la fábrica. A un nivel inferior de complejidad técnica, es posible conseguir disminuciones de costes por la simple agrupación de resistencias en redes.

Las desventajas están en que los costes de desarrollo y de cualquier modificación posterior son más altos. Como consecuencia, se necesita una aproximación rigurosa tanto para el diseño del circuito como del equipo. También, estos costes tienden a limitar la aplicación comercial de los complejos circuitos microelectrónicos de película gruesa a productos que se requieren en cantidades razonables para los que está justificado un esfuerzo incremental en las primeras etapas del desarrollo.

#### Parámetros fundamentales de los componentes de película gruesa

Los circuitos de película gruesa ofrecen interconexión planar de las resistencias y condensadores en una unidad que puede fácilmente interconectarse con una amplia variedad de componentes adicionales. Esto cubre desde los montajes convencionales de componentes ac-

tivos y pasivos, hasta los sistemas muy elaborados que utilizan chips de circuitos integrados de todo tipo.

El componente más importante en película gruesa es la resistencia. Durante la vida de la tecnología se ha mejorado desde un componente de aplicación comercial general al componente de alta calidad militar/profesional.

Los parámetros de la resistencia son similares a los de las resistencias discretas de alta calidad, pero una de las ventajas principales de las películas gruesas es que el proceso de fabricación permite la inclusión de valores específicos de resistencia de tolerancias muy estrechas con lo que se consigue un diseño óptimo del circuito. Además, el circuito puede ser compatible con el ajuste dinámico, permitiendo la utilización de resistencias ajustables lo que lleva a conseguir el funcionamiento deseado del circuito.

Los principios generales de aplicación en la fabricación de los circuitos de película gruesa son ya ampliamente conocidos; los procesos de serigrafado (screen printing) han sido analizados en detalle y la segunda generación de máquinas, actualmente disponibles, proporcionan un excelente control de los sistemas de impresión con tintas normalizadas y de las reologías\* más complicadas para la impresión de líneas finas. Los sistemas de hornos han evolucionado firmemente con un mayor conocimiento de los cambios que se producen en las tintas impresas durante el calentamiento y debido a los efectos de tiempo, temperatura y condiciones de gas ambiental en las diversas etapas del proceso. Con el grado de control actualmente posible, la elección del material se convierte en un factor limitador. En la fabricación de componentes que utilizan sistemas de película gruesa y tinta, la compatibilidad entre los sustratos y las tintas es esencial para conseguir componentes de alta calidad y el grado necesario de reproducibilidad.

#### Sustratos

La alúmina verifica la mayoría de los requisitos de diseño de los sustratos para películas gruesas y es mecánicamente fuerte, lo que le permite soportar temperaturas de caldeo de las tintas de hasta 1000° Celsius. Se han considerado sustratos con contenidos de alúmina entre el 85 y el 99 %, estando el valor preferido alrededor del 95 %. Esta región preferida es un compromiso entre el incremento de la fortaleza del sustrato y la reducción de la adherencia del conductor a medida que aumenta el contenido de alúmina. En los materiales con menor contenido de alúmina, la debilidad puede manifestarse por la rotura en la fase de vidriado al arrancar, por ejemplo, una banda conductora y los cristales de alúmina situados inmediatamente debajo de ella. La afinidad entre los materiales conductores y las alúminas de menor porcentaje es buena, ya que el vidrio extra se combina con el de la mezcla conductora. Desgraciadamente, estos vidrios extra pueden fácilmente reducir la facilidad de soldadura y de incrustación de los hilos.

\* Reología = Ciencia que trata del flujo y deformación de la materia. N. del E.

## Circuitos de película gruesa

Con un alto contenido de alúmina, la resistencia mecánica se mejora mucho por la estructura de la alúmina bien entrelazada. La adherencia de la tinta depende, entonces, mucho más de la fase cristalina del conductor.

Para substratos con contenidos similares de alúmina, pueden resultar propiedades significativamente diferentes debido a diferencias en la fase de cristalización. Los dos vidrios más comúnmente utilizados tienen como base óxido de calcio (CaO) y óxido de magnesio (MgO). Ambos son conocidos como fundentes y tienen un efecto importante en el crecimiento del grano y la compatibilidad consiguiente con diferentes tintas.

Para obtener las propiedades deseadas, por lo tanto, el sistema tinta conductora/substrato debe estar siempre bien definido, tanto en calidad como en cantidad.

Las tintas resistivas son objeto de consideraciones similares, pero factores adicionales, tales como el coeficiente de expansión, tienen un efecto importante en la consecución de las características eléctricas especificadas.

### Conductores

El material conductor es un metal o aleación metálica y mezcla de vidrio. Normalmente, los programas de caldeo de alta temperatura y la atmósfera oxidante requieren el uso de metales nobles o refractarios. En la tabla 1 se resumen los parámetros principales.

Los materiales más comúnmente utilizados son paladio/oro, platino/oro, paladio/plata y oro. Cada material debe valorarse cuidadosamente en el contexto completo del ciclo de fabricación específico sistema resistivo/substrato.

Tabla 1 - Parámetros principales de los conductores.

Parámetro	Especificación típica
Compatibilidad con el material de la resistencia y el substrato	Interacción y resistencia de contacto mínimos
Adherencia a los substratos	200 kp/cm <sup>2</sup>
Facilidad de soldadura	5 segundos para fundirse 30 segundos para levantarlo
Resistencia mecánica de la conexión de los hilos (fuerza estirando)	Aluminio: 0,04 a 0,1 N Oro: 0,05 a 0,06 N
Resistividad de lámina	0,05 ohmios por cuadrado

### Resistencias

La segunda generación de tintas resistivas, actualmente disponibles, tienen sensibilidades al caldeo más bajas combinado con buenas propiedades de impresión. Cuando se utilizan con un sistema compatible conductor/substrato se pueden conseguir resistencias fiables de alta calidad que tienen parámetros secundarios muy bien especificados. Aunque las tintas de la primera generación eran estables, bajo las tensiones producidas por la temperatura (como podría esperarse cuando las resistencias se forman a altas temperaturas), eran sensibles a los voltajes y a las altas humedades ambientales.

Los parámetros que definen el funcionamiento de las resistencias de película gruesa se resumen en la tabla 2.

Tabla 2 - Parámetros que definen resistencia típica de película gruesa

Parámetro	Valor
Resistencia	0,6 a 10 Mohms
Resistividad superficial	10 ohms a 1 Mohm por cuadrado
Relación de aspecto	0,2 a 10
Potencia (dependiente del área y de la estabilidad)	hasta 30 vatios por cm <sup>2</sup>
Coeficiente de temperatura de la resistencia (dependiente de la tinta/substrato en composición y geometría)	menos que $\pm 100$ partes por millón por grado Celsius
10 ohms a 1 Mohm por cuadrado	
Coeficiente de tensión (dependiente del material depositado y de la geometría)	cambios mínimos para tensiones hasta 1200 V/cm
Ruido (dependiente de la geometría y del material)	
100 ohms por cuadrado	- 30 dB por década
100 kohms por cuadrado	- 5 db por década

Las principales ventajas de las resistencias de película gruesa son la verificación precisa de los parámetros para las tintas depositadas en el mismo momento y sobre el mismo substrato y para resistencias de la misma resistividad por lámina.

El ajuste es una característica importante del proceso de película gruesa que permite conseguir tolerancias de  $\pm 1\%$  o inferiores. La principal técnica aplicada hasta la fecha es la de la abrasión por aire (airbrasion), en la que la relación de aspecto\* de una resistencia se incrementa produciéndola un corte en un lado de la película. Esto se realiza dirigiendo un chorro de aire que contiene partículas de alúmina a la resistencia para eliminar el material y realizar un corte en la superficie del substrato. Se desplaza entonces el soplete transversalmente o a lo largo del borde de la resistencia a la vez que se observa el valor de la misma. El proceso termina cuando la resistencia queda dentro de los límites de tolerancia requeridos. Este método tiene la ventaja de ser básicamente pasivo y mecánico en su proceso. Sin embargo, produce excesivo polvo y virutas que limita los tipos de componentes adecuados para la fijación en este medio. En particular, tiene desventajas considerables cuando se utiliza en presencia de semiconductores no encapsulados y otros tipos de pastillas. Asimismo, debido a los límites prácticos en el tamaño del soplete, resulta necesaria la existencia de una región adyacente que permita el paso del mismo, lo que resulta ser un factor limitador importante en la densidad de empaquetado.

El mecanizado por laser está siendo aceptado como un avance importante en la tecnología del ajuste. El

\* Relación de la longitud a la anchura.

haz enfocado del laser es guiado a través de la resistencia produciendo una línea aislante que da lugar, bien a un estrechamiento en la dirección del flujo de corriente, o a un corte más complejo en forma de L, lo que produce un gradiente de reducción de la resistencia hasta que se consigue el límite requerido por el diseño. El corte más estrecho (del orden de 50 micras) permite el ajuste preciso de pequeñas resistencias hasta de un  $\pm 0,2\%$  incluso en la proximidad de componentes activos sensibles.

### Dieléctricos

Las películas de dieléctrico realizan 5 funciones principales en los circuitos híbridos:

- aislamientos para pasos entre circuitos multicapa
- dieléctrico para condensadores de película
- sobrevidriado para mejora de calidad de las resistencias
- protección de las resistencias durante el ajuste por abrasión con aire
- delimitación de la humedad por soldadura.

Los materiales de paso deben depositarse sobre un material conductor, calentarlos sin degradar las características del conductor, imprimir una nueva capa conductora y calentarlos nuevamente. El vidrio normal no puede verificar fácilmente estos requisitos por lo que se ha desarrollado una gama de materiales cerámicos desvitrificadores. Estos materiales se vuelven a cristalizar calentándolos, dando lugar a fases con puntos de fusión más altos que los de los originales. Por consiguiente, pueden considerarse perfiles óptimos de calentamiento de los conductores. El vidrio de paso debe tener también una baja pérdida de dieléctrico  $K (< 10)$ , una alta tensión de ruptura ( $> 500$  voltios) y una alta resistencia de aislamiento ( $> 10^{10}$  ohmios a 100 voltios).

Las temperaturas de calentamiento para los dieléctricos de paso está dentro del margen de 800 a 900° Celsius, con temperaturas de recalentamiento de hasta 1000° Celsius cuando se reimprimen con un conductor.

El aumento del interés en condensadores de película gruesa ha quedado restringido por la rápida mejora de las técnicas de adición de chips de condensador. Sin embargo, cuando el área del sustrato y los costes de proceso son favorables (es decir, para cantidades apreciables de condensadores similares de pequeño valor con tolerancias de más de  $\pm 10\%$ ), se puede producir un condensador de funcionamiento medio fiable, frecuentemente utilizando impresión en doble capa para reducir los fallos de las perforaciones para los terminales. Estos condensadores se basan en compuestos cerámicos del tipo NPO\* y en materiales dieléctricos de medias y altas constantes dieléctricas a base de titanato de bario. Se pueden conseguir constantes dieléctricas de 50 a 1000 dando capacitancias de 2 a 30 nF/cm<sup>2</sup>. El factor de disipación para el material NPO es del 0,1% y para los materiales de alta constante dieléctrica entre 2,5 y 4%.

Las temperaturas de cocción están entre 800 y 1000°

\* NPO = Negativo-Positivo-Cero = Invariable.

Celsius. La pérdida  $K$  del dieléctrico aumenta con la temperatura de cocción a medida que crece el cristal.

Los materiales sobrevidriados son vidrios que pueden calentarse a 500 °C. Se utilizan para mejorar la estabilidad de las resistencias de bajo valor que, debido a su propio bajo contenido de vidrio, pueden beneficiarse de una sobrecapa de cristal. La baja temperatura de caldeo minimiza posteriores cambios de la resistencia. El vidriado es útil también cuando se ajustan las resistencias por abrasión con aire, ya que protege las áreas adyacentes de una posible abrasión y reduce el riesgo de retoque no intencionado de las resistencias próximas. Los sobrevidriados son útiles también como resistencias a la soldadura y constituyen el contorno controlado necesario para la soldadura de componentes adicionales.

### Aplicaciones

#### Ordenadores

La tendencia en este campo es, bien la de utilizar simples redes resistivas de película gruesa a lo largo de los circuitos monolíticos y en idénticos paquetes duales, o bien realizar complejos circuitos híbridos multichip. Esto último domina cuando se utilizan velocidades de conmutación muy elevadas en el procesador central, o cuando es importante la condición de pequeño tamaño en el procesador y en el equipo periférico.

El uso creciente de integración en gran escala (LSI) está ampliando el uso de películas gruesas. Su papel principal debe ser como bases de intercomunicación para chips grandes y pequeños con el sustrato como parte integral del paquete, hermético si es necesario.

#### Aplicaciones militares

Las razones principales para utilizar circuitos pasivos e híbridos en película gruesa en este campo no difieren básicamente de las correspondientes a aplicaciones comerciales. Las aplicaciones de más éxito son en control aéreo y en telecomunicaciones pero el espectro se está ampliando rápidamente, incluyendo incluso fusibles.

Los primeros circuitos híbridos en aplicaciones militares utilizaban condensadores y semiconductores adicionales (los condensadores de película gruesa no han conseguido éxito técnico y comercial hasta la fecha). La necesidad de condensadores miniatura especiales que ocupen la mínima superficie ha significado, hasta hace poco, precios más altos. La figura 1 muestra una disposición típica.

Para evitar la utilización de condensadores añadidos, la técnica actualmente establecida, es la de utilización de chips semiconductores como condensadores, particularmente para equipo de a bordo de los aviones, en los que tamaño y peso son requisitos principales. Actualmente, se está fabricando un número significativo de circuitos multichip en Europa (Figs. 2 y 3).

El coste de fabricación básico de los semiconductores, circuitos híbridos y equipo muestra que el método general de utilización de multichip podría proporcionar

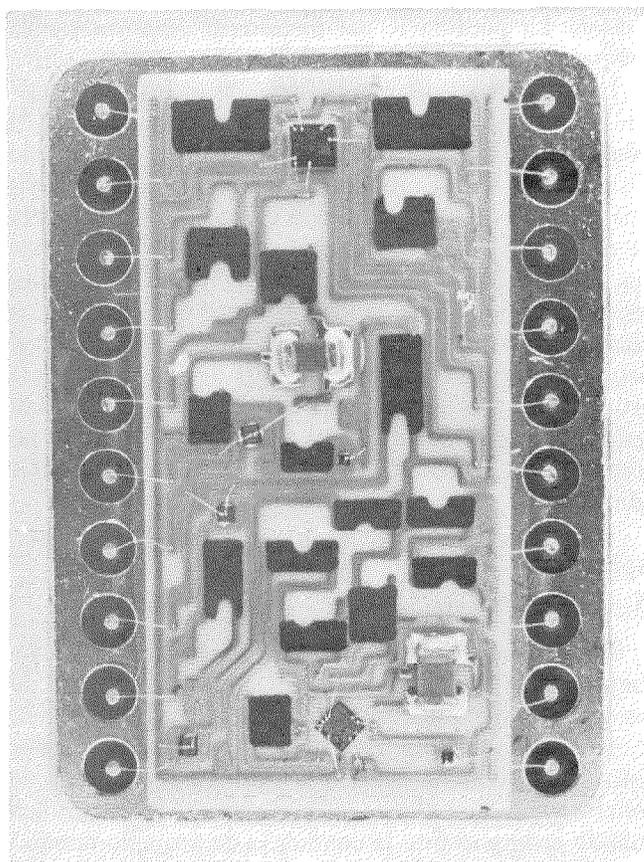


Fig. 1 Substrato de un solo lado con resistencias ajustadas mediante abrasión por aire. Componentes adicionales incluyen chips semiconductores con circuitos discretos e integrados y chips condensadores cerámicos. La aplicación corresponde a teledifusión de corto alcance que proporciona información de giro de un eje rotatorio.

una solución muy económica de la fabricación de equipo a largo plazo.

### Telecomunicaciones

Los atenuadores en  $\pi$  y en T de película gruesa se han venido utilizando en grandes cantidades desde 1970 para sustituir a las versiones realizadas con componentes discretos, principalmente en redes múltiples cubriendo un margen entre 0,5 y 32 dB. Las redes híbridas y pasivas en película gruesa convencionales se han introducido recientemente en el equipo PCM del British Post Office para reducir el tamaño del equipo sin aumentar los costes.

Donde tales circuitos forman solamente una pequeña fracción del número total de componentes de una tarjeta de circuito impreso, la reducción de los costes de fabricación es marginal, si existe. Solamente cuando el ahorro de espacio permite reducir el número de tarjetas, armazones y bastidores, la reducción de costes resulta significativa. Este es el caso en los equipos multiplex por división en frecuencia en los que se ha introducido la técnica de los circuitos híbridos de película gruesa.

A plazo más largo, se espera que las resistencias de precisión ( $\pm 0,1\%$  de tolerancia) en película gruesa y bajo coste encontrarán aplicaciones en muchas áreas de la circuitería lineal y en los circuitos de interconexión

entre los sistemas de tiempo real y los de transmisión de datos.

### Productos de gran público

Automóviles, radio, televisión y electrodomésticos forman ya un sector importante de los mercados de película gruesa de USA y Japón. El progreso ha sido más

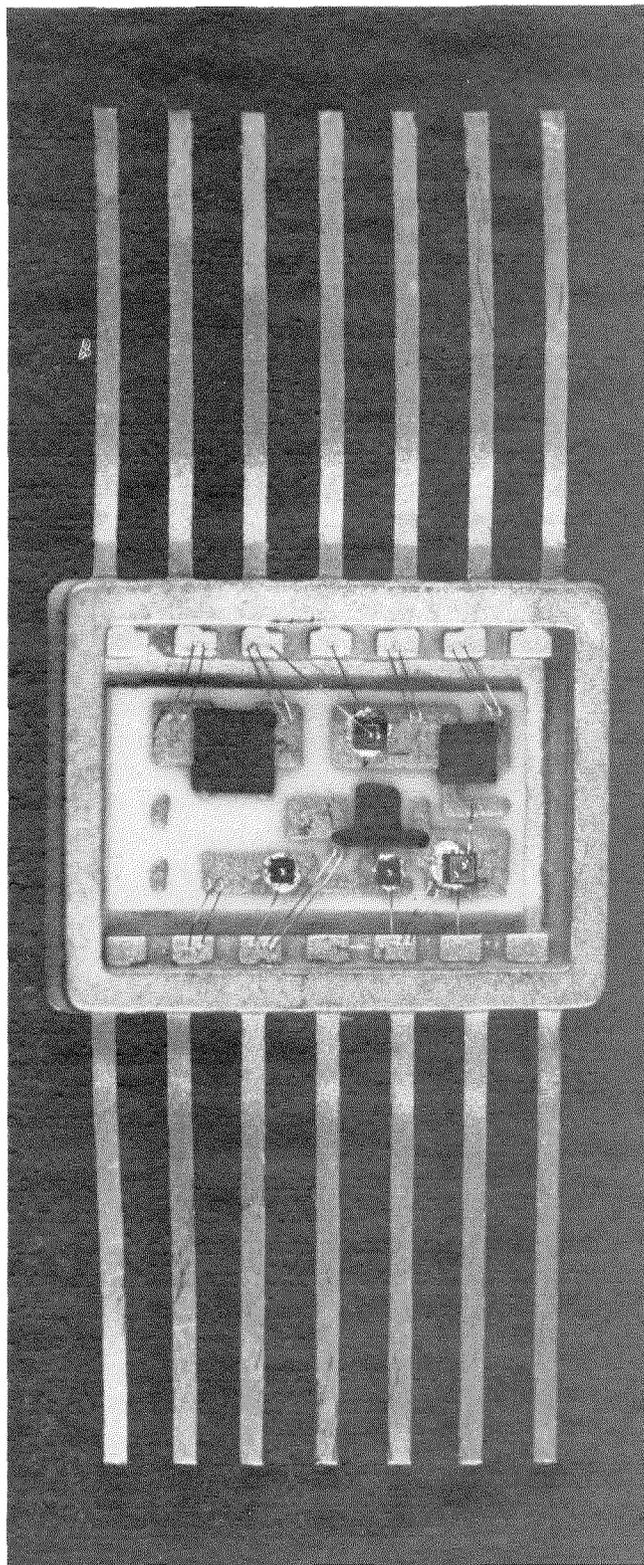


Fig. 2 Semiconductor híbrido multichip con resistencias ajustables mediante técnicas láser. La aplicación corresponde a un sistema de presentación para navegación aérea.

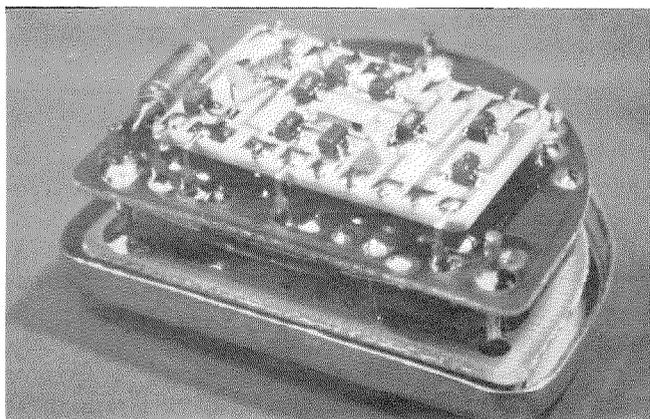


Fig. 3 Marcapasos cardiaco con circuitos híbridos de película gruesa en varios sustratos. Se utilizan cuatro sustratos para soportar semiconductores miniatura encapsulados en plástico y condensadores de tántalo sólido. Los condensadores de menor valor se utilizan en forma de chips cerámicos monolíticos.

lento en Europa donde las tiradas de producción son generalmente más pequeñas. Cuando no se lleva a sus límites de tamaño y precisión, la tecnología ofrece normalmente costes inferiores para los usuarios de grandes cantidades suponiendo que sus necesidades justifiquen la inversión necesaria para disponer de capacidad propia — al menos en cuanto a ensambles, encapsulado y pruebas. Posteriores desarrollos en tintas y sustratos de bajo coste, junto con los costes crecientes de mano de obra, pueden inclinar progresivamente la decisión de fabricar o comprar en favor de esta última.

En el campo de los ordenadores pequeños la adaptación tanto del diseño mecánico como del eléctrico es vital para el éxito de cualquier tecnología de circuito impreso.

#### Radio comunicaciones

Los sistemas miniatura de radio móvil y buscaperonas se han beneficiado grandemente del uso de circuitos de película gruesa. Debido a las cantidades comparativamente pequeñas producidas, pocas veces dan lugar a un coste inicial más bajo, pero los problemas de fiabilidad y mantenimiento que surgen de la excesiva proximidad entre componentes en los paquetes realizados en la versión de componentes discretos de precisión, han persuadido a los fabricantes a utilizar circuitos híbridos — por lo menos hasta que los circuitos lineales monolíticos de funcionamiento adecuado lleguen a ser elementos normales.

#### Equipos industriales e instrumentación

Aunque, por el momento, el uso de circuitos de película gruesa no es tan grande en este sector, el margen de aplicaciones potenciales es muy amplio. Las aplicaciones típicas están en los instrumentos con amplificadores internos, máquinas herramienta y controles de ascensores, convertidores, analógico/digital, células de carga para máquinas pesadoras, codificadores de proceso, convertidores digitales, transductores de movimiento lineal/giratorio, integradores coseno/tangente, medido-

res de tensión, acelerómetros, medidores de flujo, circuitos de linealización y conmutadores de proximidad.

Los factores principales son:

- capacidad de amplificar y/o convertir señales en el generador permitiendo una transmisión libre de interferencias hacia los sistemas de lectura y control;
- incorporación de facilidades de amplificación/conversión dentro de los instrumentos de panel.

#### Medicina

Existe un número de aplicaciones en las que los microcircuitos híbridos de película gruesa constituyen ya la clave de progresos futuros. La electromedicina activa es una de ellas. Aquí el término activa implica participación directa en funciones humanas, diferenciándose de pasiva que cubre campos tales como supervisión del paciente, diagnóstico y acceso y procesado de los datos médicos [1].

Ejemplos de aplicaciones activas:

- aparatos para sordos
- marcapasos (Fig. 3)
- controles de incontinencia
- sistemas de electro-sueño
- instrumentos de visión artificial
- generadores de radiaciones para control de cáncer.

Las técnicas de circuitos híbridos en película gruesa se utilizan ya en aparatos para sordos y en marcapasos de ritmo fijo y ajustables según demanda (Fig. 3). A medida que vaya siendo posible el control de otras funciones del cuerpo (por ejemplo, la respiración), los requisitos de miniaturización y máxima fiabilidad extenderán el uso de circuitos en película gruesa.

#### Realización de circuitos que utilizan película gruesa

La tecnología de la microelectrónica de película gruesa ofrece un margen creciente de técnicas y componentes. Según se ha mencionado anteriormente, los objetivos normales son menores costes de fabricación y de mantenimiento de equipos (sin que los costes de los componentes hayan de ser más bajos), mayor fiabilidad y pequeño tamaño donde sea necesario. Estas necesidades se consiguen incrementando el contenido de los paquetes indivisibles más pequeños, pero no existe un nivel fijo y en cada aplicación es aconsejable ponderar las soluciones alternativas para obtener el mejor compromiso entre el grado de integración y los costes. En algunos casos, las propiedades singulares de las combinaciones de sustratos y películas y sus geometrías respectivas pueden resolver lo que hasta el momento eran problemas insolubles.

Para mostrar el procedimiento seguido por los fabricantes de circuitos en película gruesa a la hora de manejar una consulta realizada por un cliente, se resume en el Apéndice 1 la información requerida por una hoja de información especial.

A veces, resulta difícil discutir aspectos tales como las bases de diseño y si las tolerancias de los componentes permitirán la verificación de las pruebas funcionales bajo diversas condiciones sin que aparezca cuestionable la capacidad del diseñador del circuito.

En la práctica, el fabricante debe desarrollar una alta confiabilidad en su cliente en cuanto a su capacidad de diseñar circuitos, ya que el rendimiento de su propia producción, en la etapa de pruebas funcionales, dependerá fundamentalmente del análisis completo y de la correcta elección de las tolerancias de los componentes. Aunque no se pide específicamente en el cuestionario, una indicación del número de circuitos diseñados anteriormente, se considera a menudo como una indicación de la posibilidad de haberse encontrado y solventado con anterioridad posibles problemas de diseño, es decir, que se reduce la posibilidad de tener que introducir modificaciones.

Las especificaciones, junto con los requisitos de las resistencias y condensadores, ponen de manifiesto el hecho de que el diseño de componentes pasivos para verificar tareas específicas está recibiendo mucha más atención que en el pasado. Ha sido costumbre comprar resistencias de  $\pm 5\%$  para su utilización en circuitos diseñados para tolerancias de  $\pm 10\%$  en la suposición de que permanecerían así dentro de los límites requeridos (por todas las razones) durante la vida del equipo. Cuando la tolerancia se reduce a  $\pm 1\%$ , resulta impracticable utilizar este método; además, en la tecnología de la película gruesa es económico diseñar cada resistencia para que verifique sus necesidades específicas.

La comprobación paramétrica y funcional requiere también una consideración cuidadosa cuando los circuitos son complicados y los puestos de medida son demasiado caros para duplicarlos. Normalmente, el uso compartido es solamente posible en la etapa del prototipo.

Ninguno de los problemas tiene respuesta única en una aproximación microelectrónica, pero debido al concepto de integración deben resolverse antes y con mayor seguridad de lo que sería necesario para un diseño con componentes discretos. De hecho, esto es bueno para los diseñadores de equipos, bajo presiones de tiempo, ya que de otra manera tenderían a dejar la decisión final del diseño para el último minuto durante la fabricación y las pruebas — lo que produce costes de fabricación innecesariamente altos.

Además de los componentes activos y pasivos proporcionados por las tecnologías básicas de película gruesa actuales, el diseñador de circuitos híbridos tiene una jerarquía de técnicas de interconexión a su disposición, que en orden creciente de tamaño son:

- interconexión sobre un chip de silicio,
- interconexión sobre un sustrato de circuito de película,
- interconexión sobre un circuito impreso.

Esto conduce al término trilitico, en comparación con monolítico, como un modo más preciso de describir el verdadero concepto en el que las microelectrónicas híbridas deben basarse en el futuro.

Puesto que el ingeniero diseñador de circuitos híbridos ha de diseñar el segundo de éstos, debe entender las restricciones y problemas de las técnicas de los chips de semiconductores y de los circuitos impresos, así como los correspondientes a los circuitos en película gruesa. En algunos casos en los que hay que considerar muy

altas velocidades y/o frecuencias, esta tarea la realiza mejor un ingeniero de equipos con experiencia.

Aparte del funcionamiento técnico, es importante ser capaz de distribuir los cruces en la forma más económica. Colocarlos todos en un solo medio conduce a menudo a bajos resultados y costes elevados. El diseñador de semiconductores que intente colocar 4 ó 5 capas de interconexión sobre el óxido, el diseñador de circuitos de película gruesa que intente imprimir 8 capas puede ser que estén intentando llevar la tecnología actual más allá de los límites de la producción económica. La función del diseñador de circuitos híbridos es la de racionalizar todo esto, debiendo minimizar costes por integración de las tecnologías de diseño y de equipo.

Incluso cuando se ha pedido un prototipo, el circuito híbrido debe estar más allá de la etapa de definición del circuito, es decir, el diseño del circuito debe completarse hasta un alto nivel de seguridad. En el diseño del circuito deben utilizarse técnicas de consideración del peor caso posible o, por lo menos, de tolerancias estadísticas.

Existen casos obvios en que la geometría de la distribución del circuito es vital para el funcionamiento del diseño, por ejemplo, en circuitos de alta frecuencia o alta velocidad. En tales casos, debe realizarse un estudio del diseño, incluyendo modelos, antes del pedido de fabricación del prototipo.

Debido a que la forma y el tamaño de cada resistencia se hace a la medida de las necesidades del circuito real, las tolerancias de los componentes establecidas por el cliente deben ser tan correctas como sea posible y no contener márgenes ocultos. Además, puesto que las características de funcionamiento de los componentes de película están bien definidas, es importante dejar al diseñador del circuito de película la mayor amplitud posible mediante la especificación de los componentes hasta el límite total de desplazamiento. Esto permite al diseñador integrar las contribuciones de tolerancias desde el coeficiente de temperatura de la resistencia hasta el envejecimiento y llegar al equilibrio económico entre estos parámetros y la tolerancia inicial de fabricación. Siempre que sea posible, debe minimizarse el margen de valores de las resistencias del circuito ya que esto puede disminuir el número de etapas de impresión y reducir, por tanto, los costes de fabricación.

El uso de técnicas de ajuste de función puede constituir una ventaja fundamental. Esta solución requiere que el ingeniero diseñador del circuito fije áreas en las que pueda aumentar las tolerancias generales de los componentes del circuito supuesto que, después del ensamble o en cualquier etapa crítica, se puede supervisar la función o parte de ella del circuito híbrido durante el ajuste de unas pocas resistencias.

El diseñador de la distribución del circuito tiene primero que considerar la división práctica del sistema, sustrato por sustrato, y comprobar que esto no produce problemas de funcionamiento o medida. La dificultad siguiente es la disipación de potencias; hay que establecer que cada sustrato y el paquete completo

pueden aceptar la potencia total. Las dimensiones y ubicaciones de las resistencias individuales se fijan entonces de forma que verifiquen las condiciones limitadoras de funcionamiento en cuanto a potencia, tensión, ruido, etc. Una distribución geométrica se desarrolla incorporando componentes adicionales y verificando los requisitos de terminación. Se fijan entonces las dimensiones dentro de los límites de la distribución general. Los cruces requieren operaciones extras de impresión y caldeo y deben diseñarse, por lo tanto, sin crear circuitos demasiado largos. Donde sean absolutamente necesarios los componentes adicionales, deben utilizarse como puentes y, ocasionalmente, un terminal de estos componentes puede utilizarse como un cruce. Estas técnicas se aplican a la mayoría de los circuitos híbridos convencionales, pero, donde se requiera una alta densidad de empaquetamiento con dispositivos montados en la superficie (chips y componentes con terminales en general), deben utilizarse técnicas multicapa.

Las técnicas de sujeción a la superficie de los componentes adicionales son esenciales ya que las perforaciones en los substratos son difíciles de realizar y limita la posibilidad de utilizar una amplia variedad de tamaños. Se prefieren las técnicas de soldadura por flujo lo que dirige la elección de componentes adicionales a paquetes planos (flat packs), condensadores chip cerámicos y otros componentes a cuyos terminales se les puede dar forma coplanar para obtener un dispositivo que se mantiene libremente sobre las líneas conductoras de película. En la tabla 3 se dan las reglas típicas de los circuitos.

Tabla 3 - Reglas para la distribución típica.

	Normal (mm)	Línea fina (mm)
Conductor		
anchura de la traza	0,2	0,075
separación	0,175	0,075
Resistencia		
anchura de la traza	1,25	0,63
longitud	2,0	1,25

Las resistencias para ajustes posteriores, es decir, con tolerancias inferiores al 10 ó 15 %, se diseñan de forma que tengan una resistencia más baja, normalmente con una disipación de potencia que permitan la eliminación del 50 % durante el ajuste.

Las resistencias de ajuste de función requieren, a veces, un ajuste sobre un margen más amplio que las resistencias normales, en cuyo caso se puede utilizar un diseño en forma de sombrero de copa para conseguir un amplio margen de relaciones de aspecto (hasta un 10 : 1).

#### Componentes adicionales (Add-on)

Como se ha sugerido anteriormente, los componentes diseñados para conexión por soldadura a los circuitos de película gruesa deben tener terminaciones coplanares que permitan fácil colocación y localización para soldadura por flujo. Los semiconductores en

cápsulas planas y encapsulados plásticos miniatura verifican fácilmente este requisito, igual que lo hacen los condensadores chip cerámicos y las unidades moldeadas en plástico rectangular con los terminales en configuración tanto radial como axial. Los condensadores son, a menudo, los componentes más difíciles de montar. Es el caso de los condensadores de tantalio que tienen grandes valores en pequeños volúmenes. Generalmente, es un buen diseño mantener tales unidades fuera del módulo híbrido y montarlos en un circuito impreso donde sea posible.

Los semiconductores pueden también montarse directamente sobre el substrato de película gruesa utilizando soldadura eutéctica a conductores de oro o de mezcla de oro. Las técnicas nuevas que utilizan resinas conductoras epoxi (cuando la cara posterior de la pastilla de semiconductores es una de las conexiones) o de resina no conductora han demostrado ser muy útiles. Frecuentemente, dan mejores resultados que el proceso eutéctico caliente, especialmente para redes multichip y se aceptan actualmente para aplicaciones espaciales.

La conexión al chip se realiza por soldadura convencional de hilo de aluminio u oro. Los procesos ultrasónicos fríos son los más atractivos para la construcción de circuitos híbridos ya que se pueden utilizar sin distorsionar el funcionamiento operacional por culpa de altas temperaturas de unión, lo que es particularmente importante para circuitos lineales.

La impresión de líneas finas, a la vez que permite altas densidades de empaquetamiento, es necesaria para la interconexión con componentes que tienen varios terminales. Las ventajas residen en el uso de un componente semiconductor sellado que se puede comprobar totalmente antes de montarle en el circuito y que su unión al substrato es un proceso sencillo, es decir, todos los terminales se unen en un solo movimiento de la cabeza de la máquina de soldar.

#### Encapsulado

El encapsulado ha recibido, probablemente, la mínima atención en el contexto de los circuitos híbridos, pero todavía es, frecuentemente, una característica importante de los circuitos híbridos y puede determinar su éxito o su fallo. Los requisitos del encapsulado se refieren a disipación de potencia y compatibilidad con todos los componentes adicionales. También, para los dispositivos semiconductores no encapsulados, una envoltura hermética es, a menudo, esencial.

Existen dos formas básicas: encapsulado con resina y módulos herméticos. La resina es barata y, cuando se puedan solucionar las desadaptaciones de expansión de substratos y componentes, da lugar a buenas estructuras mecánicas. Las técnicas de encapsulado incluyen fundición, envasado e inmersión. Para minimizar las tensiones internas, se utilizan a menudo capas blandas de protección, localizadas a veces sobre componentes particularmente frágiles.

Los módulos herméticos ofrecen un ambiente de calidad y se pueden rellenar con gas seco; sin embargo,

## Circuitos de película gruesa

son relativamente caros. La distribución interna puede, al igual que las unidades moldeadas y envasadas, utilizar substratos colocados unos a continuación de otros. En estos casos, las unidades intermedias pueden presentar problemas de disipación de calor y requerir soporte mecánico.

Indudablemente la mejora continua de las resinas ofrece buenas perspectivas a largo plazo para encapsulación barata de módulos pasivos e híbridos de película gruesa. Cuando se necesite una gran estabilidad o cuando se especifiquen límites de temperatura y humedad, se deberá continuar utilizando módulos herméticos basados en cierres cerámica/metal o sellado metal/vidrio.

### Conclusiones

a) En el caso general la microelectrónica híbrida ofrece soluciones de alta fiabilidad para la modulación en equipo electrónico miniaturizado.

Los componentes de película gruesa, principalmente resistencias, ofrecen ahora características profesionales de alta calidad, tanto en comportamiento de parámetros como en fiabilidad.

b) El ensamble híbrido puede ofrecer modulación tanto en encapsulado plano como en formas DIL\* y aun cuando se prefieren los normales pueden hacerse encapsulados especiales para clientes.

c) Siempre que sea posible, se deberá completar la comprobación del diseño, circuito y tolerancias antes de comenzar la distribución de elementos en la pastilla.

d) El reparto de circuitos deberá tener en cuenta la posibilidad de pruebas en fábrica incluyendo búsqueda de averías y su reparación.

e) Donde sea posible se aprovechará el ajuste de las resistencias durante las pruebas para la consecución de las tolerancias.

f) Los componentes de la película se diseñan de acuerdo con el cliente y las necesidades del circuito individual y puede dar un comportamiento optimizado y adaptado debido al diseño compensado y reducción de tolerancias.

g) Si la miniaturización es importante, la mejor solución la ofrece el ensamble directo de semiconductores empleando "chips" de base, o dispositivos de conductores agrupados (beam lead devices).

h) El empleo económico de chips de base exige al diseñador la especificación de dispositivos típicos y desarrollar técnicas de ajuste a función para optimizar el comportamiento funcional.

i) Agrupando todos los chips semiconductores en uno o varios encapsulados herméticos antes de un ensamble híbrido, se pueden aplicar condiciones óptimas de envejecimiento por separado a los semiconductores, película y otros componentes. Esto es conveniente en aplicaciones de alta fiabilidad.

\* DIL = Dual in line (salidas de uno solo o de los dos lados).

## Apéndice 1

### Información requerida por los fabricantes de película gruesa

El fabricante de circuitos de película gruesa debe recibir una cantidad considerable de información del cliente para el que se va a diseñar un circuito de película. En ITT, se solicita del cliente que conteste a una hoja de especificaciones muy completa. A continuación se resume la información solicitada en dicha hoja:

#### Información del cliente

##### Aplicaciones

- Militar, medicina, industrial, gran público.  
Razón de la utilización de los circuitos de película.
- Factores principales: fiabilidad, tamaño, coste, medio ambiente, estabilidad a largo plazo.
- Otros factores principales: trabajo, seguridad, imagen.
- Bases de diseño: peor caso, Monte Carlo, optimizado por ordenador; nuevo diseño, circuito existente, cuántos se han realizado.  
Categoría: película delgada pasiva, película gruesa pasiva, circuito híbrido.

#### Especificaciones o dibujos disponibles

- Eléctricas, mecánicas, prueba eléctrica, control de calidad, ambientales.

#### Comercial

- Detalles de producción, escalas de tiempo.
- Número de circuitos por tipo de equipo.

#### Bases para la especificación de diseño

- Margen de temperaturas de almacenamiento, margen de temperaturas de funcionamiento, vida en almacén, vida en operación.
- Porcentaje de vida en almacén y vida en operación a las temperaturas extremas y medias.
- ¿Permitirán las tolerancias de los componentes verificar las pruebas de funcionamiento a 25° C y a las temperaturas extremas?
- ¿Permitirán las tolerancias de los componentes verificar las pruebas de funcionamiento en las temperaturas extremas a lo largo de toda la vida del módulo (excursión total)?
- Relación fiabilidad/fallo del circuito (objetivo).
- Definición de fallo.
- Nivel de calidad (AQL) para los parámetros mecánicos y eléctricos.
- Disipación, choques, aceleración, golpes, vibración, pruebas mecánicas/ciclo de soldadura.
- Método de montaje.

## Requisitos del encapsulado

- Metal o plástico. Formato: simple, dual, paquete plano, otros. Posiciones requeridas de los terminales, tamaño y longitud del terminal.
- ¿Está prevista la toma de tierra para la caja metálica?
- ¿Existen limitaciones críticas de tamaño?
- ¿Existen altas tensiones sobre los terminales?

## Componentes

- Resistencias: valores, potencia, ruido, tensiones.
- ¿Deben realizarse ajustes para funcionar?
- Otros aspectos críticos de la aplicación.
- ¿Pueden permanecer discretas algunas de las resistencias de valores altos o bajos?
- ¿Es necesaria alguna pieza para disipación de calor?
- Condensadores: valores, tensiones, frecuencia, tipo.
- ¿Deben realizarse ajustes para funcionar? ¿existen parámetros críticos?
- ¿Podrían algunos de los elementos voluminosos permanecer como discretos?
- Bobinas: es preferible que estos componentes se monten en el exterior por razones de funcionamiento.
- Semiconductores: tipos, equivalentes aprobados, potencia.
- Tipo de encapsulado utilizado para diseño discreto de modelo, tipo de cápsula, ¿se puede utilizar plástico?
- ¿Hay problemas de disipación?
- ¿Podrían permanecer discretos los elementos voluminosos?

## Información de distribución

- Margen de frecuencia, apantallamiento, elementos de conmutación, restricciones de proximidad entre componentes o hilos conductores.

**David Boswell** nació en Londres. Después de su servicio durante la guerra en las Reales Fuerzas Aéreas (RAF), se incorporó a la Universidad de Londres donde se graduó como BSc en Ingeniería. Trabajó durante 12 años en los laboratorios de investigación de la General Electric Company donde, como ingeniero senior de diseño, colaboró en el desarrollo de los procesos de producción en gran escala de los semiconductores de germanio y de silicio.

En 1959 pasó a ser ingeniero jefe en Associated Transistors y dos años más tarde realizó el montaje completo de una fábrica de microelectrónica para Elliott Automation. Mr. Boswell se incorporó a Standard Telephones and Cables en 1965, actualmente es el Director de Operaciones de ITT Components Group en Paignton. Sirvió, también, durante dos años como coordinador de microelectrónica para la dirección de ingeniería de Londres.

Mr. Boswell ha trabajado en comités de la asociación comercial de fabricantes de componentes y equipos del Reino Unido y de la British Standards Institution; así como en comités tanto nacionales como internacionales de planificación en el campo de la microelectrónica. En 1968 llegó a ser presidente por el Reino Unido y director por Europa de la Sociedad Internacional de Microelectrónica Híbrida. Actualmente es presidente del grupo de fabricantes de circuitos híbridos RECMF.

**Roger F. Russell** nació en Bath. Se graduó en física por la Universidad de Leeds en 1963. Se incorporó a ITT, trabajando en los laboratorios de investigación y desarrollo de Paignton sobre resistencias de película delgada de níquel cromo. Tres años después empezó el programa de desarrollo de película gruesa.

En 1967 pasó a la Plessey Company donde participó en la conversión de varios proyectos importantes a tecnología de película gruesa. Mr. Russell volvió al grupo de circuitos de película en 1969, y desde entonces es jefe de la ingeniería encargada de las secciones de proceso, productos e ingeniería de aplicaciones.

# Cálculos de tráfico en un encaminamiento por saturación con prioridades\*

Se han resuelto dos de los problemas principales de los que aparecen en redes telefónicas militares que utilizan proceso de radiodifusión para hallar al abonado llamado y establecer la deseada conexión. Se refieren a la ley de ocupación en enlace multicanal en problemas de prioridad y la probabilidad de conflicto con otras llamadas durante el establecimiento de una conexión.

CH. GRANDJEAN

Laboratoire Central de Télécommunications, París, Francia

## Introducción

La futura red táctica del Ejército Francés se está desarrollando dentro del contexto general del proyecto RITA. Este proyecto está dirigido por la S.E.F.T. (Sección de Estudios y de Fabricación de Telecomunicaciones) y tiene como objetivo el desarrollo de una red integrada digital completamente automática. Integrada quiere decir aquí que tanto la conmutación como la transmisión utilizan el mismo tipo de modulación digital, es decir, PCM (MIC).

El Laboratoire Central de Télécommunication (LCT) tiene asignada la responsabilidad de realizar el equipo de conmutación, así como la de diseñar un método para encaminar las llamadas, que se adapte muy bien a la aplicación propuesta, ya que la localización de un abonado en la red ha de realizarse con solo el conocimiento de un número de la guía. El método escogido ha sido el de retransmisión de llamadas o encaminamiento por saturación, que posee la ventaja de poder determinar de forma probabilística el camino más corto entre los centros llamante y llamado. Por otra parte, es un método altamente resistente a la destrucción de los centros o de las mallas de unión entre ellos, ya que puede identificarse y establecerse un camino entre dos puntos cualesquiera de la red, tan pronto como exista al menos un camino posible, independientemente del estado en el que la red se encuentre. Este método de control establecido mantiene esta ventaja en cualquier subconjunto de la red que subsista después de una destrucción parcial.

Este tipo de encaminamiento de llamadas se ha experimentado y probado con resultados totalmente satisfactorios en las pruebas de campo militares que se llevaron a cabo después de haber desarrollado el equipo de la primera generación. El equipo se ha mejorado en la segunda generación, principalmente en lo que se refiere a como tener en cuenta la introducción de prioridades en los procedimientos de establecimiento de llamadas. Las modificaciones llevadas a cabo han dado lugar a problemas de dimensionado que constituyen precisamente el objeto del presente artículo.

## Red en malla

La red (véanse referencias [1] y [2]) es básicamente una malla (fig. 1) en la que los nodos son centros de tránsito y las mallas son enlaces PCM de 24 canales múltiples, en cada enlace se utiliza un canal para sin-

cronizar la trama, otro canal para la señalización y los 22 restantes se utilizan para transmitir la información en la forma de conversación codificada o datos PCM. Cada canal, y en particular el de señalización, puede transmitir 48 kbits/segundo; esta capacidad de señalización tan elevada autoriza la utilización de un método de encaminamiento tan elaborado, que permite obtener tiempos de respuesta extremadamente cortos, de un orden mucho menor que aquéllos que pudieran alcanzarse en una red análoga en la que las velocidades de señalización apenas excederán económicamente de 1.200 a 2.400 bits/segundo.

Por razones obvias de seguridad, los centros locales se conectan con los de tránsito mediante 2 ó 3 enlaces. Los usuarios (abonados) se unen a los centros locales (o a los centros nodales los cuales de hecho son idénticos a los locales) mediante concentradores. La conexión entre los concentradores y los centros locales o entre éstos y los nodales se realiza mediante enlaces de 24 canales múltiplex PCM.

## Encaminamiento de las llamadas

Como se verá más adelante el método de encaminamiento por saturación realiza dos funciones diferentes que son complementarias:

- búsqueda en la red del abonado llamado conociendo solamente su número de la guía pero no la dirección de su centro local;
- una vez que se ha identificado el centro del abonado llamado, búsqueda de un camino libre entre éste y el centro llamante.

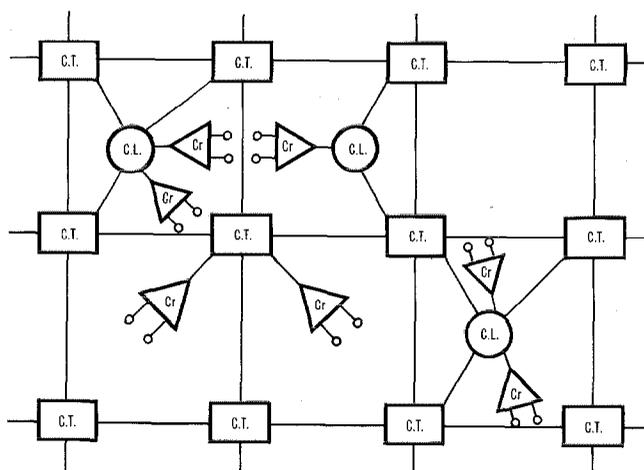


Fig. 1 Red.

C.T. = Centro de tránsito

C.C. = Centro local

Cr = Concentrador

\* Este documento constituyó una comunicación en el VII Congreso internacional de tráfico — Estocolmo 1973.

La función correspondiente a la búsqueda de camino es autocompletada por una reserva automática de canales para las llamadas con prioridad. Para este tipo de llamadas se considera que un enlace está libre si, en el instante considerado, tiene un número de canales ocupados menor que un cierto valor fijado de antemano y de acuerdo con la clase de prioridad.

Consideremos por ejemplo dos tipos de llamadas: con y sin prioridad. Como en un enlace se pueden utilizar 22 canales para encaminar las llamadas, puede decidirse reservar 3 canales para llamadas prioritarias; el enlace estará libre para llamadas sin prioridad cuando como máximo 18 canales estén ocupados mientras que para las llamadas con prioridad estará libre tan pronto como un canal al menos no esté ocupado.

El procedimiento de encaminamiento de una llamada se realiza en tres fases sucesivas: hacia adelante, retorno y final.

#### Fase hacia adelante

La central de origen que sirve al abonado llamante genera un mensaje de búsqueda que contiene la prioridad de la llamada así como el número del abonado llamado; este mensaje es transmitido por el canal de señalización desde una central a sus vecinas a través de toda la red.

La transmisión del mensaje se realiza atendiendo a las dos normas siguientes:

- Las centrales de origen e intermedias transmiten el mensaje de búsqueda solamente sobre aquellos enlaces que se encuentran "libres" para la clase de prioridad correspondiente a la llamada, es decir, que si la llamada es prioritaria cada enlace considerado debe tener al menos un canal libre, mientras que si la llamada no tiene prioridad debe poseer  $v$  canales libres ( $v > 1$ ).
- Con el fin de que las centrales locales intermedias así como sus enlaces salientes no se sobrecarguen con un tráfico de tránsito adicional que aumentaría con el número de abonados a los que las centrales tienen que atender, dichas centrales no transmiten el mensaje de búsqueda; ésta constituye la única diferencia entre un centro local y uno nodal. Por otra parte, si se necesita asegurar la conexión de los caminos de transmisión, puede cambiarse la clase de una central.

#### Fase de retorno

Cualquier central intermedia a la que llega un mensaje de búsqueda, retransmite primero este mensaje de acuerdo con las reglas citadas anteriormente y mira luego en su "traductor" para buscar el abonado mencionado en dicho mensaje. Cada traductor de una central posee la lista de los abonados a que sirve.

Tan pronto como una central detecta que el mensaje de búsqueda se refiere a uno de sus abonados, envía un mensaje hacia la central de origen, utilizando el mismo camino que sirvió para que el mensaje de búsqueda llegara a la central a la que está conectado el abonado llamado. Con el fin de reconstruir paso a paso dicho

camino, cada central intermedia almacena en una memoria la identidad del enlace a través del cual el mensaje de búsqueda que se refiere a dicha llamada ha llegado por primera vez (el mismo mensaje de búsqueda puede naturalmente llegar sucesivas veces a la misma central utilizando caminos más largos o más cortos).

Con el fin de evitar cualquier posibilidad de doble tono, al mismo tiempo que se envía el mensaje de retorno se reservan los canales que la llamada ha de utilizar.

#### Fase final

Cuando el mensaje de retorno llega a la central de origen, esta difunde — sin ninguna restricción que se refiera a la prioridad por razones de seguridad — un mensaje de final que tiene doble utilidad. Por una parte capacita a las centrales intermedias no envueltas con la llamada a destruir la información contenida en sus memorias sobre dicha llamada, por otra, el mensaje final da validez a la reserva de camino efectuada durante la fase hacia atrás e inicia el establecimiento del camino de conversación.

#### Ventajas del método

El método de encaminamiento descrito corresponde a la calificación de dinámico en el sentido de la clasificación realizada en la ref. [3].

Este método de encaminamiento da lugar a un elevado tráfico de señalización y en la práctica puede llevarse a cabo solamente en las redes digitales; sin embargo, posee muchas ventajas, entre las que merecen citarse las siguientes:

- la búsqueda del abonado llamado es automática y el número de la guía puede fijarse, ya que los abonados móviles mantiene su número aunque se desplacen; sin embargo, cada central de la red tiene en su memoria una lista completa de los abonados a los que está directamente conectada en cualquier instante;
- el camino que una llamada utiliza, tiene una probabilidad alta de ser el más corto posible. Esto da como resultado una utilización eficiente de los medios de transmisión;
- la resistencia al fallo y a la destrucción parcial, aun en redes de gran extensión, es excelente ya que aun en el caso de que solamente quede un camino posible para conectar dos abonados, es posible encontrarlo;
- automáticamente se logra un mejor grado de servicio para la transmisión a los abonados prioritarios (pueden incluirse algunas clases de prioridad con diferentes grados de servicio), lo cual puede combinarse con prioridades en el procesamiento en los centros de conmutación;
- se logran importantes ahorros en memorias. Aunque se puede obtener conexión con cualquier abonado aun sin conocer su centro de conexión, cada memoria del centro contiene solamente la lista de sus propios abonados; además posee todos los posibles caminos que pueden probarse; sin embargo, los centros

## Calculos de tráfico

no necesitan memorizar las tablas de encaminamiento (el almacenamiento de dichas tablas sería una tarea muy engorrosa).

Finalmente, el método facilita la seguridad y eficacia de operación de la red. Así, por ejemplo:

- Las llamadas no prioritarias que tengan un camino bastante más largo que el camino mínimo pueden rechazarse; de hecho se sabe (ref. [3]) que la resistencia a una sobrecarga de tráfico no es óptima si se permiten todos los posibles caminos de desbordamiento.
- Los abonados en movimiento tienen la facilidad de introducirse automáticamente en la red conectándose al centro más cercano; la actualización de los traductores del antiguo y del nuevo centro se realiza de forma automática.
- Las listas de los abonados puede escribirse no solo en la memoria del centro de conexión sino también en uno de sus centros vecinos (por razones obvias de seguridad); por consiguiente, pueden suministrarse procedimientos de conmutación automática que serán utilizados en el caso de fallo o destrucción parcial.

## Cálculos de tráfico

El método de encaminamiento de llamadas por saturación con abonados prioritarios conduce a dos problemas que han de resolverse: la ley de ocupación de los enlaces y la probabilidad de conflicto.

### Ley de ocupación de enlaces

El método previamente descrito da lugar a una ocupación de los enlaces entre centrales que puede describirse de la siguiente forma: Si  $R$  designa el número de canales en el enlace, el tráfico ofrecido es  $A_1 + A_2$  cuando el número  $k$  de canales ocupados es menor que  $\Theta$  y el tráfico ofrecido es  $A_2$  cuando el número  $k$  de canales ocupados permanece entre  $\Theta$  y  $R$ , donde  $A_1$  es el tráfico de los abonados no prioritarios y  $A_2$  el de los prioritarios. Este simple problema puede resolverse directamente suponiendo que el tráfico ofrecido es de Poisson y los tiempos de ocupación están distribuidos según una exponencial negativa.

El anexo 1 contiene las ecuaciones de estado y sus soluciones, así como los valores de las probabilidades de pérdida para abonados con y sin prioridad. Asimismo, en dicho anexo se encuentran las fórmulas de recurrencia que facilitan el cálculo de estas probabilidades mediante ordenador.

Las figuras 2, 3 y 4 presentan algunos resultados numéricos; las curvas dan los valores de las probabilidades de bloqueo para llamadas con y sin prioridad en un enlace de  $R = 22$  canales cuando se considera un tráfico total ofrecido de  $A = A_1 + A_2$  así como diferentes valores del parámetro  $\Theta$ :  $\Theta = 21, 20, 19, 18$ ; es decir, se reservan 1, 2, 3 ó 4 canales para las llamadas con prioridad. La curva límite de Erlang correspondiente a  $R = \Theta = 22$  (no se reserva ningún canal para las llamadas con prioridad) se ha añadido con el fin de poder comparar los resultados.

Las curvas dadas en la figura 2 corresponden a  $A_2 = 0,1 A$ , es decir, el tráfico prioritario representa el 10% del tráfico total. Las curvas de las figuras 3 y 4 corresponden a un tráfico prioritario que representa el 20% y 50% respectivamente del tráfico total.

Estas curvas demuestran que el número de canales que se ha de reservar para las llamadas con prioridad es muy pequeño, por lo que estas llamadas tienen un grado de servicio mucho mejor que el de las llamadas sin prioridad, y, naturalmente, es tanto mejor cuanto menor es la proporción de tráfico con prioridad. Por ejemplo, si el tráfico total es de 18 Erlang y el tráfico con prioridad es un 10% de este (Fig. 2), la probabilidad de pérdida es mayor del 10% para las llamadas sin prioridad y menor que  $1/1000$  para las llamadas con prioridad cuando se las reserva dos canales ( $\Theta = 20$ ); solamente si no se reservara ningún canal para ellas ( $\Theta = R = 22$ ) la pérdida para todas las llamadas sería del 6,5%.

El método de cálculo descrito en el anexo 1 demuestra que los resultados obtenidos podrían extenderse fácilmente a más de dos clases de prioridad.

Estos resultados pueden utilizarse también para obtener la probabilidad de que una llamada, con una

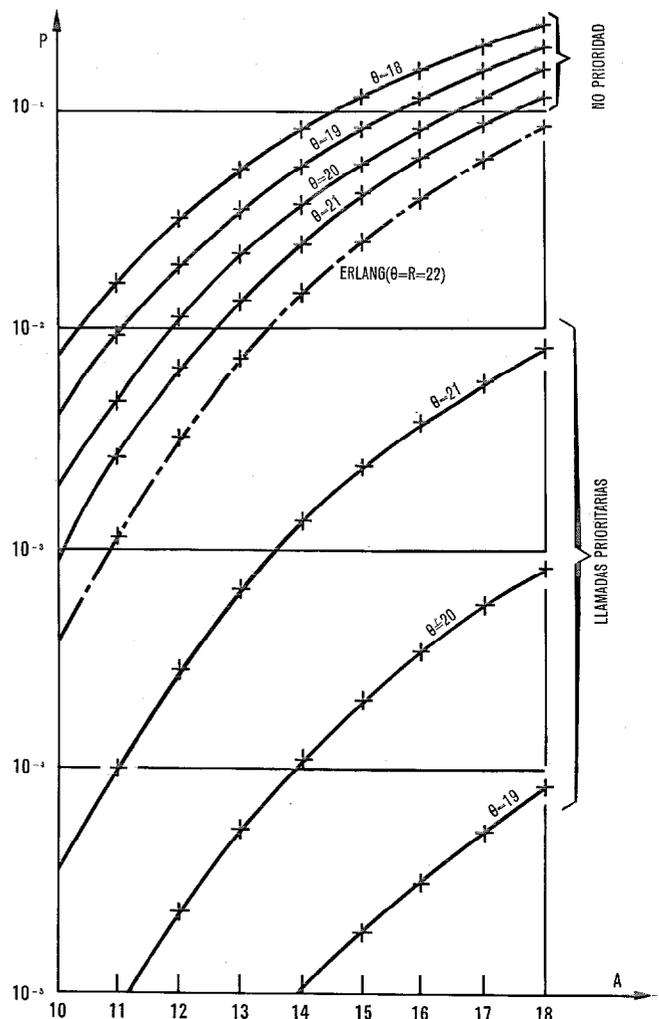


Fig. 2 Probabilidad de pérdida para un enlace ( $A_2 = 0,1 A$ ).

cierta clase de prioridad, utilice un camino más largo que el mínimo posible. Por ejemplo para una llamada podría determinarse el grafo constituido por el conjunto de los caminos más cortos entre los centros de origen y término y utilizar posteriormente métodos de cálculo de bloqueo en sistemas de mallas. La carga de cada malla se obtendría del método dado en el anexo 1, después de haber definido los valores del tráfico ofrecido. Esto llevaría consigo el suponer que las diferentes mallas de la red cursan cargas independientes, lo cual es muy dudoso.

Probabilidad de conflicto

El método de encaminamiento de llamadas descrito en el capítulo 3, lleva consigo un riesgo de conflicto; en efecto, hemos visto que la transmisión de la llamada tiene lugar solamente sobre los enlaces "libres", es decir, aquéllos que, para las llamadas de la clase de prioridad considerada, tienen al menos un canal libre; sin embargo, la situación, en lo que se refiere a la ocupación de los enlaces, puede ser diferente cuando un instante después se establece el camino para el mensaje de retorno. El tiempo que transcurre entre los mensajes de búsqueda y retorno es generalmente corto pero no despreciable.

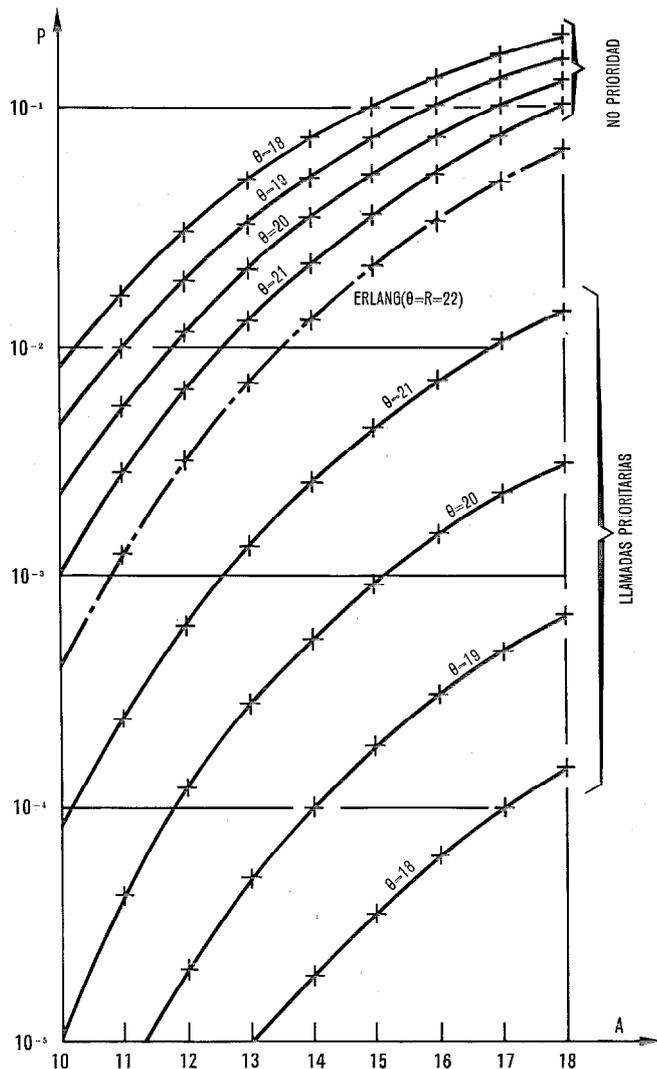


Fig. 3 Probabilidad de pérdida para un enlace ( $A_2 = 0,2 A$ ).

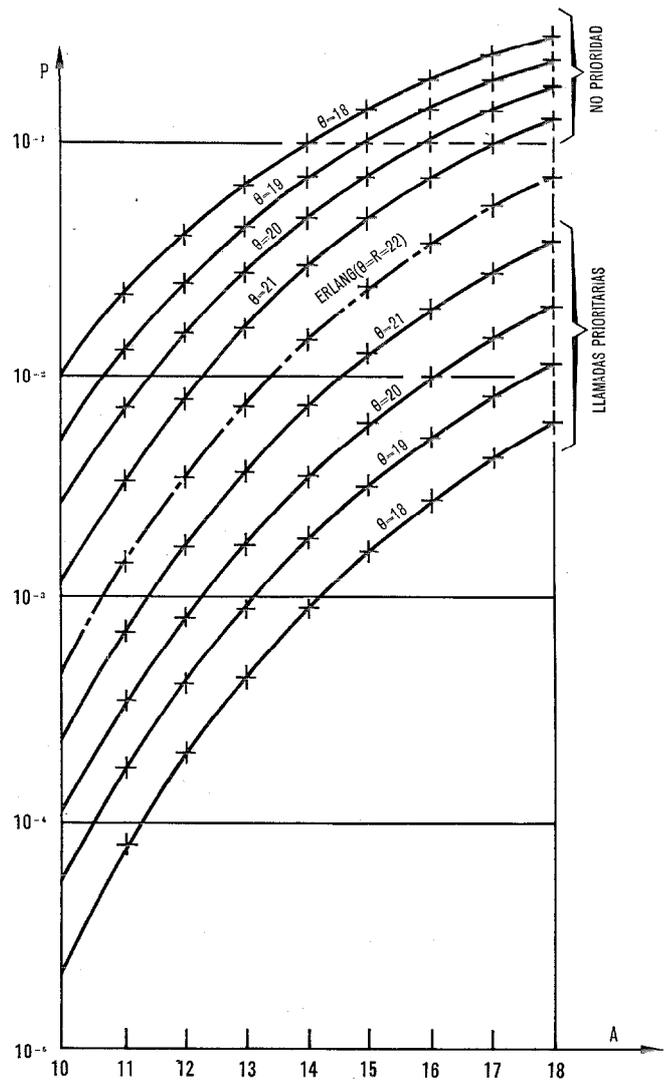


Fig. 4 Probabilidad de pérdida para un enlace ( $A_2 = 0,5 A$ ).

Se define la probabilidad de conflicto como la probabilidad de que durante el tiempo transcurrido desde el envío del mensaje de búsqueda del abonado llamado y la recepción del mensaje de retorno, otra llamada previa, utilice el último canal libre en uno al menos de los canales elegidos para la llamada en cuestión.

Con el fin de obtener la probabilidad de conflicto  $C$ , es necesario resolver primeramente el siguiente problema:

Consideremos un enlace dado; sabemos por el método de encaminamiento que en el instante  $t=0$ , hay al menos un canal libre para la clase de prioridad de la llamada ya que en caso contrario la llamada no se transmitiría a través de ese enlace. El problema es encontrar la probabilidad condicionada  $P_c$  de que en el instante  $t = t_1$  en que se reserva el canal, el enlace no está libre (es decir, todos sus canales ocupados) para la clase de prioridad considerada.

El anexo 2 contiene la demostración de que el valor de la probabilidad  $P_c$  puede darse en primera aproximación por las siguientes fórmulas:

— para las llamadas con prioridad

$$P_c = A_2 \frac{P_R - 1}{1 - P_R} t_1$$

— para llamadas sin prioridad

$$P_c = (A_1 + A_2) \frac{P_{\theta-1}}{1 - P_{\theta} + P_{\theta+1} + \dots + P_R} t_1.$$

Consideremos ahora una llamada de longitud  $m$ , es decir, que utiliza  $m$  enlaces consecutivos. Suponiendo que estos enlaces cursan flujos independientes de tráficos y denotando por  $P_{c,i}$  y  $t_{1,i}$  los valores de  $P_c$  y  $t_1$  respectivamente para el enlace  $i$ , la probabilidad de conflicto  $C$  para una llamada de longitud  $m$  viene dada por la expresión

$$C = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - P_{c,i}).$$

Si todos los enlaces cursan el mismo tráfico y si los valores de  $t_{1,i}$  no varían demasiado de un enlace a otro, la expresión de  $C$  se convierte en:

$$C = 1 - (1 - P_c)^m \approx m P_c.$$

Es interesante hacer notar que la hipótesis anterior sobre la independencia de los tráficos es pesimista: En la red descrita la correlación entre las corrientes de tráfico ofrecidas a los distintos enlaces es en general fuertemente positiva. Por consiguiente, la expresión anterior de  $C$  es una aproximación por exceso de la probabilidad de conflicto.

Las tablas de la figura 5 dan como ejemplo, para llamadas con y sin prioridad, algunos valores típicos de la probabilidad de conflicto correspondiente al siguiente conjunto de parámetros:

- $A =$  (tráfico total ofrecido) =  $A_1 + A_2 = 15 E; 18 E;$
- $A_2 = A_1 = 0,5 A$  (50 % del tráfico prioritario);
- $\theta = 20$  (dos canales reservados para llamadas con prioridad);
- $t_1 = 0,1, 0,2, 0,5$  segundos;
- $m =$  (longitud del camino) =  $3, 5, 10.$

### Conclusión

Se ha encontrado un método para calcular la ley de ocupación de un enlace de canales múltiples cuando por encima de un cierto número de canales ocupados, las únicas llamadas que pueden tomarse en consideración son las de prioridad. En particular, hemos obtenido la probabilidad de obtener la ocupación total de los enlaces para llamadas con y sin prioridad.

Se ha mostrado asimismo como, en una red que utiliza el método de encaminamiento por saturación, se puede calcular la probabilidad de conflicto. En particular este dato es muy importante ya que es uno de los elementos más significativos del grado de servicio que se da a los distintos tipos de llamada. Si, para los valores reales de los parámetros, se encuentra que la probabilidad de conflicto es demasiado alta, el método de encaminamiento puede siempre mejorarse con el fin de disminuir esta probabilidad de conflicto.

Puede admitirse, por ejemplo, que si el conflicto sucede durante la fase de retorno, la llamada no se bloquea, sino que progresa a través del enlace que ha recibido el segundo (y no el primero) mensaje de búsqueda. Esto conduce naturalmente a una complicación de los órganos de control y el interés de los cálculos realizados es precisamente decidir si tal complejidad adicional es realmente necesaria.

### Anexo 1 - Ocupación de los enlaces

Consideremos un enlace de  $R$  canales al que se le ofrece un tráfico no prioritario  $A_1$  y un tráfico prioritario  $A_2$ . Sea  $P_k$  la probabilidad de tener  $k$  canales ocupados, supuestas las condiciones de equilibrio estadístico; de acuerdo con esto es posible obtener el siguiente sistema de ecuaciones:

Fig. 5 Probabilidad de conflicto.

		A = 15 E			A = 18 E		
m \ t <sub>1</sub> (Seg.)		3	5	10	3	5	10
0,1	0,1	3 × 10 <sup>-4</sup>	5 × 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	1,7 × 10 <sup>-3</sup>	3,3 × 10 <sup>-3</sup>
0,2	0,2	6 × 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	2 × 10 <sup>-3</sup>	2 × 10 <sup>-3</sup>	3,3 × 10 <sup>-3</sup>	6,7 × 10 <sup>-3</sup>
0,4	0,4	1,2 × 10 <sup>-3</sup>	2 × 10 <sup>-3</sup>	4 × 10 <sup>-3</sup>	4 × 10 <sup>-3</sup>	6,7 × 10 <sup>-3</sup>	1,3 × 10 <sup>-2</sup>

a) Llamadas con prioridad

		A = 15 E			A = 18 E		
m \ t <sub>1</sub> (Seg.)		3	5	10	3	5	10
0,1	0,1	2,4 × 10 <sup>-3</sup>	4 × 10 <sup>-3</sup>	8 × 10 <sup>-3</sup>	6,1 × 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	2 × 10 <sup>-2</sup>
0,2	0,2	4,8 × 10 <sup>-3</sup>	8 × 10 <sup>-3</sup>	1,6 × 10 <sup>-2</sup>	1,2 × 10 <sup>-2</sup>	2 × 10 <sup>-2</sup>	4 × 10 <sup>-2</sup>
0,4	0,4	9,5 × 10 <sup>-3</sup>	1,6 × 10 <sup>-2</sup>	3,1 × 10 <sup>-2</sup>	2,4 × 10 <sup>-2</sup>	4 × 10 <sup>-2</sup>	7,9 × 10 <sup>-2</sup>

b) Llamadas sin prioridad

$$\begin{aligned} (A_1 + A_2) P_0 &= P_1 \\ (A_1 + A_2) P_1 &= 2 P_2 \\ &\vdots \\ (A_1 + A_2) P_k &= (k + 1) P_{k+1} \\ &\vdots \\ (A_1 + A_2) P_{\theta-1} &= \theta P_\theta \\ A_2 P_\theta &= (\theta + 1) P_{\theta+1} \\ A_2 P_{\theta+1} &= (\theta + 2) P_{\theta+2} \\ &\vdots \\ A_2 P_{R-1} &= R P_R \end{aligned}$$

del cual se obtienen las siguientes fórmulas:

$$P_k = \frac{P_0 (A_1 + A_2)^k}{k!} \text{ para } k \leq \theta$$

$$P_k = P_0 \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2^{k-\theta}}{k!} \text{ para } \theta < k \leq R.$$

Imponiendo la condición de normalización:

$$P_0 + P_1 + \dots + P_R = 1$$

se tiene

$$P_0 \left[ 1 + \frac{A_1 + A_2}{1!} + \dots + \frac{(A_1 + A_2)^\theta}{\theta!} + \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2}{(\theta + 1)!} + \dots + \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2^{R-\theta}}{R!} \right] = 1$$

es decir para  $k \leq \theta$ :

$$P_k = \frac{(A_1 + A_2)^k}{k! \left[ 1 + \frac{A_1 + A_2}{1!} + \dots + \frac{(A_1 + A_2)^\theta}{\theta!} + \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2}{(\theta + 1)!} + \dots + \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2^{R-\theta}}{R!} \right]}$$

y para  $\theta < k \leq R$ :

$$P_k = \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2^{k-\theta}}{R! \left[ 1 + \frac{A_1 + A_2}{1!} + \dots + \frac{(A_1 + A_2)^\theta}{\theta!} + \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2}{(\theta + 1)!} + \dots + \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2^{R-\theta}}{R!} \right]}$$

Reemplazando  $k$  por  $R$  en la fórmula anterior, se obtiene la probabilidad de bloqueo para los abonados con prioridad:

$$E_{\theta, R} = \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2^{R-\theta}}{R! \left[ 1 + \frac{A_1 + A_2}{1!} + \dots + \frac{(A_1 + A_2)^\theta}{\theta!} + \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2}{(\theta + 1)!} + \dots + \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2^{R-\theta}}{R!} \right]}$$

El valor numérico de esta expresión puede calcularse mediante el uso de fórmulas de recurrencia.

$$\alpha_R = \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2^{R-\theta}}{R!}$$

$$\beta_R = 1 + \frac{A_1 + A_2}{1!} + \dots + \frac{(A_1 + A_2)^\theta}{\theta!} + \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2}{(\theta + 1)!} + \dots + \frac{(A_1 + A_2)^\theta A_2^{R-\theta}}{R!}$$

Estas fórmulas son válidas para  $R \geq \theta$ , obteniéndose las siguientes fórmulas de recurrencia:

$$\alpha_R = \alpha_{R-1} \cdot \frac{A_2}{R}$$

$$\beta_R = \beta_{R-1} + \alpha_{R-1} \cdot \frac{A_2}{R} \quad (1)$$

$$\frac{1}{E_{\theta, R}} = \frac{1}{E_{\theta, R-1}} \frac{R}{A_2} + 1.$$

Esta última fórmula es válida para  $R > \theta$  y la fórmula de recurrencia comienza con:

$$\frac{1}{E_{\theta, \theta+1}} = \frac{1}{E_{\theta, \theta}} \frac{\theta + 1}{A_2} + 1.$$

A su vez  $E_{\theta, \theta}$  puede calcularse utilizando la fórmula de recurrencia de Erlang

$$\frac{1}{E_{\theta, \theta}} = \frac{1}{E_{\theta-1, \theta-1}} \cdot \frac{\theta}{A_1 + A_2} + 1 \quad (2)$$

empezando la recurrencia con  $E_{\theta, \theta} = 1$ .

Por consiguiente,  $E_{\theta, \theta}$  puede calcularse hasta el valor dado de  $\theta$  con la fórmula (2) y  $E_{\theta, R}$  se calcula con la fórmula de recurrencia (1) hasta que se obtenga el valor deseado de  $R$ .

La probabilidad de bloqueo para los abonados sin prioridad está dada por:

$$E'_{\theta, R} = \sum_{k=\theta}^R P_k.$$

Esta fórmula puede calcularse por medio de las siguientes relaciones de recurrencia

$$P_R = E_{\theta, R} \frac{R}{A_2}$$

$$P_{R-1} = E_{\theta, R} \frac{R-1}{A_2}$$

$$P_{R-2} = P_{R-1} \frac{R-2}{A_2}$$

$$\vdots$$

$$P_\theta = P_{\theta+1} \cdot \frac{\theta + 1}{A_2}.$$

## Anexo 2 - Probabilidad de conflicto

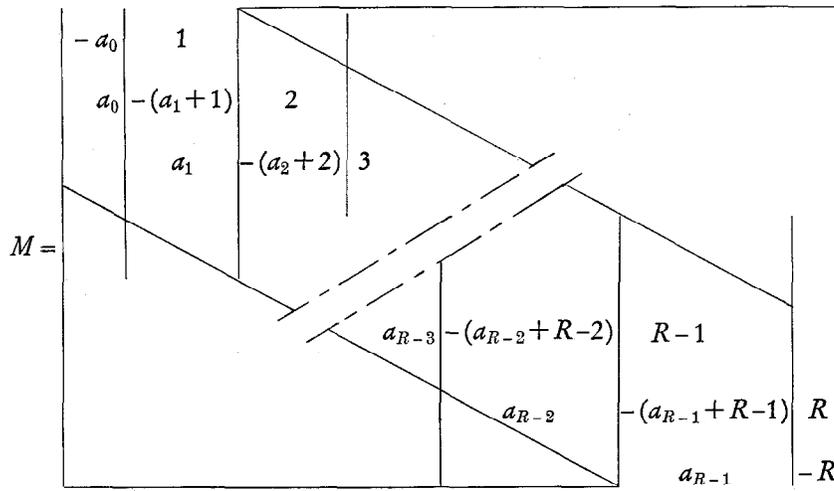
Los instantes de llegada de las llamadas sobre un enlace se suponen normalmente distribuidos según una ley de Poisson mientras que el tiempo de conversación se supone ser una variable aleatoria distribuida según una ley exponencial negativa; según esto, la ocupación del enlace es un proceso de Markov. Se utilizó únicamente el estado estacionario del proceso de Markov en el establecimiento de las fórmulas del anexo 1, con el fin de obtener unas expresiones sencillas para las ecuaciones de estado.

Debe de considerarse el caso más general en que el

proceso no es estacionario con el fin de calcular la probabilidad de conflicto definida en el apartado "Probabilidad de conflicto", o dicho con mayor precisión, la probabilidad condicionada de conflicto  $P_c$  para un enlace dado.

Sea  $P_j(t)$  la probabilidad de que el enlace se encuentre en el instante  $t$  en el estado  $j$ , es decir, se encuentran ocupados  $j$  canales en dicho instante ( $j=0, 1, 2, \dots, R$ ).

Sea  $a_j$  el tráfico ofrecido al enlace cuando éste se



Por facilidad, el sistema de ecuaciones diferenciales puede escribirse bajo notación matricial.

Sea

$$P(t) = \begin{pmatrix} P_0(t) \\ P_1(t) \\ \vdots \\ P_R(t) \end{pmatrix}$$

el vector columna que expresa el estado del sistema en el instante  $t$ .

Sea:

encuentra en el estado  $j$ . Observando la evolución del sistema en un intervalo de tiempo  $t, t + dt$  y teniendo en cuenta solamente las probabilidades de transición de primer orden, es posible obtener la siguiente ecuación, clásica en este tipo de procesos:

$$P_j(t + dt) = [1 - (a_j + j) dt] P_j(t) + a_{j-1} dt \cdot P_{j-1}(t) + (j + 1) dt \cdot P_{j+1}(t).$$

Se ha tomado como unidad de tiempo el tiempo medio de conversación. En el límite, la ecuación anterior se convierte en:

$$\frac{dP_j(t)}{dt} = (a_j + j) P_j(t) + a_{j-1} P_{j-1}(t) + (j + 1) P_{j+1}(t) \quad (1)$$

$j = 0, 1, \dots, R$ .

El primer y último término del segundo miembro se anulan para  $j = 0$  y  $j = R$  respectivamente.

Las ecuaciones de estado en equilibrio estadístico (estado estacionario) utilizadas en el anexo 1 se obtienen del sistema anterior de ecuaciones diferenciales haciendo:

$$\frac{dP_j(t)}{dt} = 0.$$

Recordemos que, para la aplicación que estamos considerando, los coeficientes  $a_j$  vienen dados de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} a_j &= A_1 + A_2 && \text{para } 0 \leq j < \Theta \\ a_j &= A_2 && \text{para } \Theta \leq j < R \\ a_j &= 0 && \text{para } j = R. \end{aligned}$$

la matriz de transición del proceso.

El sistema de ecuaciones diferenciales (1) puede escribirse:

$$\frac{dP(t)}{dt} = M \cdot P(t) \quad (2)$$

siendo su solución general:

$$P(t) = e^{M \cdot t} \cdot P(0) \quad (3)$$

donde  $P(0)$  expresa el vector de las probabilidades de estado en el instante inicial  $t = 0$ .

La probabilidad  $P_c$  (probabilidad de conflicto en un enlace) la habíamos definido como la probabilidad condicional de que en el instante  $t_1$ , el enlace estuviera completamente ocupado (para la clase de prioridad considerada) dado que el enlace en el instante  $t = 0$  en que se envió el mensaje de búsqueda, había al menos un canal libre para dicha clase de prioridad.

Con la notación utilizada anteriormente obtenemos:

— Para llamadas con prioridad:

$$P_c = P_R(t_1) \quad (4)$$

$$P(0) = \frac{1}{1 - P_R} \begin{pmatrix} P_0 \\ P_1 \\ \vdots \\ P_{R-1} \\ 0 \end{pmatrix}$$

— Para llamadas sin prioridad:

$$P_c = P_\theta(t_1) + P_{\theta+1}(t_1) + \dots + P_R(T_1) \quad (5)$$

$$P(0) = \frac{1}{1 - (P_\theta + P_{\theta+1} + \dots + P_R)} \begin{pmatrix} P_0 \\ P_1 \\ \vdots \\ P_{\theta-1} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}$$

Las ecuaciones (4), (5) y (6) dan:

— Para las llamadas con prioridad:

$$P_c = \frac{A_2 P_{R-1} t_1}{1 - P_R} + \frac{[A_2^2 P_{R-2} - A_2 (A_2 + 2R - 1) P_{R-1}] t_1^2}{2(1 - P_R)} + \dots$$

— Para las llamadas sin prioridad:

$$P_c = \frac{(A_1 + A_2) P_{\theta-1} t_1}{1 - (P_\theta + P_{\theta+1} + \dots + P_R)} + \frac{[(A_1 + A_2)^2 P_{\theta-2} - (A_1 + A_2)(A_1 + A_2 + 2\theta - 1) P_{\theta-1}] t_1^2}{2[1 - (P_\theta + P_{\theta+1} + \dots + P_R)]} + \dots$$

En la práctica  $t_1$  es bastante pequeño lo cual permite utilizar únicamente el primer término del desarrollo en serie, como se ha hecho en el párrafo "Probabilidad de Conflicto".

**Referencias**

[1] J. Le Corre y A. Pirotte: Aplicación de la conmutación de impulsos en código (PMC) a una red militar totalmente automática; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 42 (1967), N° 3, págs. 80—87.  
 [2] P. Vitry y A. Pirotte: El PCM en una red de comunicaciones tácticas militares; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 46 (1971), N° 2, págs. 143—149.  
 [3] Ch. Grandjean: Estrategias de encaminamiento de llamadas en redes de telecomunicación; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 42 (1967), N° 3, págs. 20—28. (Communication, 5th ITC, Nueva York, 1967).

La ecuación (3) da el valor teórico de  $P_c$ ; sin embargo su resolución implica el cálculo de los autovalores de la matriz  $M$ , lo que es imposible en el caso general.

En nuestro caso particular, el valor de  $t_1$  es pequeño cuando se le compara con la unidad de tiempo, es decir, el tiempo medio de ocupación. Una expresión aproximada para el cálculo de  $P_c$  puede obtenerse desarrollando la ecuación (3) en serie:

$$P(t_1) = \left[ 1 + M t_1 + \frac{M^2 t_1^2}{2!} + \dots \right] P(0). \quad (6)$$

Charles Grandjean nació en Bourges (Cher), Francia, el 27 de octubre de 1930. Se licenció en la Facultad de Ciencias de París y obtuvo en 1952 el Diploma de Estudios Superiores en Estadísticas y Cálculo de Probabilidades.

Después de ejercer actividades similares durante unos años en los Laboratorios de Investigación de la Office National d'Etudes et de Recherches de l'Aéronautique y del Grupo Philips, ingresó en 1960 en LCT, donde dirige actualmente un departamento encargado de los estudios relativos a la teoría de tráfico, organización de redes de telecomunicación y aplicación de métodos de simulación.

Actualmente es Director Técnico de la línea de productos de "Centralitas Privadas" de CGCT.

# Sistema de cómputo y registro centralizado aplicado en la red telefónica belga

La información de tarificación de llamadas en la red telefónica belga es ahora tratada en oficinas centralizadas de registro de tasas controladas por ordenador. Estos centros, que eliminan la necesidad de medidores electromecánicos en centrales locales, funcionan con el sistema de conmutación METACONTA® 10 C que ahora se está adoptando ampliamente en Bélgica.

W. HUYBRECHTS

J. JANSSENS

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

## Introducción

Ya en 1936 se introdujo en Bélgica un sistema de cómputo automático centralizado mediante tickets para las llamadas interurbanas.

Se utilizaban dispositivos impresores electromecánicos que permitían obtener un ticket con información detallada por cada llamada. Estos tickets se clasificaban y podía facilitarse el precio al abonado que lo pidiese, una vez la operadora hubiese encontrado el ticket correspondiente.

En 1957 se cambió este sistema substituyendo los impresores de tickets por perforadores de cinta de papel y por teleimpresores. Las cintas perforadas eran tratadas por el centro de proceso de datos para obtener la factura del abonado. Para solicitar el precio de una comunicación había que marcar una cifra más y en este caso se pasaba la información a teletipos donde la operadora podía leerla.

En las centrales rotatorias existentes, las llamadas urbanas se registran en contadores de abonado electromecánicos (un impulso por llamada), mientras que la tarificación de las llamadas interurbanas se hace de acuerdo con la duración y la distancia en el centro interurbano de salida. En la factura del abonado se daba información detallada de todas las llamadas interurbanas, pero desde principios de 1969 se cambió este método de tarificación y sólo se aplicaron dos tarifas que dependen de la distancia pero no de la duración de la llamada. A partir de entonces se eliminó de la factura del abonado la información detallada de las llamadas interurbanas y se suprimió el servicio de información del precio. Como resultado de esta decisión se simplificó considerablemente el problema de la tarificación de las llamadas interurbanas y, por otra parte, puede hacerse sin grandes gastos la determinación de tarifas de estas llamadas en las centrales urbanas. Esto permite, además, hacer considerables ahorros en la central interurbana.

Desgraciadamente, las tarifas de las llamadas interurbanas no son múltiplos de la local, por lo que no puede emplearse el contador de abonado para la tarificación interurbana.

Desde que se adoptó el sistema Metaconta® 10 C se ha realizado un estudio para tratar de eliminar los dispositivos electromecánicos de cómputo, tales como las perforadoras de cinta de papel y los contadores indivi-

duales de abonado, y substituirlos por un equipo tarificador centralizado y controlado por ordenador.

En las centrales urbanas Metaconta® 10 C no hay contadores de abonado individuales y una solución a base de dispositivos contadores por abonado en la memoria es demasiado cara. Esto es más evidente si se necesitan tres dispositivos contadores. También hay una limitación en la capacidad de la memoria de la central urbana.

Así surgió la idea de comunicar todos los datos sobre cómputo de llamadas nacionales (urbanas e interurbanas) al centro tarificador por medio de enlaces de datos, con lo que puede ahora automatizarse totalmente el proceso de facturación de todas las llamadas nacionales.

El centro de tarificación Metaconta® recoge toda la información de cómputo de llamadas y los datos relacionados con ésta en tambores magnéticos. Los datos se originan en las centrales conectadas y se transmiten por enlaces de transmisión de datos en el caso de centrales 10 C, o por enlaces multifrecuencia para las centrales que no son del tipo 10 C. Los dispositivos contadores de abonado son interrogados a distancia mediante circuitos de respuesta télex.

Un centro tarificador puede centralizar la información de cómputo de un área completa de hasta 750.000 abonados. Cada abonado de este área tiene tres contadores de cómputo duplicados en tambores. Estos contadores registran el cómputo urbano y el interurbano.

## Principios de diseño

El equipo está concebido de manera que todas las unidades vitales están duplicadas para poder seguir trabajando con una cuando la otra falla.

La figura 1 muestra los elementos duplicados del sistema: el acceso al equipo de entrada, el equipo de salida y también la propia unidad de tratamiento.

Se controla el correcto funcionamiento de cada procesador y se le mantiene informado del estado del otro. En caso de interrupciones en la memoria o de fallos de los tambores el centro tarificador continúa funcionando correctamente. Esta seguridad se consigue con programas de relevo y el empleo de equipo especial (unidad de estado).

La programación está concebida de forma que se dan indicaciones suficientes sobre posibles fallos del equipo con el fin de que puedan ser eliminados dentro de unos límites de tiempo aceptables.

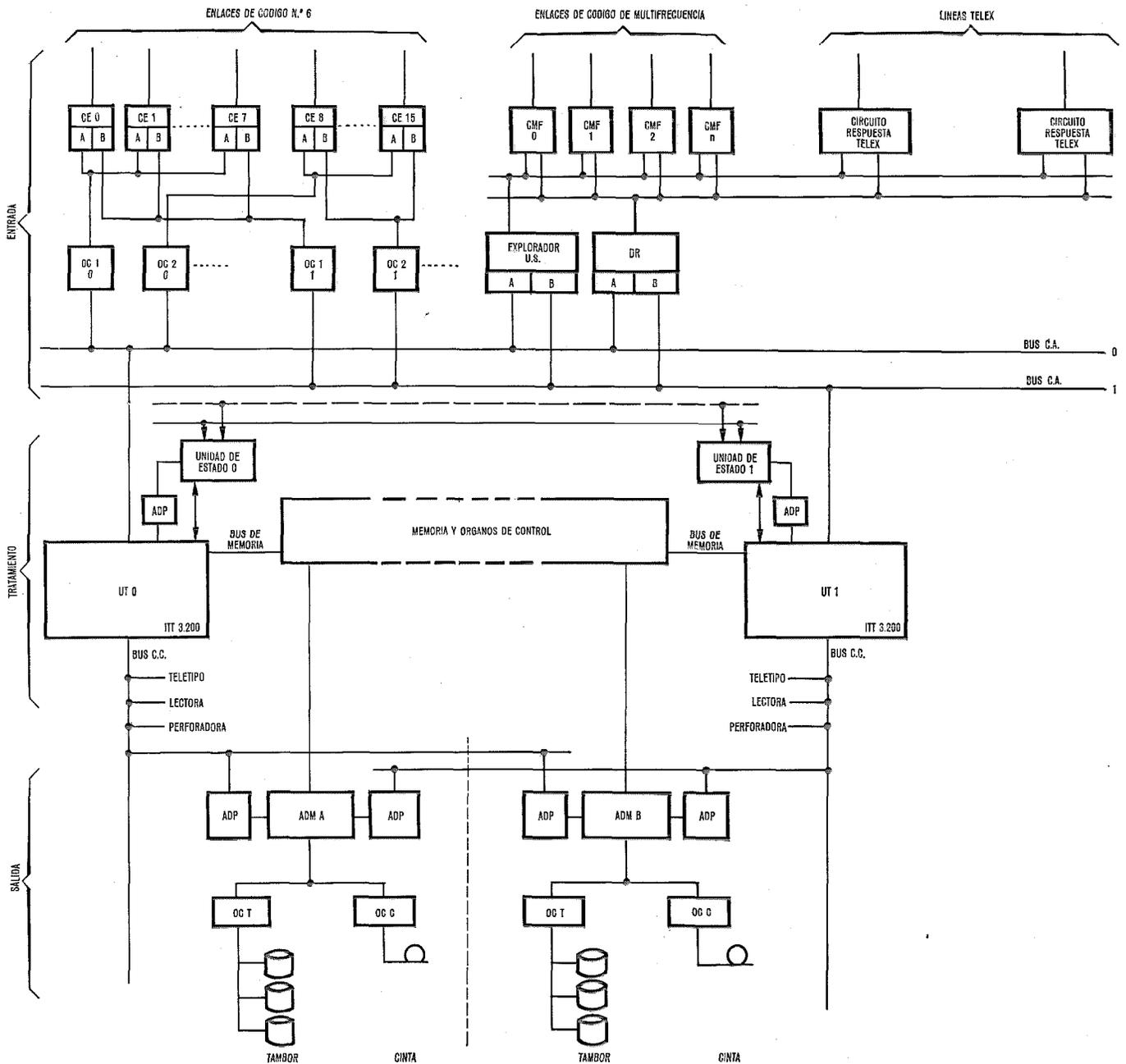


Fig. 1 Centro de tarificación Metaconta.

En cada operación se hacen verificaciones de los equipos y, además, se efectúan pruebas en líneas apropiadas.

Los programas responden a una concepción modular que permite introducir cambios. Tanto los programas como la organización de la información están modularizados y ampliamente parametrizados.

Se utiliza el principio de reparto de carga y de funciones, que permite equilibrar la carga entre ambos procesadores y tener una programación fiable. Según este principio siempre se tienen diferentes programas en servicio en los dos procesadores y, por tanto, una posible avería de programación sólo afectará a uno a la vez. El reparto de carga implica que los diferentes órganos periféricos están compartidos por los dos procesadores mediante tablas preestablecidas que se hacen de

forma que se distribuya la carga a partes iguales entre ambos procesadores.

El reparto de funciones implica, en breves palabras, que un procesador, y no el otro, trata cada tarea, empleando una tabla de distribución de funciones.

### Descripción del sistema

#### Generalidades

Las funciones del centro de tarificación pueden clasificarse en tres grupos principales:

La función de entrada, realizada por dos partes diferentes del equipo: los enlaces de transmisión de datos en código n.º 6 y los emisores-receptores en código multifrecuencia. Las líneas télex (comunicación hombre-máquina a distancia) pueden considerarse también incluidas en la función de entrada del centro.

El tratamiento de estas entradas está a cargo de dos ordenadores ITT 3200, interconectados a las memorias por medio de buses de c. c.

Tras el tratamiento, se realiza la función de salida con tambores magnéticos, cintas magnéticas, teleimpresor y cinta perforada.

Los órganos de control de los enlaces de código nº 6, y el explorador de unidades de señalización y el distribuidor rápido que se emplean para actuar los emisores receptores multifrecuencia y los circuitos de respuesta télex están conectados a los procesadores por medio de buses de C. A.

Los órganos de control de los periféricos de salida están conectados a los procesadores por medio de buses de c. c. (véase la Fig. 1).

### Funciones de entrada

#### Código CCITT N° 6

Cada procesador tiene  $n$  órganos de control (OC) para su acceso a los circuitos de enlace de código nº 6 (CE). Esta posibilidad de acceso está duplicada por razones de seguridad.

Cada controlador tiene acceso a ocho circuitos de enlaces y cada grupo de dos controladores que tienen la misma identidad en dos procesadores diferentes tiene acceso al mismo grupo de ocho circuitos de enlace.

El reparto de carga se hace a nivel de c. c. mediante dos máscaras complementarias que indican la distribución de la c. c. entre los dos procesadores.

Hay dos tipos de tareas en lo que respecta a los enlaces de código nº 6:

- tareas que tienen que realizar los dos procesadores porque utilizan las máscaras de reparto de carga.
- tareas en que intervienen todos los circuitos de enlace o todos los registros intermedios de llamadas (enlace con el equipo de tarificación) que tienen que ser realizados por un solo procesador, y que corresponden al reparto de funciones.

#### Código multifrecuencia

En la figura 1 se ve que los enlaces de código multifrecuencia están conectados a un distribuidor rápido y a un explorador de unidades de señalización, y estos a su vez a dos buses de C. A. Una máscara de reparto de órganos en el bloque de memorias individuales indica a qué bus (y, por tanto, a qué procesador) está conectado el explorador o el distribuidor. Un bit en uno indica que el órgano está conectado a este bus. La máscara de reparto de órganos es utilizada por el conjunto de programas de pruebas en línea y por el de programas operacionales.

En las memorias particulares de ambos procesadores hay una copia de los programas de multifrecuencia. La máscara de reparto de funciones del monitor del nivel de reloj y del monitor del nivel de base se encarga de que los procesadores realicen la tarea adecuada de código multifrecuencia (control del distribuidor rápido y del explorador de unidades de señalización).

Las pruebas en línea permiten detectar los fallos posibles del distribuidor y del explorador.

Los bits toman los valores adecuados en las máscaras de reparto de órganos de las dos memorias individuales, por mediación de un mensaje entre procesadores (MEP). Al mismo tiempo, otro MEP altera la máscara de reparto de funciones, con lo que se pasa la realización de la tarea de señalización multifrecuencia al otro procesador.

### Circuitos de respuesta télex

Estos circuitos siguen aproximadamente la misma filosofía que los enlaces de código multifrecuencia. Se utiliza el mismo distribuidor rápido y el mismo explorador de unidades de señalización.

### Funciones de tratamiento y de salida

En cada memoria individual hay una copia de los programas de tratamiento y de salida de tarificación. Como los dispositivos de salida están todos duplicados, las operaciones de salida, tales como la inscripción en tambores o cintas, están controladas por un procesador que realiza dos veces la misma tarea determinada con ambas mitades del sistema de salida.

De esta forma, la UT 0 ó la UT 1 realiza todas las funciones de tratamiento y de salida. Un indicador (indicador de entrada/salida simplex-dúplex) en la tabla de estado del sistema indica si ambas mitades del sistema de salida funcionan correctamente (funcionamiento de salida en dúplex); de lo contrario (funcionamiento de salida en simplex) se da una indicación de qué mitad (qué dispositivo de acceso directo a la memoria con sus órganos de control asociados) está fallando.

Para reducir al mínimo la pérdida de información de tarificación en tratamiento al producirse el fallo de una memoria, parte de la memoria común está duplicada.

### Descripción detallada

#### Funciones

La información de cómputo de llamadas se genera en otras centrales de la zona y se transmite al Centro Metaconta® de tarificación por enlaces de transmisión de datos. El formato del mensaje es el especificado para el sistema de señalización nº 6 y los mensajes entran en la categoría de "señales de gestión". Las centrales que no son del tipo 10 C envían la información de cómputo por enlaces de señalización multifrecuencia.

La información que contiene el mensaje consiste en doce cifras en código binario, ocho de las cuales definen el número de abonado, dos determinan la clase de tarifa y dos determinan la cantidad a cargar (tarificación de llamadas nacionales).

Cada abonado tiene asignados tres contadores de 16 bits duplicados y situados en tambores. La capacidad total del sistema es de 750 grupos de 1000 abonados de numeración consecutiva.

Otras características del centro de tarificación son:  
— recopilación y memorización de datos relativos a la observación de líneas de abonados para llamadas salientes o entrantes, y suministro de estos datos cuando se piden, por abonado.

— características especiales bajo demanda, por ejemplo: número de llamadas correspondientes a una tarifa determinada, etc.

Las funciones del centro de tarificación son las siguientes:

- Actualizar los contadores de cómputo de los abonados a una cadencia media en la hora cargada de 210 elementos de información por segundo (configuración máxima).
- Vaciar el contenido de los contadores de tarificación sobre una cinta magnética en bloques de 200 contadores y luego poner a cero el registro del tambor (función opcional).
- Leer los contadores de un solo abonado cuando se pida.
- Modificar el contenido de los contadores de un solo abonado cuando se pida.
- Actualizar un tambor con el contenido completo de su duplicado (al volver a poner un tambor en servicio después de repararlo o tras alguna operación de mantenimiento).
- Realizar pruebas en línea del distribuidor rápido, del explorador de unidades de señalización, de los dispositivos de acceso directo a las memorias (ADM), de los órganos de control, y de todos los buses de control y datos.
- Actualizar la información de observación de líneas de abonados para las llamadas que se presentan en éstas.

La realización de estas funciones requiere un conjunto de programas, de los que uno trabaja al nivel de interrupción de los dispositivos ADM y los otros al nivel de base. Un programa realiza la transformación

del formato del código n° 6 al formato de datos empleado en los tambores. Dos programas tienen a su cargo todas las transferencias normales a y de los tambores y cintas magnéticas; un programa analiza las transferencias fracasadas, y otra ejecuta todas las pruebas en línea. Todos estos programas forman parte de los que se definen lógicamente como programas de entrada/salida.

También debe haber un programa que ponga a cero todos los tambores antes de poner en servicio el sistema por primera vez y que permita la ampliación del centro de tarificación por encima de su configuración inicial de un solo par de tambores.

Los órganos intermedios de entrada de datos a este conjunto de programas son los siguientes:

- Registros intermedios de información de tarificación, que se cargan con los mensajes de tarificación recibidos por el programa de entrada de código n° 6 y los programas de los enlaces multifrecuencia.
- Cola de espera de mensajes de entrada, al que carga el programa de comunicación hombre-máquina.

Los órganos intermedios de salida de datos de este conjunto de programas son los siguientes:

- Contadores de abonado que se vacían sobre cinta magnética a petición. (El formato está especificado por el RTT y es compatible con el 4004/45 de Siemens, que difiere sólo en detalles de menor importancia del normalizado ECMA n° ECMA-13.) La figura 4 muestra el formato de los bloques de datos (datos de tarificación) en la cinta magnética.
- Cola de espera de mensajes de salida, al que descarga el programa de comunicación hombre-máquina.

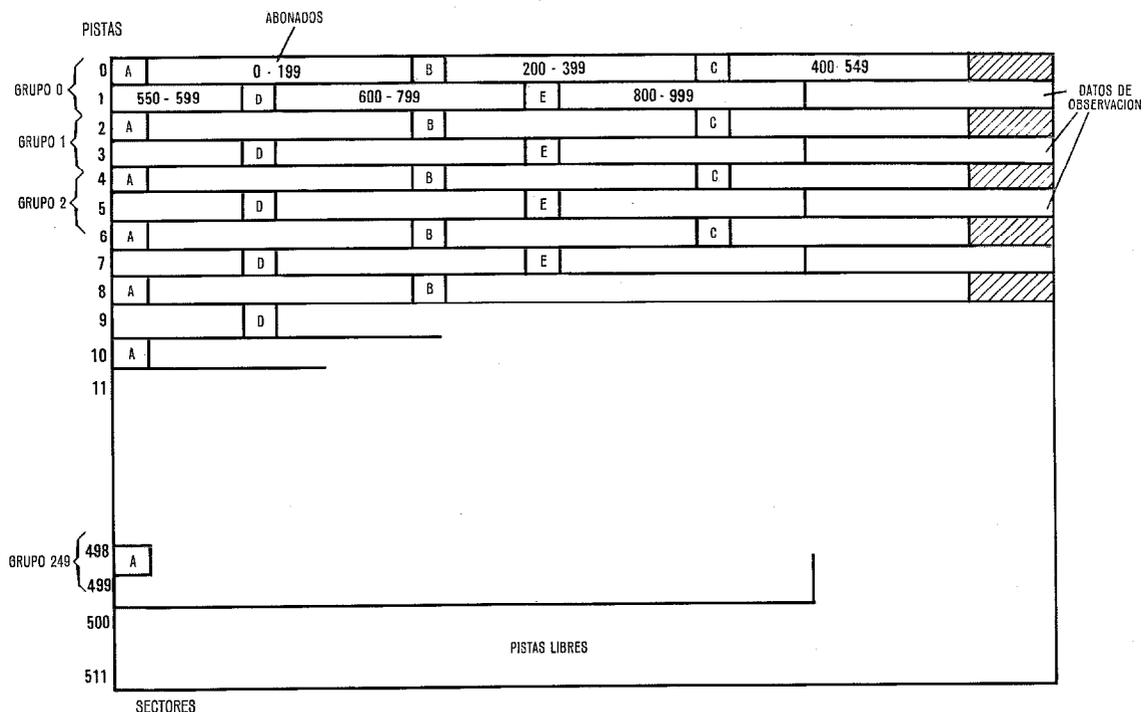


Fig. 2 Disposición de datos en los tambores.

Los contadores están almacenados por bloques de 1000 números consecutivos de abonado, divididos en sub-bloques de 200, cada uno de éstos precedido de un único sector que contiene las 5 primeras cifras del primer abonado del sub-bloque (en código binario). Las zonas del tambor marcadas con X son las que no se usan (4 sectores).

— Cola de espera de mensajes de errores, al que también descarga el programa de comunicación hombre-máquina.

### Almacenamiento de datos en los tambores

El tambor empleado es el VRC 1016 con 512 pistas y un tiempo medio de acceso de 10 ms. Cada pista está dividida en 832 sectores, cada uno de los cuales consta de 32 bits de información, 1 bit de paridad y 10 bits de separación. Esto da una capacidad de 425.984 palabras efectivas de 32 bits.

Además, el tambor se considera dividido en 64 segmentos de 13 sectores cada uno (esta división en segmentos corresponde a la programación).

En cada revolución del tambor sólo se utilizan los 32 segmentos de número impar (y a la vez siguiente los 32 de número par) para permitir el cambio de pista y/o de inscripción/lectura entre las zonas de datos de segmentos adyacentes.

La figura 2 muestra la distribución de datos sobre los tambores. Un grupo de contadores para mil abonados está distribuido en dos pistas. La pista número par contiene los contadores de los abonados 0 a 549, y la impar los de los abonados 550 a 999.

En el extremo de cada pista impar hay espacio para registrar la información de observación.

Como la disposición de la figura 2 está prevista para 250.000 abonados, las pistas 500 a 511 pueden utilizarse para el registro de informaciones adicionales del centro tarifador.

La figura 3 muestra el detalle de la disposición de un par de pistas.

### Conjuntos principales de programas

El sistema de tarificación Metaconta® cuenta con los siguientes paquetes de programas:

- paquete de programas de tarificación
- paquete de programas de comunicación hombre-máquina
- paquete de programas de arranque
- paquete de programas de detección de defectos.

### Paquete de programas de tarificación

El paquete de programas de tarificación comprende los programas de las funciones de entrada (como los del código nº 6, los de emisores-receptores en código multifrecuencia y los de líneas télex) y los programas de tratamiento y funciones de salida.

La velocidad de ejecución de todos los programas está controlada por órganos de supervisión de reloj y de nivel de base.

Un programador de funciones hace intervenir a los programas de tratamiento y funciones de salida cuando el sistema de tambor/cinta está libre y hay que comenzar una nueva función.

El corazón del paquete de tarificación es un programa que se ocupa de la exploración de los registros intermedios de llamadas (enlaces entre la función de entrada y la función de salida), extrae la información y la pasa a un formato adecuado para su presentación a las funciones de salida (programas de ADM/tambor).

Los datos de tarificación de entrada son doce cifras en código binario, de las que ocho definen el número de abonado, dos determinan la clase de tarifa y las otras dos el número de unidades.

De las ocho cifras del abonado, las cinco primeras definen un grupo de 1000 números consecutivos de abonado y las tres últimas determinan la posición del abonado dentro del grupo.

Las cinco primeras cifras se traducen para obtener una dirección de base del grupo en el tambor. Las tres últimas cifras del abonado se combinan con las de la clase de tarifa para obtener el número del contador correspondiente. Así se determina el tambor, la pista, el segmento, el sector, y el contador que hay que actualizar de los dos del sector (véase la figura 3).

Las dos cifras del número de unidades de tarificación se transforman en un número binario único que se emplea en el proceso de actualización.

El número del tambor define un registro intermedio de transferencia y una cola de espera de desborde, y el número del segmento determina una posición dentro del registro intermedio de transferencia. Si esta posición está vacía, se pone en ella el elemento de información;

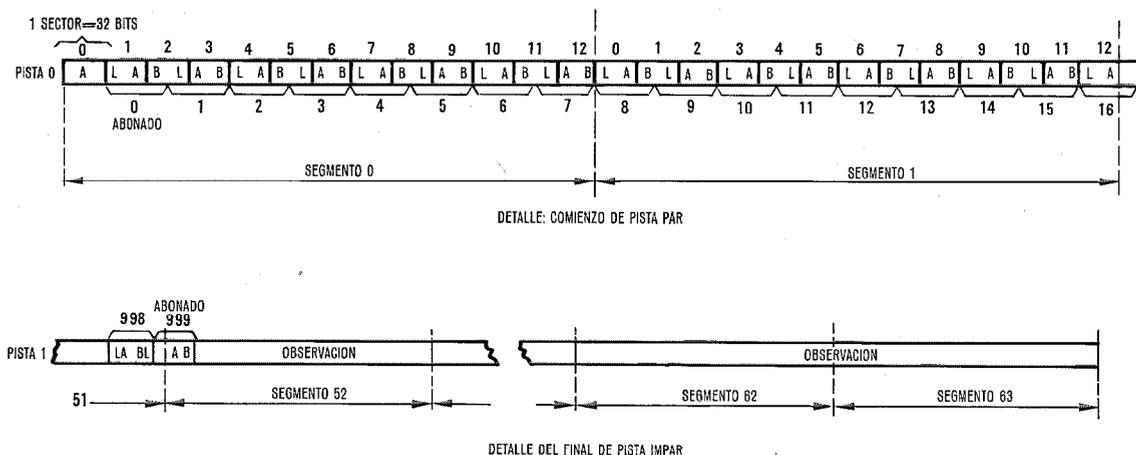


Fig. 3 Distribución de las pistas.

Pista par: 550 abonados → 828 sectores, sobran 4 sectores.

Pista impar: 450 abonados → 677 sectores, sobran 155 sectores (para observación).

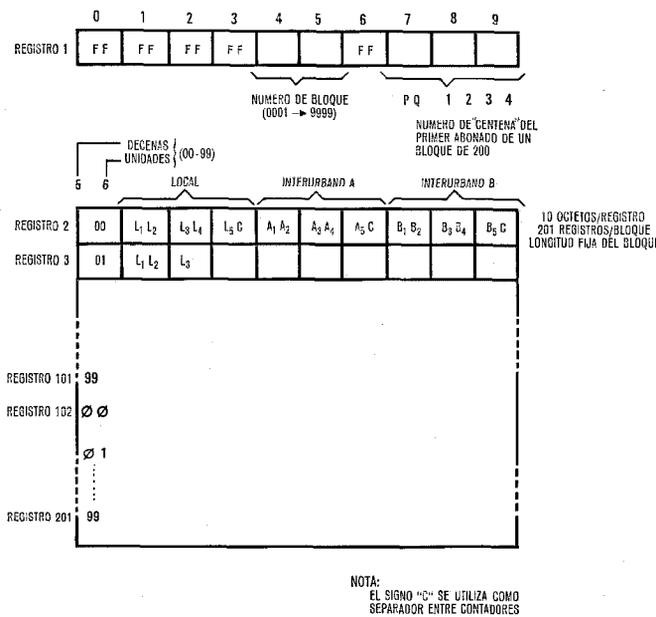


Fig. 4 Formato de bloque de datos en cinta magnética.

si no, se almacena en la cola de espera de desborde adecuada.

El proceso de actualización de los contadores de tarificación de los tambores es una de las funciones principales del paquete de programas de tarificación. Estas operaciones están bajo el control de los canales de datos (ADM). El programa inicia una cadena de transferencias especificando una cadena de palabras de órdenes (intercaladas con palabras de datos) en la memoria común a la que se accede por los ADM, según se precise. Al completar una cadena de transferencias se originará una interrupción.

La operación de actualizar los contadores se realiza según una rutina que trata la información en grupos de hasta 32 elementos de información.

Se forma una cadena de órdenes que provoca la lectura de los sectores correspondientes, los contadores se actualizan y se inicia una segunda cadena de órdenes que determina que los sectores vuelvan a inscribirse en el tambor y luego vuelvan a leerse para comprobar la operación.

Para solucionar los problemas de tiempos se forman en realidad dos cadenas de órdenes de hasta dos veces 32 elementos de información, lo que da lugar a que se duplique el número de revoluciones completas del tambor para realizar el ciclo básico de lectura, actualización, inscripción y comprobación.

#### Paquete de programas de comunicación hombre-máquina

Los programas hombre-máquina controlan las comunicaciones con el procesador mediante un teleimpresor.

Se utilizan estos programas para interrogar o modificar las tablas del centro de tarificación (función de entrada) y para imprimir mensajes estadísticos o de posibles defectos (función de salida).

También hay un eficaz sistema bajo demanda que permite ejecutar programas adicionales y programarlos como si fueran del sistema.

Se reserva un bloque de la memoria de ferritas para programas bajo demanda. Puede dividirse este bloque en zonas de igual o desigual longitud, que se definen mediante parámetros. Se ha previsto un máximo de 16 zonas, en cada una de las cuales puede haber un cierto número de programas residentes en cualquier momento.

El número de programas por zona se define mediante un parámetro con un máximo de 8 programas por zona.

El número total de programas en todas las zonas está limitado a un máximo de 32 para cualquier sistema bajo demanda dado. La asignación de zonas y el número de programas por zonas están parametrizados y dependen de las especificaciones del cliente para cualquier sistema bajo demanda en particular.

#### Paquete de programas de arranque

El paquete de arranque contiene los programas que ponen en funcionamiento el sistema y garantizan la continuidad de las llamadas tratadas por un módulo o procesador que falla.

Igualmente se ocupan de la distribución de las llamadas cuando se vuelve a poner un módulo en servicio, se vuelve a cargar un procesador o se repara una memoria.

Pueden distinguirse dos partes:

- la parte no ejecutiva, que controla cada procesador, con el resultado de dar un mensaje de diagnóstico y elegir un procesador ejecutivo,
- la parte ejecutiva, que controla sólo el procesador ejecutivo, cuya misión es reasignar llamadas y funciones.

Siempre que ocurra una interrupción de estado en un procesador se hace intervenir el programa de interrupción de estado.

Aparece una interrupción de estado si un procesador cambia de estado (en línea, reposo, recarga, mantenimiento) o si hay que tratar en el sistema al menos un mensaje entre procesadores generado por los programas.

La unidad de estado está diseñada especialmente para multiproceso y un cambio de estado en un procesador dará lugar a una interrupción de estado en todos los procesadores.

Cualquier cambio en un procesador pasará a su propia unidad de estado a través del adaptador directo del procesador, y al otro procesador por el bus de estado (véase la figura 5).

Cuando se arranca el programa de interrupción de estado, su supervisor determina el subprograma necesario y pueden realizarse dos funciones diferentes, según la naturaleza del procesador.

Si este es el ejecutivo, tratará los cambios de estado y las acciones de recuperación.

El procesador no ejecutivo omite la función de re-

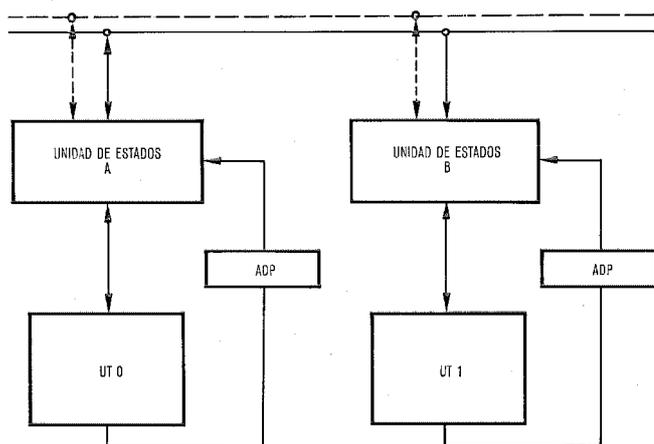


Fig. 5 Unidad de estado Metaconta® 10 C.

cuperación y sólo trata posibles mensajes entre procesadores.

Sólo hay un procesador ejecutivo en el sistema, que se elige mediante una ecuación lineal de condiciones ponderadas.

(Conexión por bus de C.A., conexión por bus de C.C., acceso al cargador, ...).

Cada vez que cambia la condición del procesador (por ejemplo, falla un bus de C.A.) se selecciona un nuevo procesador ejecutivo.

Puede haber otras interrupciones debido a las normales de línea y teletipo, que pueden ser opcionales en el sistema.

Paquete de programas de detección de defectos (pruebas en línea)

El eslabón de enlace entre los circuitos y la programación lo constituye un conjunto de biestables de defectos que exploran los programas en cada operación.

Hay dos biestables de defectos (FF) por cada explorador y distribuidor rápido.

FF1 = defecto en la parte duplicada del explorador (monitor de mando de la matriz o alimentación)

FF2 = defecto en la parte no duplicada del explorador.

Después de ejecutar una instrucción de lectura del explorador periférico, los biestables de defectos FF1 y FF2 de éste están representados por los códigos de estado CC3 y CC4 del procesador. Este código es entonces interpretado por instrucciones adecuadas del procesador.

Los programas de tratamiento de datos realizan una verificación de defectos en cada operación de entrada-salida que se lleva a cabo.

Esta operación puede ser una exploración o una distribución. Cuando falla un órgano los biestables del circuito proporcionan la información necesaria sobre la naturaleza del defecto.

Una operación fallida se repite siempre y se prepara un mensaje de defectos que indica el circuito afectado y el carácter del defecto.

Las pruebas en línea aplican periódicamente este método de búsqueda de defectos en la periferia central. Así continúa, incluso en los períodos de bajo tráfico, la verificación del centro de tarificación.

Willy W. Huybrechts nació en Gante en 1935. Se graduó en la Rijkshogere Technische en Handelsschool de Gante en 1955. En 1957 ingresó en Bell Telephone Mfg Co., donde colaboró en el desarrollo de los ordenadores Bell Mark I y II. Desde 1962 hasta 1967 trabajó tanto en el hardware como en el software de sistemas aplicables a la automatización de operaciones bancarias. Después se unió al grupo Metaconta® 10 C, y en 1971 pasó a encargarse de la planificación y desarrollo de sistemas software.

J. Janssens nació el 2 de agosto 1938 en Bélgica.

En 1961, obtiene el título de Ingeniero Comercial por la Universidad de Lobaina.

En 1963, comienza en IBM como ayudante técnico-comercial, y de 1964 a 1965 como instructor en el departamento de entrenamiento.

Ingresa en Bell Telephone Manufacturing Company en 1965 para el desarrollo de la central experimental 10CX, trabajando intensamente en la puesta a punto del sistema.

Desde 1970 es responsable del "departamento de análisis y programación del sistema Metaconta"®.

© Marca registrada del sistema ITT.

# Gestión de redes. Diseño y control de redes de comunicación

Las técnicas de Gestión de Redes (Network management) deben utilizarse en las redes de comunicación automáticas para mejorar su eficacia y grado de servicio evitando las congestiones. El estudio indica como puede hacerse gradualmente y con inversiones modestas.

L. A. GIMPELSON

Oficinas centrales de ITTE, Bruselas

## Introducción

El desarrollo de modernas redes de comunicaciones automáticas (locales, nacionales e internacionales) ha producido una nueva demanda en las administraciones telefónicas; esto es, gobernar, controlar, básicamente dirigir dichas redes de la misma forma que es posible dirigir una fábrica o un ferrocarril. Dado que hoy día los abonados pueden marcar directamente el número que desean, el control de tan vasto y complejo sistema está en sus manos, por lo que las administraciones tratan de encontrar los medios de mantener el control y de asegurar un servicio eficiente y económico.

La gestión de redes constituye el esquema global para dirigir o controlar las redes de comunicación e incluye la respuesta apropiada a las condiciones inesperadas que pudieran producirse, acciones planificadas para tratar situaciones que presentan cierta regularidad o son predecibles y métodos para restaurar y planificar con el fin de reducir los problemas de la red en el futuro. Aunque el aspecto mejor y más ampliamente conocido de la gestión de redes está constituido por los controles de sobrecarga, estos son mucho más efectivos cuando forman parte de un plan global de gestión.

Para la compañía de administración telefónica la gestión de redes significa un uso eficiente del capital invertido en equipo (tanto de conmutación como de transmisión); para el abonado significa un grado de servicio adecuado al dinero que desembolsó. La gestión de redes no garantiza un servicio bueno o excelente sino una utilización eficiente del equipo bajo todas las condiciones de tráfico o de mal funcionamiento.

Este artículo intentará suministrar al lector de forma inteligible los principios en que se basa la gestión de redes para que su implantación pueda llevarse a cabo con éxito en las situaciones diversas con las que se enfrentan las administraciones.

Primeramente se necesita definir el problema de forma más exacta. Las redes de comunicación compuestas por centrales conectadas por vías de transmisión, necesitan cursar diferentes niveles de tráfico ofrecido y su comportamiento se mide a estos niveles. No basta con diseñar un sistema que curse de manera eficiente la carga para la que fue dimensionado si no se ha considerado su posible comportamiento bajo condiciones de sobrecarga. Más aún, las capacidades de tráfico en sobrecarga difieren ampliamente para redes que aunque fueron diseñadas con el mismo criterio para cargas normales de tráfico, utilizan diferentes esquemas de control y encaminamiento.

Existen dos principios básicos en el control de redes:

— Cuanto más eficientemente se dimensiona una red o

una central menos capaz es de aguantar sobrecarga es decir, dispone de un margen menor para cursar tráfico de sobrecarga. Debido a que las técnicas de dimensionado tienden a reducir el equipo (por ejemplo, mediante el uso de encaminamiento alternativo), el margen disponible para cubrir las situaciones de sobrecarga se convierte en un punto a considerar, lo cual implica que parte de la reducción que se obtiene de una ingeniería eficiente debe emplearse en controlar la sobrecarga.

— El segundo principio expresa que cada red o central tiene una capacidad máxima, por lo que un exceso de carga por encima de dicho límite no solo es infructuoso sino que además puede dar lugar a una fuerte reducción de la capacidad.

El instalar equipo adicional de conmutación o de transmisión, o instalar un equipo de control de tráfico es una decisión que no tiene carácter económico en el sentido de en cual de ambos casos se incrementa la capacidad de tratamiento de llamadas, ya que los sistemas que carecen de controles operan en niveles de capacidad muy por debajo de aquellos para los que fueron dimensionados cuando el tráfico ofrecido sobrepasa los niveles normales, como es el caso durante períodos de emergencia o de fallos en el equipo. La importancia de estas técnicas de control está creciendo rápidamente con las nuevas instalaciones de equipos de control centralizado, con la automatización de las redes así como con el crecimiento de las redes telefónicas urbanas, nacionales e internacionales. El papel vital que desempeña la red de comunicaciones de un país durante los estados de emergencia es una justificación suficiente para la inversión que supone los sistemas de gestión de redes.

## Antecedentes

La introducción en la red telefónica norteamericana del servicio automático para las llamadas de larga distancia fue acompañada, con cierta regularidad, de momentos en los que la congestión de tráfico alcanzó valores altísimos; esto ocurrió no solo con las fiestas de tipo familiar como el Día de la Madre o Navidad, sino también durante estados de emergencia (inundaciones, huracanes, etc.) o de mal funcionamiento de los equipos. Un análisis de la situación indicó que la ocupación de los enlaces durante períodos como los mencionados era de casi 100 %, pero que el tiempo de ocupación por llamada era bajo. Un examen posterior, realizado sobre los enlaces que estaban continuamente ocupados, indicó que solamente una pequeña parte de ésta ocupación daba lugar a ingresos; es decir, existían

muy pocas llamadas completadas, (en conversación) y muchas en situación de esperar para recibir tonos de ocupación, en espera por el equipo (por ejemplo, por traductores), equipo esperando por equipo de la central distante (por ejemplo, registradores salientes de una central esperando por registradores entrantes en otra, etc.). Aunque se ocupó totalmente el equipo de transmisión y aunque parecía que las centrales trabajaban al máximo de sus posibilidades, el comportamiento de la red medido por el número de llamadas completadas no era bueno. La pregunta era evidente ¿Para que gastar tanto esfuerzo en conseguir un resultado tan pobre?

Mediante procedimientos analíticos y simulaciones llevadas a cabo de manera extensiva en computadores digitales se estudió la evolución de la congestión en las redes y en las centrales de conmutación con control centralizado y se observó que las redes con centrales de control centralizado (tanto urbanas como interurbanas e internacionales) trabajaban a niveles inferiores a los calculados cuando se las sometía a sobrecargas elevadas de tráfico. Planteado en otros términos, durante períodos de fuerte sobrecarga, se encontró que estas redes cursaban menos llamadas que las que podía predecirse a partir de los métodos de dimensionado. Cuando se llegaron a comprender estos fenómenos, se sugirieron técnicas de control para garantizar la eficiencia de la red bajo condiciones adversas. Estos controles fueron comprobados mediante simulaciones en computadores y, posteriormente, sobre redes reales; los controles se instalaron y actualmente actúan con éxito.

Nuestro conocimiento de los problemas de redes ha continuado en aumento, permitiendo esta presentación de principios que permite a las administraciones beneficiarse de estas experiencias y desarrollos tecnológicos, y las capacita para el desarrollo de estrategias de control específicas para satisfacer los requisitos locales. En bastantes naciones se están utilizando los principios de gestión de redes para mejorar el servicio, utilizando en cada caso diseños particulares para las características especiales de las redes correspondientes [1]. En este artículo no se pretende sugerir un modelo de gestión particular sino mostrar cómo el nivel tecnológico y de experiencia alcanzada pueden ser utilizadas como base para el desarrollo de programas de gestión de redes.

### Criterios de comportamiento de una red

Con el fin de contestar la pregunta ¿para qué gastar tanto esfuerzo en conseguir tan pobres resultados? es necesario definir los criterios mediante lo que se pueden juzgar los resultados. Dichos criterios son varios y discutibles.

#### Tasa de llamadas completadas (Tasa de compleción)

Es el tanto por ciento de intentos que tienen éxito sin diferenciar entre intentos iniciales y reintentos. Generalmente se mide en relación con una central en particular, es decir, la tasa de llamadas completadas originadas o que hacen tránsito en una central, entendiéndose

por compleción la recepción de la conexión con una línea de la central en cuestión. La cifra así obtenida no es la tasa de llamadas recibida por el abonado, a menos que llame a una línea de su propia central. Este criterio no toma en cuenta ni los efectos de los reintentos ni la capacidad del sistema. Cuando se le utiliza para comparar sistemas, es necesario estar seguro de que tanto las cargas ofrecidas como los reintentos se mantienen en ambos sistemas. La tasa de llamadas completadas tiende a oscurecer los efectos que trae consigo la adición de equipo en sistemas altamente cargados pero operando de manera eficiente. Con el fin de aclarar estas ideas supongamos una carga de 100 erlangs en 116 enlaces, que produce un bloqueo del 1%, es decir, una tasa de llamadas completadas del 99%; ofreciendo 400 erlangs, se cursarían aproximadamente 116 erlangs, o lo que es lo mismo la tasa de llamadas completadas sería del 29%; en estas circunstancias, hay una buena eficiencia (pero no un buen servicio); también un incremento del 10% en el tamaño del grupo incrementa la tasa de llamadas completadas en solamente el 3%.

#### Grado de servicio en los enlaces

Es el porcentaje de llamadas que desbordan de un grupo de enlaces, generalmente un grupo final que ha sido dimensionado para una probabilidad de bloqueo pequeña.

Este valor es más un criterio de dimensionado que una cifra de mérito que permita juzgar el comportamiento desde el punto de vista de tráfico. En márgenes normales de tráfico es un criterio útil. En situaciones de sobrecarga, sin embargo, es un mal indicador del comportamiento debido a la dependencia estocástica entre los grupos de enlaces que intervienen en comunicaciones que hacen tránsito. Como en el caso de la tasa de llamadas completadas, este criterio no considera los efectos del gran número de intentos repetidos y oscurece los efectos del incremento de las instalaciones.

Porcentaje de ocupación de los enlaces (para enlaces en una red de centrales) o porcentaje de ocupación de la red de conexión (para la red de conexión de una central)

Es el porcentaje de equipo ocupado. Aunque es una medida útil de la eficiencia en niveles normales de tráfico, durante los períodos de sobrecarga los porcentajes de ocupación no permiten observar los intentos ineficaces, el incremento de tiempo de establecimiento por llamada, o el mayor número de enlaces utilizados por llamada, resultando, por tanto, inútiles. Con cargas elevadas es un indicador poco sensible, puesto que grandes variaciones en el tráfico ofrecido suponen muy pequeñas variaciones en el porcentaje de ocupación.

Nótese que una llamada que ha sido cursada por una ruta alternativa, utilizando enlaces de forma ineficiente, aumenta el porcentaje de ocupación por la ruta directa entre los mismos puntos de origen y destino, dando así un incremento ficticio de tráfico cursado.

### Número medio de intentos por llamada eficaz

Es la relación entre el número de intentos (iniciales o reintentos) y el número de llamadas eficaces. Bajo la hipótesis de que la mayor parte de las llamadas bloqueadas van a resultar en reintentos inmediatos o demorados, la degradación del grado de servicio puede ser estimada por esa relación. El número medio de intentos por llamada eficaz es sensible a períodos largos de congestión y es un medio para estimar el tráfico ofrecido que se ha producido por acumulación de demanda insatisfecha; es decir, el incremento momentáneo en el tráfico demorado.

Si es posible modificar el comportamiento de los abonados en cuanto a la generación de reintentos mediante anuncios grabados que sugieran demorar el intento siguiente hasta pasado el período de congestión, esta relación no indica el grado de servicio, pero conserva su valor como medida de comportamiento de la red. Este número medio se estima a través del tiempo medio de ocupación por intento, obtenido por división del tráfico cursado y el número total de intentos; como el tiempo de las llamadas ineficaces es muy corto, el tiempo medio de ocupación por intento (con o sin éxito) decrece rápidamente durante las sobrecargas no controladas.

### Tasa de producción de ingresos

Son los ingresos totales producidos por llamadas eficaces durante un período de tiempo (por ejemplo, hora u horas cargadas, un día festivo completo). Este indicador no tiene la orientación comercial que podría suponerse a primera vista. Mide llamadas completadas, que producen beneficios, sin tomar en consideración la eficiencia con la que fueron tratadas por la red y supera las objeciones presentadas al criterio de porcentaje de ocupación de los enlaces, que no distingue entre encaminamiento eficiente e ineficiente (a través de ruta directa o alternativa) ni tiene en cuenta la ocupación de los enlaces por llamadas ineficaces. Dado que las tasas de generación de llamadas están basadas en tarifas punto a punto, generalmente establecidas en función de la distancia y sin tener en cuenta la eficiencia de las rutas, los efectos sobre este parámetro de las rutas largas, caras e ineficientes (es decir, con pequeño número de enlaces) son menores de lo que deberían ser. Sin embargo esto se traduce en un dilema: ¿debería medirse el grado de servicio mediante criterios punto a punto o mediante criterios establecidos como valores medios sobre la red?

Independientemente del criterio propuesto para medir el comportamiento de una red, o su eficiencia o su volumen de ingresos, es necesario realizar una diferenciación entre las situaciones relativas a la red completa y aquellas que se refieren a las subredes. En particular un valor bueno o malo de los criterios anteriormente definidos, puede venir oscurecido si se totalizan o promedian las cantidades implicadas en los criterios sugeridos con anterioridad.

Por consiguiente la medida del comportamiento ge-

neral de las redes y subredes necesita de procedimientos completamente separados.

No parece existir un procedimiento general que sea aplicable cuando se desea medir el comportamiento de una red. Sin embargo, desde el punto de vista del abonado, el número de intentos por llamada es el más significativo (modificado por los efectos de las estructuras de tarifas, las cuales le hacen variar su forma de llamar), mientras que para la administración telefónica lo es el volumen de ingresos.

### Definición de la capacidad máxima

Las medidas del comportamiento de una red o las técnicas de control necesarias para mantener su forma de trabajo eficiente, se derivan de los principios básicos relativos a la operación de redes. Nótese que el objetivo a conseguir es que la red tenga un comportamiento eficiente y no un buen grado de servicio, ya que debe admitirse que bajo condiciones de crecimiento en el tráfico ofrecido, o pérdidas en el equipo disponible (bien de conmutación o de transmisión), o un dimensionado inadecuado, no se puede alcanzar un buen grado de servicio. El objetivo de la gestión de redes es la utilización eficiente de las facilidades disponibles bajo cualquier circunstancia de tráfico ofrecido o de equipo disponible. No basta con suponer en las modernas redes de comunicación que debido a una demanda alta, las facilidades existentes deben utilizarse al máximo; en realidad como se demostrará en breve, las condiciones de alta demanda pueden resultar en eficiencias substancialmente reducidas.

A modo de ejemplo de introducción, consideremos el tráfico de vehículos en una autopista de acceso limitado. El comportamiento de la autopista puede medirse mediante el ritmo al que los coches atraviesan una línea trazada sobre ella, o bien mediante los ingresos obtenidos por las cabinas de peaje, indicador este último que para la autopista sería análogo al de "tasa de producción de ingresos" definido en la sección anterior. Un crecimiento en el número de vehículos que entran en la autopista y viajan a través de ella, mejorará su comportamiento; sin embargo comienza entonces a producirse un efecto bien conocido: cuando el número de vehículos sobre la carretera es demasiado grande, sus velocidades se hacen más lentas y el ritmo de los vehículos que atraviesa la línea disminuye; en otras palabras, la eficiencia se deteriora.

La disminución en la velocidad de las unidades significa que cada unidad (un vehículo) utiliza la facilidad (la autopista) durante un tiempo mayor que el que se obtendría manteniendo una velocidad más alta, por lo que en el ejemplo que nos ocupa, si se permite que tengan acceso a la autopista un número mayor de vehículos, se reducirá más su eficiencia. La figura 1 indica estos efectos; la curva superior indica la eficiencia de la autopista, mientras que la inferior expresa el tiempo que el vehículo permanece en ella; existe un punto,  $C_s$ , en el que se puede mantener una eficiencia máxima, sin más que restringir el número de vehículos que tienen acceso a la autopista; es decir, si se per-

control centralizado poseen la característica mencionada.

**El fenómeno de congestión**

Tanto las redes de centrales de conmutación como las centrales en sí mismas pueden ser descritas como sistemas de colas, como se muestra en la figura 2. El progreso de una llamada en la red de centrales se realiza a través de una serie de colas, en las que las llamadas son servidas o esperan a tener equipo disponible. Cuando las tasas de llamadas son elevadas y tanto el equipo de conmutación como los enlaces trabajan con cargas elevadas, crecen las facilidades utilizadas por la llamada así como el tiempo de ocupación por llamada. La utilización de las facilidades se incrementa cuando las llamadas son encaminadas mediante rutas alternativas. Los tiempos de ocupación se incrementan debido al trabajo extra por llamada (más encaminamiento alternativo, exploración de los enlaces de un grupo y más segundos intentos) así como también debido a las esperas por equipo (por ejemplo, registradores salientes esperando por registradores entrantes). De forma análoga, si se examina en detalle una central (de nuevo de control centralizado), con registradores esperando por registradores, esperando por marcadores, esperando por traductores, etc., la analogía con el modelo de la figura 2 es otra vez evidente. Se plantea un dilema: Durante los períodos de fuerte demanda por parte del abonado se requiere por llamada más tiempo y equipo; el coste por llamada cursada se incrementa cuando las cargas ofrecidas llegan a ser elevadas. Estas afirmaciones son correctas aun en el caso de que no se considere el incremento del tráfico ofrecido debido a los reintentos.

Con la analogía establecida entre las redes o centrales y el modelo de la figura 2, es posible examinar dicho modelo y obtener conclusiones para el problema telefónico. La carga controlada y ofrecida a la entrada,  $a_1$ , en la figura 2, llega a los  $n_1$  enlaces, y es ofrecida a la primera central y más tarde a cada una de las siguientes. En estas condiciones, puede esperarse que la carga de salida del sistema, crezca monótonamente cuando crece la carga ofrecida, como se muestra en la figura 3, hasta que se alcance un estado de saturación y se curse una carga  $A_s$  de saturación. Sin embargo es necesario examinar el modelo con más detalle para determinar si la curva obtenida en la figura 3 de forma intuitiva responde o no a la realidad; la contestación es que no.

Consideremos una central aislada de una red que actúa como un centro de tránsito y posiblemente también curse tráfico originado y terminado (figura 4,

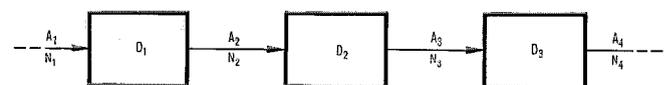


Fig. 2 Modelo de colas en serie para una red de centrales o una central individual  
 $A_1$  = Tráfico ofrecido  
 $N_1$  = Número de enlaces  
 $D_1$  = Demora.

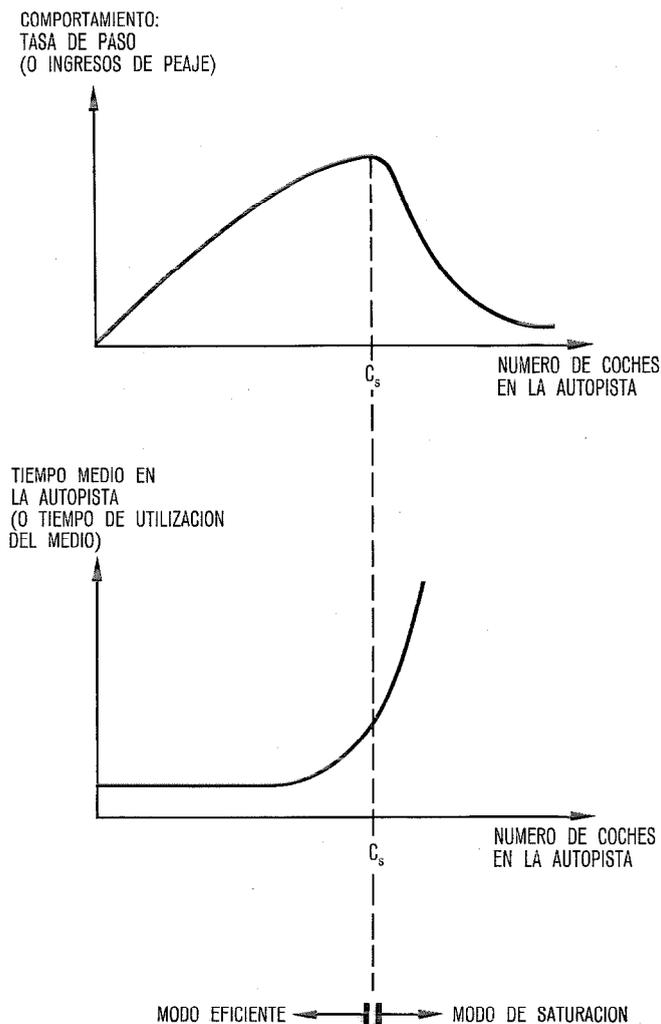
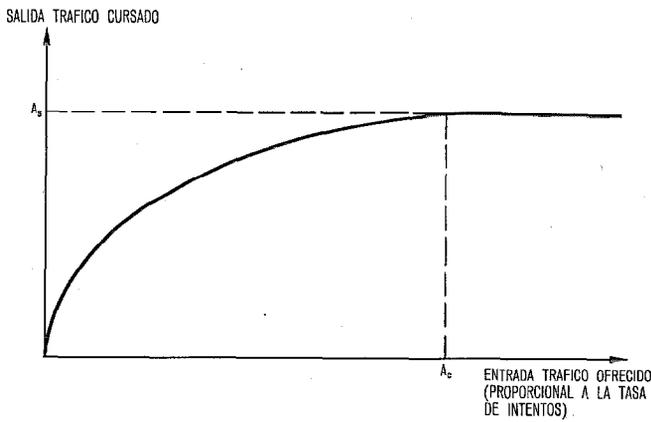


Fig. 1 Ejemplo de tráfico rodado  
 $C_s$  = Capacidad máxima o punto de saturación.

mite un mayor acceso se reduce la eficiencia. La noción de capacidad máxima es muy importante en todo lo que sigue; capacidad máxima es aquella capacidad en la que un crecimiento de la demanda reduce la eficiencia del sistema, pasando éste de un modo de operación eficiente a uno ineficiente o saturado. Existen muchos otros sistemas que presentan similares características: ascensores atestados, trenes del metro en las horas punta, nudos de tráfico (o desvíos), y redes de telecomunicación. De hecho todo sistema que requiera ya un crecimiento de las facilidades o un crecimiento en el tiempo de trabajo por cliente cuando crece el número de clientes tendrá este problema [2], [3].

En términos generales se puede afirmar que para el tipo de sistemas del que se va a tratar existe una capacidad máxima de forma tal que cualquier intento de exceder dicha capacidad sin restricción alguna de las demandas, se traducirá frecuentemente en operar por debajo de dicha capacidad, algunas veces marcadamente por debajo (como en un nudo congestionado de tráfico en el que los coches están prácticamente parados). Las redes y las centrales de conmutación de



Sig. 3 Operación del modelo de colas en serie obtenido suponiendo que no se producen esperas generalmente (véase figura 5)  
 $A_s$  = Tráfico cursado máximo o de saturación  
 $A_c$  = Tráfico de entrada mínimo correspondiente a  $A_s$ .

en la que se muestra con líneas de puntos los caminos del tráfico). Esta central podría ser una cualquiera de las que figuraban en la figura 2 cuando ese modelo representaba una red de centrales. La central se ve implicada en una llamada durante un período de tiempo que comienza desde el momento en el que un registrador es unido a un enlace entrante. Supuesto que se trata de una llamada de tránsito, dicho período está compuesto de las siguientes partes: tiempo de señalización para recibir el número llamado, tiempo para procesar el número llamado (traducción) más el tiempo de búsqueda de un enlace saliente libre; después de la toma del enlace espera para la señal del registrador distante de que está listo para recibir los dígitos y finalmente tiempo de la señalización. Tanto el tiempo de procesamiento como el tiempo de espera para disponer del equipo, tienden a crecer cuando crecen las cargas de tráfico, reduciendo de esta forma la eficiencia con la que cada llamada es cursada ya que su tiempo total de ocupación (tiempo de establecimiento más de conversación), se ha alargado.

La situación es más seria debido al mecanismo de realimentación ya que cuando una central debe incrementar su esfuerzo por llamada, su reacción produce esperas en las centrales adyacentes a través de las cuales deben pasar sus llamadas. En el peor de los casos, los registradores en dos centrales adyacentes pueden estar completamente ocupados esperando los unos por los otros. Aun en el caso en que estén utili-

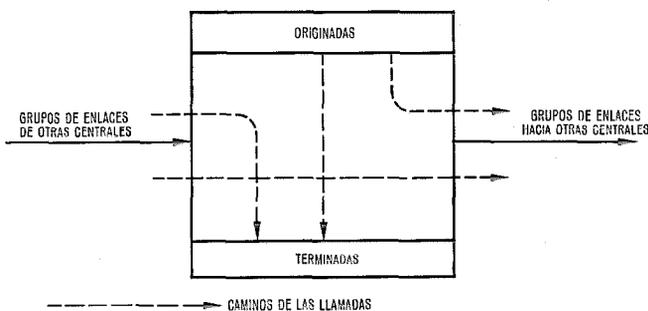


Fig. 4 Central de conmutación típica.

zando intervalos óptimos de temporización (y estos son función de la carga y el tamaño del grupo), el incremento en la ocupación del equipo que fue explicado anteriormente, va acompañado de un creciente uso del equipo sin rendimiento alguno; es decir, mientras que se va desarrollando el bloqueo y las esperas, el abandono de llamadas, bien debido a temporizaciones o a la impaciencia de los abonados, se incrementa también. El equipo de control centralizado se ha encarecido no sólo debido a las esperas y utilización de caminos alternativos, sino también porque una porción creciente de este esfuerzo empleado se pierde debido a que las llamadas no se completan. La suma de estos efectos se muestra en la figura 5, que no es más que una versión corregida de la figura 3 y por tanto similar a la curva superior de la figura 1 que trataba del ejemplo de los vehículos. El comportamiento de la red (o central) cae por debajo de su estado de mayor eficiencia y permanece allí hasta que se reduce la carga ofrecida. La rapidez y profundidad de esta caída depende de la red considerada, su equipo, organización, intervalos de temporización, etc. [4].

Los sistemas de señalización que desconectan los enlaces cuando se presenta bloqueo en el establecimiento de una llamada envían una señal de ocupación audible para el abonado desde la central que origina la llamada; de esta manera los problemas se reducen pero desde luego no se eliminan. De forma análoga, un sistema de señalización de fuera de banda utilizando canales de transmisión de datos de alta velocidad mejorará la situación mediante la reducción de los tiempos de establecimiento logrando así disminuir la utilización ineficaz que resulta de las llamadas no completadas.

Es necesario destacar el parecido existente entre el proceso descrito recientemente y el de la autopista discutido en la sección anterior: En ambos casos el esfuerzo de cursar una unidad aumenta con el tráfico ofrecido; la carga cursada crece hasta un punto óptimo más allá del cual un incremento en la carga ofrecida da lugar a una disminución de la eficiencia del sistema. El paralelismo establecido continúa cuando se consideran las acciones a tomar para restaurar las condiciones de trabajo del sistema a las de máxima eficiencia: aún en el caso de no permitir que llegue al

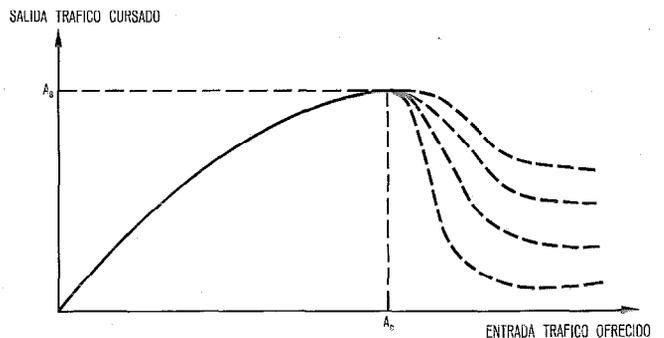


Fig. 5 Corrección de la figura 3, modelo de cola en serie.  
 $A_s$  = Tráfico máximo cursado o de saturación  
 $A_c$  = Tráfico máximo de entrada que corresponde a  $A_s$ .

sistema todo el tráfico nuevo, tomaría un tiempo apreciable (comparado con el de ocupación) para desbloquear el sistema.

El sistema sigue una curva parecida a la de histéresis, por lo que puede necesitarse una reducción substancial de la carga ofrecida por debajo de  $A_c$  antes de que se restaure la operación de forma eficiente [5, pág. 6]. Esto conduce a la importante conclusión de que más que poner remedios se necesita prevenir la congestión.

### Métodos de encaminamiento y congestión de redes

Cuando se mejora la eficiencia de una red disminuye su capacidad para cursar cargas de valor superior a aquel para el que las centrales han sido dimensionadas; esto es evidente ya que un incremento en la eficiencia se traduce en un aumento de la ocupación media y por lo tanto en una reducción de las posibilidades para cursar tráficos de sobrecarga. Por otra parte dado que el motivo de utilizar un encaminamiento alternativo económico es producir una ocupación de la red más elevada (en tanto que los costes de transmisión con los de conmutación estén equilibrados), se deduce que las redes de rutas alternativas son menos capaces de cursar tráficos de sobrecarga que las de encaminamiento directo: Existen instaladas menos facilidades de transmisión en redes que poseen rutas alternativas que en las de encaminamiento directo siempre y cuando ambas esten diseñadas para los mismos criterios de servicio. Sin embargo, las redes que poseen rutas alternativas presentan una degradación característica en condiciones de sobrecarga que es más pronunciada que la que podría preverse mediante un análisis de las necesidades del grupo de enlaces.

Para explicar la degradación característica anteriormente mencionada, es conveniente revisar algunos de los fundamentos del encaminamiento alternativo dada su implicación en la presente discusión. Existen tres métodos primarios de encaminamiento en las redes de comunicación.

#### Encaminamiento directo

Cada central se conecta directamente con las otras y cada grupo de enlaces se dimensiona para un alto grado de servicio, generalmente con bloqueos en el orden de los pocos por ciento. Debido a la ineficiencia con que van a trabajar los pequeños grupos, constituye el método más caro de encaminamiento.

#### Encaminamiento directo a través de una central de tránsito:

El encaminamiento de las llamadas se realiza a través de grupos directos hacia la central de destino cuando se trata de grandes grupos en los que la eficiencia es alta, mientras que para pequeños grupos se consigue a través de una central de tránsito que encamina la llamada a la central final mediante un grupo directo; para redes lo suficientemente grandes, la llamada puede requerir hacer tránsito a través de varias centrales. El encaminamiento a través de una central intermedia

se escoge cuando el coste extra de dicha conmutación (en relación con el de un grupo directo) es menor que la pena en que se incurre debido a un trabajo ineficiente del grupo directo. Sin embargo el encaminamiento a través de una central de tránsito es económicamente atractivo ya que los diferentes tráficos destinados a diversas direcciones se combinan en un sólo grupo que trabaja con mayor eficiencia hacia la central de tránsito. El encaminamiento directo vía una central de tránsito ofrece unos ahorros sustanciales sobre el método anterior y constituye la técnica utilizada con más frecuencia por parte de las administraciones.

#### Encaminamiento alternativo

Las centrales encaminan sus llamadas a través de un grupo directo o de tránsito dependiendo de que existan o no los grupos del primer tipo. Sin embargo, si una ruta en particular tiene todos sus enlaces ocupados, la llamada se encamina vía una ruta alternativa. Al igual que en el método anterior, la decisión relativa a en qué grupos debe instalarse esta facilidad es de naturaleza económica. Por otra parte dado que puede estar disponible una ruta alternativa, no es necesario dimensionar algunos de los grupos directos en forma tan liberal como en el caso anterior. Esta es la razón primaria para la economía de las redes con rutas alternativas: No deben de suministrarse grupos de pequeño tamaño y su tráfico debe encaminarse vía las centrales de tránsito; los grupos de tamaño medio deben dimensionarse para altas ocupaciones con probabilidades de desbordamiento del 20 % o más, cursando el tráfico de desbordamiento vía las centrales de tránsito; los grupos de gran tamaño siendo básicamente eficientes aún en el caso de que se dimensionen con baja probabilidad de bloqueo, deben encaminar su tráfico directamente. En cada uno de estos tres casos las economías que puedan lograrse en cada situación particular dependen en su mayor parte de las distancias existentes entre los puntos finales; los correspondientes a distancias pequeñas serán más aptos para que su tráfico se encamine de forma directa, que los correspondientes a largas distancias. Las redes que emplean encaminamiento alternativo poseen, además de su atractivo económico, otra ventaja, debido a que el tráfico puede utilizar diferentes caminos entre los puntos de origen y destino y por lo tanto las variaciones en las situaciones de tráfico pueden tratarse mucho mejor que en cualquiera de los casos citados anteriormente [6, 7].

Con este conocimiento el efecto de la degradación mencionado al comienzo de este párrafo puede describirse mucho mejor. Por razones de claridad se supondrá que no hay congestión ni esperas en la central; es decir, una llamada se establece instantáneamente sobre varias mallas y las centrales no contribuyen para nada a su bloqueo.

Cuando una red nacional o una gran red urbana correctamente dimensionada emplea el encaminamiento alternativo la mayor parte de las llamadas se encaminarán directamente y el número medio de ma-

llas o de enlaces por llamada estará próximo a la unidad. (Solamente se consideran las mallas de larga distancia de una red nacional; las mallas de acceso no se consideran en la cifra relativa a las mallas por llamada). Como las situaciones por las que pasa el tráfico varían durante el día, las rutas alternativas cursarán picos de tráfico, momentáneos o no, entre algunas centrales a través de rutas más largas. Verdaderamente es esta flexibilidad de acomodar picos de tráfico a través de las distintas rutas lo que constituye la base de su alta flexibilidad y ocupación. Sin embargo, cuando las cargas de tráfico son notablemente altas la técnica del encaminamiento alternativo es ineficiente ya que el número medio de mallas por llamada crece muy rápidamente; cada llamada establecida a través de un conjunto de mallas durante una situación de sobrecarga, es capaz de bloquear algunas llamadas. Por lo que mientras que la ocupación de los enlaces es elevada, la carga realmente cursada o carga punto a punto (carga de ingresos definida con anterioridad) puede ser muy baja. Estos efectos se han observado en las redes reales y se ha reproducido en simulaciones de redes mediante ordenador; véase las referencias [ 8, 9, 10 y 11]. Los resultados de estas simulaciones permiten presentar el problema en la forma mostrada en la figura 6. Se indican en ella las probabilidades de bloqueo para una red de comunicaciones que ha estado sometida a los mismos modelos de carga ofrecida, mientras que la red emplea uno de los tres procedimientos de encaminamiento explicados, es decir, encaminamiento directo, única posibilidad de encaminar la llamada via una ruta alternativa entre cada par de centrales, o varias posibilidades de elección de ruta alternativa entre cada par de centrales; para cada caso las redes se dimensionaron de forma tal que tuvieran el mismo coste. Ahora bien, ya que las redes con encaminamiento alternativo son más económicas que las de encaminamiento directo para los niveles normales de tráfico, el menor bloqueo obtenido estuvo

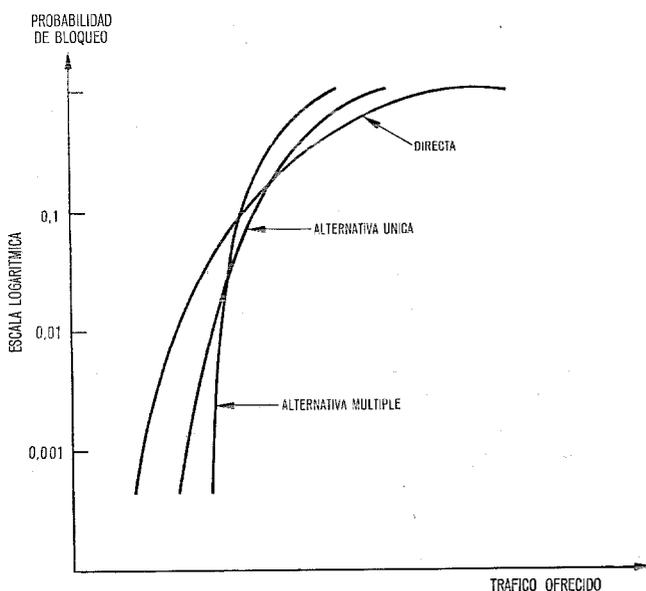


Fig. 6 Características de comportamiento de estrategias de encaminamiento diferentes.

en un 10 % por debajo del esperado. Sin embargo cuando las cargas crecen, las curvas de bloqueo se cruzan y el encaminamiento directo suministra un servicio más eficiente. El esquema de encaminamiento óptimo sería aquel que permitiera una operación de la red cuya curva de bloqueo fuera la envolvente por su parte inferior de todas las curvas encontradas. La experiencia ha demostrado que dicho logro constituiría una complicación innecesaria e ineconómica, ya que basta con prever un mecanismo que permita dos estados, correspondientes a que se permita o elimine el encaminamiento alternativo.

Además de la pregunta referente a si se debe emplear encaminamiento directo o alternativo está la elección de la doctrina de encaminamiento. En la actualidad la mayor parte de las redes nacionales con encaminamiento alternativo, las redes internacionales así como algunas redes urbanas utilizan una doctrina de jerarquización la cual parece ser muy restrictiva y debería extenderse con el fin de permitir un encaminamiento libre. Se han investigado algunos esquemas con o sin jerarquización:

- Encaminamiento libre: Encaminamiento de la llamada por el camino más corto disponible.
- Hacia atrás: El bloqueo en un punto intermedio del establecimiento de una llamada tiene como consecuencia que el último enlace o enlaces tomados en ese punto se liberen y se escoja un camino diferente que no pase por dicho punto.
- Mapa en memoria: Desde el punto en el que se origina la llamada se dispone de un conocimiento completo de los caminos disponibles, por lo que fácilmente se puede escoger una ruta entre el punto de origen y el de destino.
- Actuación del tráfico mediante la asignación de facilidades: El establecimiento de facilidades (grupos de alto uso) se realiza en respuesta a las demandas existentes punto a punto. (Véase la página 263 de la referencia 12).
- Algoritmos de selección de ruta: Diversas técnicas para seleccionar los grupos de salida basándose en parámetros de tiempo real tales como la ocupación y tamaño del grupo, cargas ofrecidas, etc.

La utilización de estos métodos de encaminamiento incrementa poco o nada la capacidad de cursar tráfico a los niveles normales de carga pero sin embargo, y en términos generales, se comportan peor que los de jerarquización restrictiva bajo condiciones de sobrecarga y mucho peor cuando se los compara con los esquemas que poseen un encaminamiento alternativo controlado y tratan por lo tanto de cursar las llamadas durante los períodos de sobrecarga a través de los grupos directos. Mientras que la aplicación de esquemas tales como el de mapa en memoria o hacia atrás tuvieron éxito en hallar camino a través de algunas rutas las cuales no habían sido encontradas mediante la aplicación de técnicas progresivas de encaminamiento, se bloquearon tantas llamadas a través de dichas rutas que el tráfico total productor de ingresos se redujo notablemente.

La mayoría de las investigaciones realizadas ha demostrado que los pequeños incrementos que pueden conseguirse en la capacidad de las redes mediante la aplicación de estos esquemas podría obtenerse de manera más económica aumentando las redes tanto de conmutación como de transmisión. Análogamente, se ha demostrado que la eficiencia de la organización jerárquica podría mejorarse mediante otras estructuras de redes que dan como resultado pequeños incrementos de capacidad para los niveles normales de carga, y un comportamiento más pobre en sobrecarga si no se establecen controles. El resultado general es que para grandes redes y cargas normales las eficiencias obtenidas son análogas mientras que el comportamiento en sobrecarga varía notablemente. Por otra parte la pequeña mejora de eficiencia que se obtendría sobre el caso de redes jerarquizadas no justifica el coste que supondrá la nueva estructura de red [9].

Volviendo al problema básico, está claro que ya que el encaminamiento alternativo incrementa la capacidad de tráfico de una red para cursar cargas normales pero se convierte en ineficiente cuando se trata de cargas más elevadas, es necesario determinar el punto en el cual se debe reducir el encaminamiento alternativo. Este problema no es independiente del de la congestión en la central descrito en la sección previa y ambos se ven afectados por el tipo de sobrecarga ofrecido a la red.

### Clasificación de los sobrecargas

Las acciones de control de deben acomodar al tipo de sobrecarga, con el fin de evitar un control excesivo y que podría reducir el tráfico más de lo necesario; por lo tanto una parte fundamental del sistema de control debe ser destinada a reconocer las características de la sobrecarga.

Una sobrecarga general es aquella que afecta a una red por completo; sin embargo, es necesario distinguir entre una sobrecarga general que se ha producido debido a que la congestión originalmente producida por una sobrecarga local se ha extendido por toda la red y aquella otra que resulta de un incremento de las cargas punto a punto. Por consiguiente las sobrecargas deben clasificarse más que por los problemas que producen en la red, por su tráfico ofrecido. La sobrecarga de tipo general se produce en fechas generalmente previsibles durante fiestas, (ya que dimensionar una red para unos pocos días en los que se producen grandes picos no resulta económico), o con regularidad durante las horas cargadas de una red infra-dimensionada. Excepto para las redes en las que los picos se extienden en determinadas épocas del tiempo, medidas tales como el reencaminamiento son de poco valor, ya que las ocupaciones son elevadas a través de toda la red. Este es el clásico ejemplo de los problemas planteados en las dos secciones anteriores y requiere el conocimiento de la capacidad máxima de la red y de la inutilidad que lleva consigo el tratar de sobrepasarla.

Las sobrecargas de tipo local están producidas por condiciones locales (por ejemplo una tormenta) o por

problemas de equipo. Además de mantener un servicio eficiente en el área congestionada (tratando ese área igual que en el caso de una sobrecarga general) es importante prevenir que los problemas de este área se extiendan a través de la red. El tráfico que, procedente de otras áreas, utiliza estas centrales como puntos de tránsito, debe encaminarse hacia otras.

Las sobrecargas locales pueden ocurrir en el momento en que los esquemas de tráfico cambien por encima de la capacidad de adaptación que posea la red de encaminamiento alternativo; un ejemplo particular de este hecho, lo constituyen los diferentes esquemas de tráfico durante el día y la noche.

Una sobrecarga localizada es aquella que se produce cuando el número de llamadas dentro de un área particular es demasiado alto. En este caso la tasa de llamadas completadas dentro del área puede ser tan baja que virtualmente todas las llamadas dan lugar a reintentos, con lo que existe una gran posibilidad de que la congestión se extienda ya que los intentos ineficaces acabarán pronto con la resistencia a las sobrecargas que tengan las centrales de dicha área.

### Desarrollo de la congestión

Los comienzos de una congestión general van acompañados de un crecimiento del tráfico ofrecido o de una disminución de las facilidades del equipo debido a posibles fallos. Mientras que en el segundo caso se produce una reducción de las facilidades existentes en relación al tráfico ofrecido, en el primero se mantienen hasta cierto punto las capacidades de transmisión y conmutación. Supuesto el caso en que crece la carga ofrecida, la ocupación de los enlaces aumenta con el establecimiento de nuevas llamadas en la central. Cuando la ocupación de los enlaces llega a ser elevada, el bloqueo aumenta, dando lugar a un crecido número de reintentos a la vez que el tráfico ofrecido efectivo, visto por la central como intentos entrantes, parece aumentar. En tanto que no se alcance la capacidad de la central, los continuos esfuerzos de la central por establecer llamadas y ocupar los grupos de enlaces son efectivos de manera doble ya que las llamadas completadas en los enlaces actúan como un limitador de nuevos intentos en la central.

Si la carga ofrecida llegara a ser demasiado elevada aparecerían algunos efectos: El encaminamiento alternativo reduciría la eficacia de la red al aumentar las facilidades de transmisión y de conmutación por llamada; por otra parte la mayor probabilidad de bloqueo así como las temporizaciones darían lugar a un esfuerzo vano para cada intento realizado sin éxito; la tasa de intentos aumentaría con el trabajo pendiente en la central así como por la pérdida debida a los enlaces ocupados; finalmente, debería ser la tasa de intentos lo suficiente como para forzar a la central a llegar más allá de su punto de máxima eficiencia (es decir, del máximo de la curva de la figura 5); en este caso una seria reducción de la capacidad de conmutación tendría lugar (equivalente a la pérdida de facilidades debido a fallos en el equipo), seguida de una

descarga de los enlaces ya que el equilibrio del sistema entre la conmutación y la red de enlaces se habría perdido.

El desarrollo de la congestión descrito puede agravarse debido a una capacidad inicial de conmutación insuficiente producida por la ingeniería al suponer no coincidencia entre las diferentes horas cargadas de los diversos grupos de destino. Durante una situación de sobrecarga general que tiende a ocupar totalmente todos los grupos, una central dimensionada de acuerdo con las ideas anteriores estaría infraequipada y pasaría por su punto de máxima eficiencia muy rápidamente.

Este conjunto de sucesos que conduce a una operación ineficiente en el caso de una sobrecarga general, no varía de forma radical para una sobrecarga de tipo local o localizada. En el caso de sobrecarga local, el establecimiento del tráfico conduce a un estado de ineficiencia que tiende a propagarse más allá del área afectada ya que el número de intentos procedentes de las centrales adyacentes con fuertes intereses de comunidad con el área afectada aumentan, y debido también a las llamadas que utilizan puntos de tránsito en la región afectada y a reintentos o encaminamientos alternativos alrededor del área. La sobrecarga localizada puede producir ligeros disturbios en puntos de origen dispersos donde el número de reintentos por central está dentro de las capacidades del equipo. Sin embargo, las centrales adyacentes al punto de congestión cursan reintentos de centrales dispersas, los cuales pueden llevarlas a una operación ineficiente.

Cuando uno se enfrenta con una sobrecarga general el principio básico es mantener la operación en un estado de eficiencia; con una sobrecarga localizada o local el estado de eficiencia debe mantenerse dentro de la zona problemática y la propagación de la congestión debe prevenirse.

### Técnicas de control de redes

Sería conveniente tener una técnica única para el control de las redes de telecomunicación; desgraciadamente, esta técnica ni se ha encontrado ni parece probable que se encuentre. El control de redes, como parte del problema general de gestión de redes debe adaptarse a una red en particular con un determinado equipo y una única configuración de tráfico; debido a ello, las secciones posteriores tratarán de presentar unas técnicas basadas en los principios básicos ya discutidos, y se aplicarán a situaciones de tipo general.

La conclusión que se deduce de la lectura de las secciones precedentes es más bien deprimente: Tanto los sistemas de control centralizado como el encaminamiento alternativo dan lugar a más problemas que ventajas, mientras que mediante una red de control no centralizado puede obtenerse un servicio básico satisfactorio sin más que utilizar un método de encaminamiento directo. Trataremos de demostrar en esta sección que las ventajas de tipo económico que presenta la utilización de encaminamiento alternativo así como la flexibilidad de servicio del control centralizado pueden retenerse si se suministran controles a

la red. En pocas palabras, se trata de reinvertir parte de los ahorros sustanciales conseguidos a partir de la utilización de estas dos técnicas para mantener su eficiencia bajo condiciones de carga elevada.

Aunque es difícil estimar la pérdida económica que para una determinada comunidad resulta de la congestión, es posible determinar las pérdidas de ingresos de la compañía telefónica sin más que observar las líneas de abonados con el fin de averiguar tanto los esquemas de reintentos como la propensión de los abonados para abandonar sus llamadas. Estudios de esta naturaleza se han realizado en Norteamérica y pueden encontrarse los resultados en la referencia [13]; se obtuvieron tasas de abonado del orden del 48 %; las llamadas que no vuelven a aparecer o bien reaparecen durante los periodos de más bajas tarifas representan una pérdida de ingresos. Este punto se ha discutido también para la red Nacional Francesa y sus circuitos internacionales; los resultados pueden encontrarse en la referencia [14].

Dos tipos de congestión han sido los más tratados a través de estas notas: Congestión en la central de conmutación y congestión en los enlaces. Dependiendo de cual sea la distribución existente de facilidades, cada una de las formas de congestión puede producir mayores o menores problemas. Una diferencia importante entre la congestión de la central y la de los enlaces es que la primera conduce a una disminución de carga sustancial de los enlaces; así, cuando se trata de redes nacionales o de larga distancia y las facilidades de transmisión representan la mayor parte de las inversiones en red, así como también la mayor fuente de ingresos, el mantenimiento de una operación eficiente en los enlaces es de capital importancia y depende de la mayor o menor prevención a la congestión de la central. Ahora bien, puesto que las redes locales o urbanas tienen una distribución de coste entre transmisión y conmutación más equilibrada, el control es diferente en importancia pero completamente similar en cuanto a técnica.

Con el fin de fijar ideas, la discusión de los controles se realizará para una red nacional organizada jerárquicamente. Los problemas referentes a las redes metropolitanas así como los de las centrales locales en la que se origina una congestión, se discutirán más adelante. La elección de un encaminamiento jerárquico está motivada por el hecho de que es el más corrientemente utilizado, y existe muy poca evidencia técnica para indicar que ésta no será la doctrina de encaminamiento que se utilizará para redes nacionales e internacionales durante un periodo lo suficientemente extenso de tiempo en el futuro. La mayor parte de las redes nacionales son una combinación de centrales de control centralizado o no, este último normalmente del tipo paso a paso. De forma continuada, los registradores y traductores se ajustan cada vez más con el fin de extender su capacidad para encaminamiento alternativo así como flexibilidad en la señalización. Por debajo de la jerarquía nacional puede resultar antieconómico equipar de esta forma las centrales y por lo tanto las posibilidades de introducir controles se ven limitadas.

Con el fin de que las facilidades de la red se utilicen de manera eficiente con tráfico productor de ingresos cuando se trabaja a niveles de carga elevada, los siguientes controles deben establecerse:

- Mantener el equipo de conmutación (de control centralizado) en su más eficiente modo de trabajo haciendo que el tráfico que exceda de su punto de saturación no alcance a la central.
- Evitar la propagación de las congestiones reduciendo a problemas de tipo local.
- Mantener la eficiencia en los enlaces (y reducir la congestión en los enlaces) evitando el encaminamiento (número de mallas por llamada) cuando las facilidades están congestionadas.
- Utilizar las facilidades libres disponibles.

La primera acción de control enunciada anteriormente, prevenir la saturación de la central, es con frecuencia la más importante para las redes nacionales en donde los centros de tránsito o son de barras cruzadas o serán electrónicos, ya que si estos centros de conmutación no operan con una elevada eficiencia, existen muy pocas posibilidades de que se pueda hacer algo con el fin de completar llamadas. La mayor inversión de una red nacional radica en su planta de transmisión y en el esfuerzo que debe ejercerse para mantener una ocupación completa con llamadas convenientemente encaminadas productoras de ingresos.

La capacidad de la central se ha definido como el punto en el que un incremento en la carga ofrecida disminuirá el número de llamadas completadas por unidad de tiempo (diferente de la tasa de llamadas completadas) y puede diferir de las capacidades publicadas por los fabricantes. El administrador de la central puede observar este punto midiendo las estadísticas referentes a los intentos y llamadas completadas de su central durante los periodos de carga elevada. Si una central se encuentra en esta situación de congestión, se necesitan dos elementos de control:

- Un indicador del nivel de actividad; es decir, una medida de tiempo real que determina si la central de conmutación está próxima o no a su punto de saturación.
- Acciones de control con el fin de mantener la central de conmutación próxima a su punto de saturación.

Las palabras "tiempo real" mencionadas anteriormente son importantes. Experimentos realizados tanto en centrales reales como mediante simulaciones por ordenador han demostrado que se necesita una acción rápida para evitar que la central se congestione y que si esta acción no se realiza con la suficiente rapidez y se permite que las cargas excedan los niveles de saturación antes de que se produzca la acción de los controles, se necesitará un tiempo bastante mayor para restaurar la situación inicial (este tiempo será un cierto número de veces el tiempo de ocupación).

Estos resultados muestran que un indicador de la media sería insuficiente, por lo que se necesita un indicador instantáneo; es decir, un indicador que refleje una determinada condición en un instante dado. Las lla-

mas que operan en una cola para servirse por la central (realmente el número de llamadas esperando en la cola) son indicadores sensibles y estables ya que dichas colas se forman muy rápidamente cuando se alcanza la capacidad máxima de la central. Para determinadas centrales, la estimación del tamaño instantáneo de la cola puede medirse mediante el número de enlaces entrantes que esperan por registradores entrantes; cuando estos registradores se conectan y están dispuestos para comenzar la señalización, la llamada abandona la cola de espera. Las centrales controladas por procesador establecen las colas mediante tablas en la memoria por lo que se puede determinar tanto la longitud de las colas de entrada como su tasa de actividad, lo cual sería difícil de conseguir con un equipo electromecánico. Los indicadores de colas necesitan actuar solamente cuando el tamaño de la cola excede de una longitud especificada con anterioridad, aunque también es posible indicadores de dos niveles lo cual puede tener aplicación cuando se presentan sobrecargas muy elevadas. El nivel de acción de este indicador es mas bien limitado ya que su valor principal radica en indicar que se ha formado una cola pero sin especificar su tamaño.

Una condición adicional para un indicador es que sea independiente del mantenimiento de la central; es decir, no debe necesitarse ajustar un control cuando alguna pieza del equipo se retira para mantenimiento reduciendo así la capacidad de la central. Esta característica del indicador es necesaria por dos razones: primero la dificultad que se encuentra para entrenar a un grupo de mantenimiento para que ajusten siempre los controles; segundo porque cuando se producen situaciones inesperadas en las que el equipo no funciona y la capacidad de la central se reduce, no se necesita ningún ajuste. Nótese que el indicador de cola descrito anteriormente cumple este requisito ya que advierte que la capacidad de la central se ha alcanzado independientemente de cual fuera dicha capacidad en el momento de la indicación.

Una vez que se sabe que puede ocurrir una saturación inminente, es necesario aplicar acciones de control rápidamente. Para la actuación del control se siguen normalmente dos filosofías. En un método los controles se aplican inmediatamente y con toda su fuerza cuando se alcanza el nivel del indicador desapareciendo más tarde cuando los niveles caen por debajo del menor umbral. En el otro, los controles se aplican progresivamente, en dos o tres etapas, actuándose la primera etapa inmediatamente que se sobrepase el umbral superior y progresivamente los demás si la sobrecarga persiste. La relajación del control es también progresiva una vez que el indicador permanece por debajo del menor umbral. En ambas técnicas es importante que los controles produzcan el efecto suficiente como para reducir las cargas ofrecidas por debajo del umbral superior; mantener el sistema a un nivel justamente por debajo del umbral superior es en definitiva la condición deseada. Una actuación de los controles de forma no progresiva conduce a que la central opere en media en dicho nivel con una varianza posiblemente

grande de forma que los controles actúan y desaparecen de manera rápida. La actuación progresiva de los controles mantiene el mismo nivel de tráfico medio pero con menor varianza. Desde el punto de vista del abonado cuyo comienzo de llamada es aleatorio, ambas técnicas son indistintas ya que controlan el mismo número de llamadas. Los detalles de implantación de ambas técnicas pueden ser totalmente diferentes aunque siempre es más simple y por consiguiente menos cara la actuación no progresiva; la magnitud de la diferencia en coste depende del equipo de la central que se considere.

Los controles pueden clasificarse en tres grupos: de reencaminamiento, de limitación de tráfico y de congestión en los enlaces. A continuación pasamos a describir sus características.

### Controles de reencaminamiento

Los controles primarios son reencaminamiento y limitación de tráfico llamadas también acciones de expansión y protección respectivamente. Aunque el reencaminamiento implica ciertas ventajas, presenta dos inconvenientes: Elección del nuevo camino y efecto del reencaminamiento sobre la congestión de los enlaces. En efecto, cuando se trata de una sobrecarga general, el reencaminamiento solamente servirá para acrecentar la congestión ya que aumenta el número de posibilidades que se le da a cada llamada para cursarla; por el contrario, en el caso de una sobrecarga local el encaminamiento a través de áreas adyacentes a la congestionada es eficaz, siempre y cuando no se extienda la sobrecarga a dichas áreas. Ahora bien, el problema real consiste en cómo suministrar, de manera económica, un equipo que posea la capacidad o inteligencia suficiente como para encaminar las llamadas a través de áreas no congestionadas; hasta el momento actual no se han desarrollado técnicas que permitan asegurar su validez a la generalidad de esquemas de tráfico que se pueden dar en las redes; las posibles situaciones son tan numerosas que una planificación previa no es factible en términos generales. Sin embargo, el ejemplo que se expone a continuación permite asegurar que las situaciones que se dan con una cierta regularidad pueden preverse de antemano.

#### Ejemplo 1

Veamos como los distintos esquemas de tráfico que presenta la mañana y la tarde pueden tratarse mediante cambios en los métodos de encaminamiento previstos. En la figura 7 se representan las diversas zonas de una ciudad así como su diagrama de enlaces. Durante la mañana los enlaces correspondientes al distrito comercial están ocupados cursando un fuerte tráfico, mientras que durante la noche las centrales de este distrito así como sus enlaces están muy poco cargadas, sin embargo los enlaces entre las zonas residenciales del norte y del este, están prácticamente ocupados. Por consiguiente, una vez terminada la jornada de trabajo, se permite que lla-

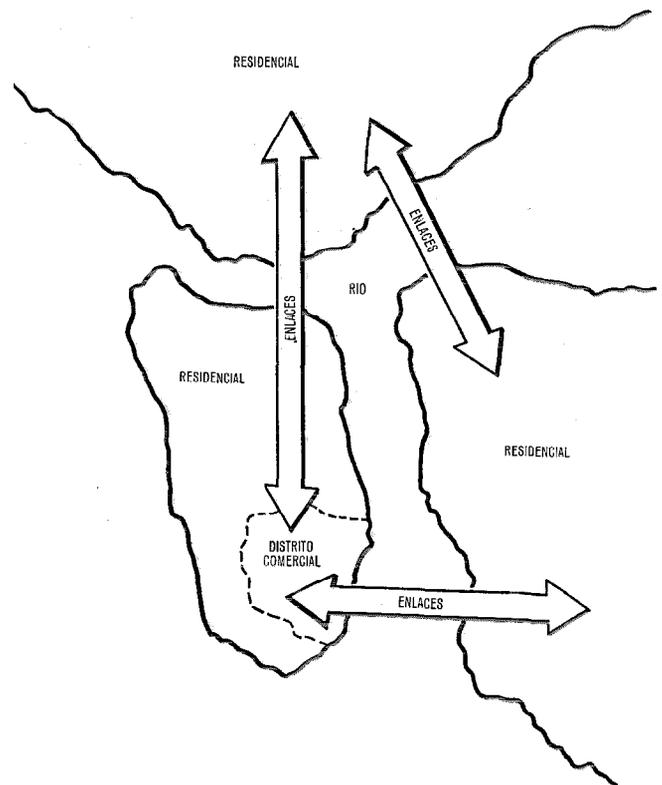


Fig. 7 Ejemplo 1: Reencaminamiento planificado.

madas entre las zonas norte y este desborden a través del equipo de la zona comercial.

Este ejemplo encuadraría mejor bajo el título general de gestión de redes que de control de redes; sin embargo, pone de manifiesto la dificultad que supondría diseñar un sistema que automáticamente descubriera el problema, lo diagnosticara como una congestión local y por último encontrara un encaminamiento que no diera lugar a ningún problema posterior. Es por lo tanto el caso general en que el coste de este sistema pesa mucho más que la utilidad que presta bajo el punto de vista de servicio y economía. Veamos un ejemplo opuesto al presentado anteriormente:

#### Ejemplo 2

La figura 8 representa la configuración de varios Centros de Conmutación Regionales en Norteamérica.

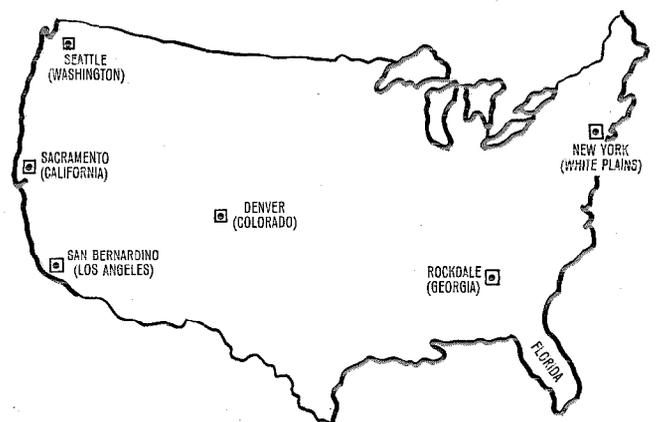


Fig. 8 Ejemplo 2: Reencaminamiento automático.

rica; estas centrales son de la categoría más alta y están completamente interconectadas. El encaminamiento jerárquico permite hacer tránsito sólomente a través de dos Centrales Regionales. Están instalados grandes grupos directos de circuitos desde Nueva York a Florida. Durante la hora cargada de la mañana en la que el equipo de la costa Oeste (con diferencia horaria de 3 horas) no se utiliza para el tráfico Nueva York—Florida se le permite utilizar Sacramento, Denver o San Bernardino como rutas alternativas. Sin embargo, esta ruta sólo está permitida si la ocupación de los grupos utilizados está por debajo de un nivel especificado y la actividad de la central de tránsito es baja. En realidad, este método de operación es el fijado durante todo el día en toda la nación. Estos reencaminamientos se permiten siempre que las condiciones de baja ocupación garanticen su viabilidad. La ventaja económica y de servicio de este sistema viene contrarrestada por el coste de mantenimiento de canales para la transmisión de información de ocupación y actividad.

Resulta dudoso que un esquema general de reencaminamiento sea económico, especialmente teniendo en cuenta que una red con rutas alternativas bien diseñada puede soportar pequeñas sobrecargas fácilmente. Las propuestas para sistemas de control general, con un centro de recogida de datos, procesamiento y control, han estado hasta ahora faltas de un algoritmo básico de amplia y probada efectividad, aún sin considerar el coste o vulnerabilidad asociada a tal centralización. La conclusión es que el reencaminamiento no es generalmente una forma atractiva de control excepto cuando entran en juego grandes distancias, que hacen el coste de la red muy grande comparado con el coste de conmutación y control, (como en el ejemplo 2) o cuando existen situaciones identificadas que se repiten (como en el ejemplo 1).

Estos comentarios no deben ser interpretados como que violaciones de la disciplina jerárquica no están a veces justificadas, ni que no estén dispuestas acciones de reemplazamiento cuidadosamente elaboradas y planificadas, cuando se presentan problemas en las instalaciones. En un caso cualquiera de reemplazamiento un plan de control automático debe restringir la congestión a ciertos límites, mientras que los métodos manuales deben actuar para mejorar el problema local. Además, las medidas que regularmente dan la situación de la red para los controles automáticos pueden proporcionar alarmas de fallo de equipo, así como datos administrativos y de ingeniería.

**Controles de limitación de tráfico**

La limitación de tráfico es el método de control generalmente más útil, aún con el aspecto negativo que lleva implícito. La experiencia ha demostrado que en el tratamiento económico y eficaz de los principales problemas que presentan generalmente las redes de conmutación con control común, los métodos de limitación de tráfico son preferibles a los de reencaminamiento.

Más aún, si no se ejerce un control excesivo, es decir, no se aplican limitaciones de forma innecesaria, el grado de servicio que permite el rendimiento económico apropiado de un sistema de comunicaciones se mantiene durante los periodos en que se ejerce el control.

En el caso específico de controles de congestión de centrales, supóngase que un indicador señala que se ha excedido el límite superior y el tráfico debe ser desviado de la central congestionada. El primer tráfico que debe recibir este tratamiento es el de desbordamiento, es decir, el tráfico que ha sido dirigido previamente a través de una ruta más directa que aquella en la que se encuentra la central congestionada.

**Ejemplo 3**

En la configuración jerárquica de la figura 9, la central 2b ha excedido su nivel de actividad y debe ser desviado el tráfico dirigido hacia ella. Las llamadas de 3a a 3b que desbordan del grupo directo de alto uso 3a—3b deberían ofrecerse normalmente al grupo 3a—2b. Sin embargo, el indicador de la central 2b obligaría a que este desbordamiento se efectuara a través del grupo final 3a—2a, debido a la existencia del grupo 2a—3b. Si el grupo 2a—3b no estuviera instalado, el tráfico desbordado de 3a—3b se encaminaría hacia una ruta de tono de ocupación inmediatamente, puesto que la otra ruta, 3a—2a—2b—3b, no es aceptable debido al problema en la central 2b. El tráfico hacia 3b proveniente de 2a, bien originado en 2a o entrante desde 3a, intentaría ser cursado a través del grupo 2a—3b y en caso de fracaso utilizaría una ruta de tono de ocupado, puesto que no existe ningún grupo 1a—3b ó 1b—3b. No existe ningún interés en permitir el acceso de las llamadas a la ruta final, puesto que la llamada llegaría a 2b a través de 1b. De manera análoga las llamadas procedentes de otras regiones serían desviadas de 2b, reduciendo los intentos de llamadas entrantes hasta que el umbral inferior de actividad fuera alcanzado.

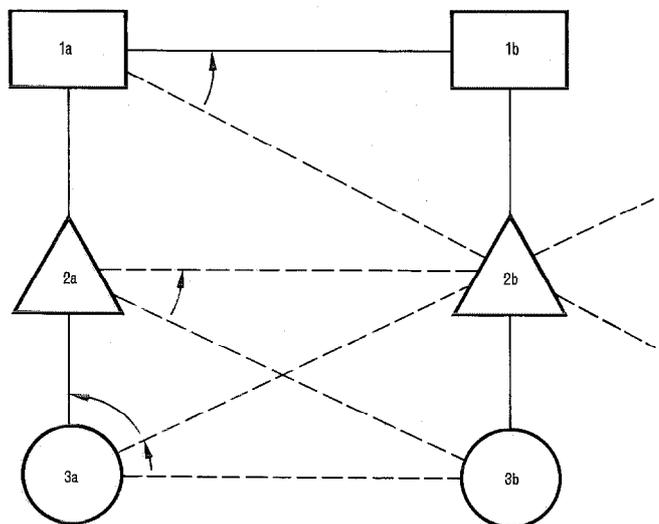


Fig. 9 Ejemplo 3: Controles de encaminamiento alternativo.

La restricción del encaminamiento alternativo cuando unas pocas centrales están congestionadas produce reencaminamiento en el siguiente sentido: con referencia al último ejemplo, supóngase que estuviera instalado un grupo 1a—3b; la congestión en la central 2b eliminaría el camino 3a—2b—3b, ofreciendo más tráfico del normal al camino 3a—2a—3b y también al 3a—2a—1a—3b, camino este más largo. Pero cuando la red está generalmente sobrecargada, es claro que estas restricciones del encaminamiento alternativo están de acuerdo con el tercer principio de gestión de redes: Mantenimiento de la eficacia de los enlaces obligando al tráfico a la utilización de rutas más directas.

Las centrales de categoría más alta en la jerarquía son especialmente vulnerables a las variaciones de tráfico en los niveles más bajos y aunque el tráfico desbordado hacia ellas no sea demasiado elevado puede que su cancelación sea eficaz para impedir la congestión de la central.

#### Ejemplo 4

El grupo 3a—3b de la figura 9 debería dimensionarse para permitir aproximadamente el 20 % de desbordamiento en cargas normales. Considérese el siguiente caso particular:

50 enlaces en el grupo 3a—3b; tráfico ofrecido de 63 Erlangs en la hora cargada a dicho grupo; no existe ningún grupo 3a—2b; el grupo 3a—2a cursa el tráfico desbordado por 3a—3b (15,6 Erlangs) además de los 5 Erlangs ofrecidos directamente de tráfico de Poisson con un grado de servicio de 0,01. De esta forma, 3a—2a contiene 31 enlaces. Un 10 % de incremento en el tráfico ofrecido a 3a—3b aumenta en un 30 % la carga total en 3a—2a, mientras que un 50 % de incremento en 3a—3b produce un incremento de 147 % en 3a—2a. Este efecto se vería incrementado en el siguiente nivel de la jerarquía. El carácter no aleatorio del tráfico de desbordamiento (mayor varianza) añade aun más dificultades al tratamiento del tráfico de picos.

Es práctica frecuente en algunas naciones no permitir el desbordamiento de grandes grupos de alto uso debido a su tendencia a sobrecargar los grupos finales, frecuentemente más pequeños, que reciben el tráfico desbordado por aquéllos. Estos grupos de alto uso que no desbordan están dimensionados con los mismos criterios de probabilidad de pérdida que las rutas finales. Esta táctica no es antieconómica puesto que la ocupación de estos grupos es alta debido a su gran tamaño, y la economía adicional obtenida utilizando una ruta final, es pequeña.

Esta sensibilidad al tráfico, creciente con la categoría de las centrales, hace de las centrales nacionales candidatos importantes para indicadores y controles. Sin embargo, si resulta insuficiente rechazar el tráfico de desbordamiento para impedir la congestión de una central, existe aún otra posibilidad de control, a saber, la restricción del tráfico directo. Esta restricción es también necesaria para redes geográficamente pequeñas con muy poco encaminamiento alternativo. Cuan-

do sobrecargas frecuentes provocan la saturación de una central, es claro que el número de enlaces que tienen acceso a esta central es excesivo, si el tráfico ofrecido a estos enlaces entrantes es normal. La solución es ocupar artificialmente o desconectar un número suficiente de enlaces para impedir que el tráfico ofrecido exceda la capacidad de la central. Este efecto puede darse cuando una central, que normalmente cursa tráfico hacia regiones geográficas con horas cargadas diferentes a través de grupos de circuitos distintos, experimenta regularmente coincidencia en las horas cargadas en las fiestas de carácter nacional; durante estas fiestas la central tiene evidentemente un número de enlaces a un nivel inapropiado. La desconexión temporal de algunos enlaces aumentará el tráfico cursado por esta central sobrecargada, durante las fiestas. Naturalmente, un control dinámico actuado y liberado automáticamente actuaría en forma más eficiente, aprovechando cualesquiera no coincidencias de ocupación entre los grupos. Al recibir la señal del indicador de sobrecarga se cancela el desbordamiento hacia la central congestionada y, caso de que resulte insuficiente, se cancela el tráfico ofrecido directamente a la central. Como los enlaces están ocupados por llamadas complementadas, estas llamadas forman una barrera natural para los nuevos intentos, pudiendo ser liberados los controles.

El número de intentos de llamada por unidad de tiempo durante la hora cargada normal, se calcula considerando valores medios de los tiempos de ocupación y de grados de servicio. Sin embargo, durante los períodos de congestión los porcentajes de llamadas completadas disminuyen; los enlaces que producen el bloqueo de los intentos de llamada están ocupados en un pequeño porcentaje por llamadas completadas; y el número de intentos de llamada crece rápidamente. Si se quiere mantener la eficiencia de la central deben restringirse los intentos de llamada hacia ella mediante reencaminamiento o restricción de tráfico, y no existe otra solución. Si la congestión se generaliza, el reencaminamiento aumenta la ineficiencia de los enlaces; la única solución es entonces la restricción general del tráfico.

Cuando los indicadores señalan peligro inminente de congestión, deben suprimirse facilidades en algunas centrales, como reintentos automáticos; o restringir la utilización de ayuda mutua o dispositivos similares, que, siendo útiles para aumentar la eficiencia a niveles normales de carga, aumenta el tiempo de servicio por llamada durante la sobrecarga. Por ejemplo, en momentos de fuerte congestión la probabilidad de éxito de un segundo intento es generalmente muy baja, supuesto bloqueo en el primer intento; es, pues, más eficaz rechazar la llamada después del primer intento. Estas acciones, además del ajuste de los tiempos de ocupación del registrador no requieren comunicación entre las centrales.

Los principios de mantener la eficiencia de los enlaces y utilizar las instalaciones existentes, conducen a un control llamado de direccionalización. Este control está basado en dos ideas.

— Intentar completar aquellas llamadas que tienen una mayor probabilidad de ser completadas por estar más próximos a su destino.

— Completar aquellas llamadas que ya han utilizado alguna parte de la red (transmisión o conmutación).

La direccionalización de los circuitos de rutas finales hacia los niveles más bajos de la jerarquía de preferencia a aquellas llamadas que han hecho tránsito en una o más centrales y han utilizado equipos de transmisión, sobre aquellas nuevas llamadas que aparecen en la red. Durante los períodos de congestión este sistema entra en funcionamiento dando preferencia al tráfico dirigido hacia las centrales de menor nivel en la jerarquía.

### Ejemplo 5

Una central, equipada con el indicador de congestión descrito previamente, podría cancelar primero el encaminamiento alternativo cuando se alcanza el nivel de congestión. Si la congestión persiste, el control debe rechazar más tráfico, debiendo considerarse primero el tráfico proveniente de las centrales de menor nivel, reduciendo los intentos de llamada a la mitad, por ejemplo. (Si la congestión continúa se requerirá una limitación de todas las fuentes. Esta situación puede presentarse cuando ha habido una avería importante en el equipo).

### Ejemplo 6

En problemas de congestión que se presenten con regularidad debe utilizarse direccionalización planificada. Algunos de los enlaces bidireccionales pueden ser transformados en unidireccionales o bien ocuparse artificialmente. Como en ejemplos anteriores, los controles automáticos son más eficaces actuando solamente cuando aparecen los problemas.

### Ejemplo 7

Una direccionalización automática puede aplicarse a un grupo final modificando en forma que permita la llegada de nuevo tráfico dirigido hacia las centrales de categoría más alta en la jerarquía, solamente cuando existe un número fijo de enlaces libres en el grupo. Este número determina la rigidez del control y es generalmente de dos o tres. Si el grupo está muy cargado solamente son aceptadas las llamadas dirigidas hacia las centrales de nivel más bajo, y si la sobrecarga persiste durante un cierto período de tiempo, el grupo solamente cursará este tipo de llamadas.

El efecto favorable producido por la puesta en funcionamiento de cualquier tipo de direccionalización depende de las distintas probabilidades de completar los tráficos dirigidos hacia los niveles superiores e inferiores de la jerarquía. Por tanto durante condiciones de sobrecarga general, su uso es más útil en los niveles bajos de la jerarquía de la red, donde el tráfico dirigido hacia estos niveles puede estar considerablemente más cerca de su destino que el tráfico dirigido hacia los niveles más altos (originado).

El último principio de gestión, utilizar las instalaciones disponibles, puede ser útil cuando la congestión no es general. Sin embargo, el atractivo que presenta desde el punto de vista de tráfico debe ser contrastado con el aspecto real de los costes de implantación. Como en cualquier propuesta para aumentar la capacidad de tráfico en una red mediante cambios en el encaminamiento, el coste asociado a la implantación de estos cambios debe ser comparado con el coste necesario para obtener el mismo incremento de capacidad de tráfico mediante la extensión de las instalaciones existentes. Este principio es francamente distinto de los otros tres (impedir congestión de la central, confinar la congestión local, impedir la congestión en los enlaces), en el sentido de que, si no es utilizado, no se presentan problemas tan graves como los que pueden derivarse de la no aplicación de los otros principios. Es, sin embargo, un principio básico de un buen plan de gestión de redes.

Se han dado dos ejemplos al respecto. En el ejemplo 1 se mostró la utilización de equipo disponible según un plan previamente establecido; este ejemplo era económicamente atractivo debido a la facilidad de introducir los cambios necesarios para hacer tránsito en las centrales de los distritos comercial y residencial. En el ejemplo 2, se describió un sistema automático con referencia específica al tráfico Nueva York—Florida. Este equipo opera en grupos finales entre muchos pares de centrales regionales (cinco de las once centrales regionales se han mostrado en el ejemplo 2), con un conjunto preseleccionado y ordenado de puntos de tránsito por cada par. (A las llamadas se les permite elegir un grupo directo de alto uso desde el punto de tránsito distante hacia sus puntos de destino). La información del estado de actividad de la central distante y de la ocupación de los grupos finales entre centrales regionales se transmite a la central llamante a través de canales telegráficos especializados. En la central de origen, unos circuitos lógicos permiten establecer este camino de circunvalación cuando todos los tramos de la ruta tienen carga inferior a la normal. Este equipo resulta económico para la red norteamericana debido a que las distancias, y por tanto los costes de transmisión, son muy grandes comparados con los costes de conmutación. Se está considerando la implantación de un sistema análogo para regiones más restringidas, para el tráfico regional que presenta cambios suficientemente regulares en su distribución. Este sistema era controlado manualmente antes de su automatización; se trataba esencialmente de un reencaminamiento temporal pero basado en indicadores distantes de baja ocupación.

Con la introducción de sistemas de conmutación controlados por ordenador deberían ser consideradas varias acciones de alto nivel, cuya implantación en centrales convencionales completamente electromecánicas sería muy difícil. (Se incluyen entre aquellas las unidades básicamente electromecánicas que gobiernan por procesador sus funciones de traducción y encaminamiento). Los controles más significativos son aquellos que dependen del destino de la llamada, particu-

larmente útiles en la congestión local. Se describirán en la sección Controles Automáticos y Avanzados.

### Ejemplo 8

El terremoto que devastó Alaska hace varios años, cortó los medios de comunicación entre USA—Canadá y Alaska. La ruta final hacia Alaska desde USA era a través de la central regional de Seattle, Washington (parte más occidental de USA) (véase Fig. 8). Los intentos repetidos, destinados a Alaska y sin ninguna posibilidad de completar, se concentraron en la central de Seattle, congestionándola y perturbando el tráfico regional, normalmente atendido por la central de Seattle y sus centrales asociadas. La congestión se extendió a otras centrales que recogían el tráfico destinado a Alaska a través de Seattle. Transcurrió algún tiempo antes de que en todas las centrales de la red pudieran modificarse los traductores para encaminar las llamadas dirigidas a Alaska hacia los circuitos especiales de anuncios. Los traductores electrónicos, que están siendo instalados en las centrales más importantes, tienen la capacidad de restringir llamadas a un código especificado (de 3 ó 6 dígitos) rechazando el 25, 50, 75 ó 100 % de las llamadas. Esta característica se introduce eléctricamente y puede ser comprobada a distancia.

Cancelando los intentos de llamada hacia el área gestionada en puntos próximos a sus fuentes, el número de intentos repetidos en cada central sería suficientemente bajo como para no producir problemas. Sin embargo, es difícil reconocer automáticamente que se está produciendo una situación de este tipo y proporcionar la lógica apropiada para comprobarla. Un método (viable para su implantación en sistemas electrónicos) consiste en medir en cada central su proporción de llamadas completadas hacia cada región (definida por códigos de área), y de ésta forma reconocer un problema en fase de desarrollo. Sin embargo, una congestión que aparezca regularmente en una localidad puede ser tratada con eficacia en centrales distintas, mediante aplicación manual de controles que actúen según el código de destino.

### Controles de congestión en enlaces

Se ha observado que frecuentemente la congestión en una red comienza como congestión en los enlaces, produciendo un incremento en el número de intentos repetidos, que finalmente conducen a una congestión en la central (ver figura 4 de la referencia [3]). Se ha sugerido como solución para el problema de congestión de redes y como una alternativa al dispositivo de control el dimensionar para una sobrecarga especificada. Esta propuesta resulta intuitivamente atractiva debido a que parece mejor invertir en equipo que curse tráfico adicional, más que en controles. Sin embargo aparecen algunas dificultades en esta sugerencia. Es el hecho de que un 10 % de incremento en el equipo (o un 20 % como también se ha propuesto) es bastante más costoso que los controles descentralizados descritos. Es-

ta solución no es realista, puesto que pocas administraciones encuentran posible mantener la eficiencia con las demandas de servicio, y ciertamente no podían encontrar capital para dimensionar el equipo con anticipación suficiente a la demanda. Sin embargo, aunque las redes nacionales y urbanas fueran dimensionadas con este criterio, o incluso si las rutas principales o finales fueran sobredimensionadas, podrían aparecer sobrecargas de tráfico varias veces superiores en intensidad a las cargas normales. Para estas sobrecargas la red dimensionada trabajaría ligeramente mejor que la dimensionada normalmente, pues estaría sujeta al mismo problema de saturación ya descrito cuando fuera excedida su máxima capacidad. Naturalmente, la red sobredimensionada alcanzará la saturación a un nivel mayor de sobrecarga. La cuestión no está en cambiar la máxima capacidad a un valor 10 ó 20 % más alto (solución demasiado cara), sino en garantizar que cualquier red (dimensionada con mayor o menor generosidad), mantiene su máxima capacidad.

Haciendo una pequeña digresión para ver el caso opuesto a una red sobredimensionada, la red infradimensionada requerirá frecuentemente el uso de los controles de red para mantener su capacidad disponible, aún si esta capacidad está muy por debajo de las normas usuales. La recomendación de hacer uso de la posibilidad de utilización de controles solamente cuando la demanda de caminos de conversación ha sido satisfactoria es erróneo y perjudicial, puesto que la red no está trabajando de acuerdo con su capacidad ni en cuanto al servicio, ni en cuanto a rendimiento económico.

En las secciones previas se han asociado íntimamente los indicadores con las condiciones de la central, considerándose primordial la idea básica de impedir la congestión de las centrales, puesto que una reducción en la capacidad de conmutación conduce a una infrautilización de los enlaces. En redes nacionales en las que existen grandes distancias entre las centrales, la inversión en equipo de transmisión es mayor que en equipo de conmutación y se mantiene la idea básica anterior. Cuando el volumen de inversión en transmisión sea demasiado grande, deberá ser considerado el sobredimensionado del equipo de conmutación. Cuando se consideran redes urbanas o nacionales en naciones geográficamente pequeñas, la inversión en estas áreas está más equilibrada y pueden resultar atractivos los controles activados por ocupación de los enlaces.

Puesto que en redes con rutas alternativas los grupos finales deben ser dimensionados para probabilidades de bloqueo muy bajas, generalmente de las pocas centésimas, la aparición de un bloqueo elevado es una indicación clara y sensible de que se ha producido un problema. (Para una discusión sobre la sensibilidad de los indicadores en función de la ocupación de los grupos de enlaces, y la necesidad de medidas diferentes en grupos finales y de alto uso, ver referencia [15]). Sin embargo, a excepción de la protección para el tráfico que utiliza como única alternativa el grupo final, no resulta útil la restricción de más tráfico hacia el grupo

cuando no existe ningún problema inminente de conmutación.

**Ejemplo 9**

En la figura 10a se ha detallado una parte de la figura 9. Se ha dado dos flujos de tráfico (tráficos punto a punto), uno el que ofrece la central 3a a la central 3b, y el otro aquella parte del tráfico ofrecido por 3a que debe utilizar la ruta final 3a—2a cualquiera que sea la central de destino. Suponiendo que los grupos de alto uso desbordan el 20 % de tráfico y existe un bloqueo del 5 % en los grupos finales, solamente el 1 % del tráfico de 3a a 3b queda bloqueado, debido a la multiplicidad de caminos de que dispone. (Nótese que el 20 % del tráfico 3a—3b es ofrecido a 3a—2b; que del tráfico ofrecido a 3a—2b desborda a su vez el 20 %, es decir 4 % del total, que en la ruta final solamente se pierde un 5 % de este 4 %, es decir, 0,2 % y 3,8 % se le ofrece al grupo 2a—3b. Considerando solamente las rutas representadas en la figura 10, se cursa el 98,8 % del tráfico ofrecido 3a—3b). El tráfico de 3a, que solamente dispone como ruta saliente del grupo 3a—2a, tiene ya un bloqueo del 5 %. Cuando existe sobrecarga, el grado de servicio para este tráfico directamente ofrecido a la ruta final empeora más rápidamente que el de los tráfico que utilizan caminos múltiples. (Ver ejemplo 4 para los efectos que las sobrecargas en los grupos de alto uso tienen en los grupos finales). Para igualar los grados de servicio puede dividirse el grupo 3a—2a en otros dos, como se indica en la figura 10b, en la cual el tráfico 3a—2a accede primero al "grupo de protección" y desborda a continuación al "grupo final común". El tráfico que ha desbordado del grupo de alto uso, tiene acceso solamente al grupo final común. Ajustando las dimensiones de estos dos grupos, se iguala el servicio a niveles de carga normal y se protege el tráfico directo durante las sobrecargas.

La partición del grupo final en los grupos común y de protección introduce una pérdida de rendimiento puesto que para una misma probabilidad de bloqueo la carga admitida por enlace aumenta con el tamaño del haz. El método para obviar esta dificultad y para proporcionar un control eficaz de la sobrecarga se ilustra en el siguiente ejemplo.

**Ejemplo 10**

La igualación del grado de servicio puede ser obtenida negando al tráfico de desbordamiento el acceso al grupo 3a—2a de la figura 10a, cuando el número de enlaces libres es inferior a un nivel especificado, en lugar de efectuar la partición del grupo indicada en la figura 10b. Nunca es denegado al tráfico directo el acceso cuando existen enlaces libres. El coste del equipo requerido para introducir esta técnica ha resultado inferior al debido a la pérdida en el rendimiento de la ocupación de los enlaces que resultan de dividir el grupo final único [3].

Este control presenta la ventaja adicional de restringir el encaminamiento alternativo cuando el grupo final se sobrecarga excesivamente. Si la sobrecarga persiste durante cierto tiempo, el grupo final cursará exclusivamente tráfico directo. Este grupo ha sido implantado en Norteamérica y Europa. (Ver referencia [11], págs. 387).

El control que acaba de describirse utiliza como indicador la ocupación del grupo final. Nótese que éste es otro ejemplo de toma de acción como resultado de una indicación instantánea y que opera en forma completamente binaria.

Se ha propuesto generalmente un método similar, pero que presenta serias dificultades. Este método sugiere que, siempre que sea posible, no se utilicen los "n" últimos enlaces disponibles, a menos que la llamada no disponga de alternativa; o que cuando la ocupación de un grupo excede un nivel especificado, la llamada sea reencaminada a través de otros grupos. La justificación intuitiva de la adopción de estas medidas está basada en el deseo de no ocupar la única ruta de que dispone un tipo particular de llamada, obligando a la producción de intentos repetidos. Sin embargo se comprende fácilmente que este método extendería la congestión de los enlaces mediante el reencaminamiento de las llamadas a través de rutas de gran longitud en lugar de su confinamiento a las rutas directas.

**Controles automáticos avanzados**

Hasta aquí se han discutido los controles manuales y automáticos. Los controles automáticos tienen dos ventajas significativas sobre los manuales.

- Los controles automáticos están siempre disponibles para la actuación, incluso durante períodos en los que no serían normalmente requeridos, como en caso de emergencia o en fallo del equipo.

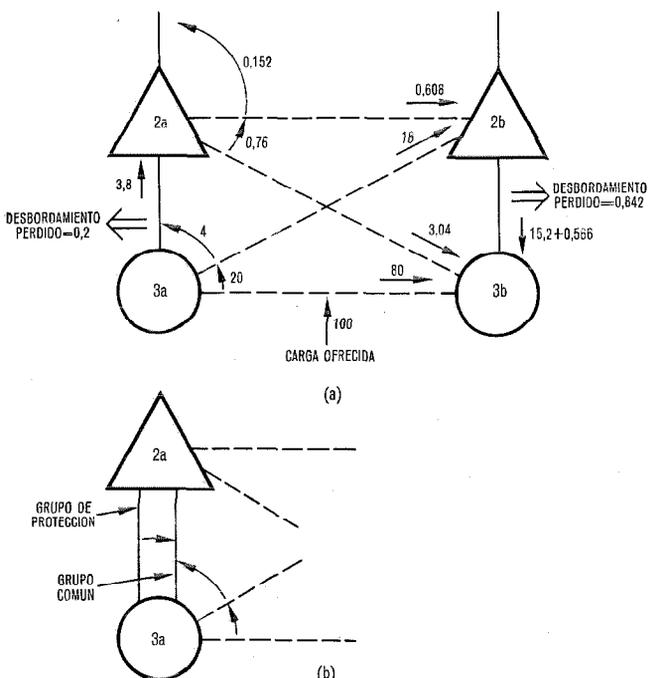


Fig. 10 Actuación del control según la ocupación de enlaces.

— Los controles automáticos operan más eficazmente que los manuales. Por ejemplo, sólo se requieren las restricciones automáticas en encaminamiento alternativo durante períodos de sobrecarga que pueden durar unos pocos minutos, seguidos de grandes períodos de inactividad.

La protección de servicio en problemas imprevistos y el incremento de eficiencia justifican el gasto adicional de la operación automática. La instalación inicial de controles manuales proporciona un buen período de prueba para determinar qué controles garantizan el funcionamiento correcto del equipo automático. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el tiempo de reacción humano es demasiado lento para mantener las centrales en su nivel eficaz de operación si ocurre una sobrecarga inesperada o un fallo en el equipo.

Cuando los problemas de congestión son locales, los controles de limitación de tráfico deben mantener los reintentos próximos a sus puntos de origen con lo que se evitará la congestión de las centrales periféricas. En el ejemplo del terremoto de Alaska, la aplicación manual de los controles regionales fue efectiva para dispersar los intentos. Desde entonces los trabajos que se han realizado demuestran que es posible obtener una mejora en el comportamiento de la red si se utilizan los controles selectivos automáticos que pueden implantarse en las centrales controladas por procesador. En este tipo de centrales se puede contar el número de llamadas completadas hacia cada área definida por su prefijo así como por los códigos de sus centrales, para luego determinar las tasas de llamadas completadas. Utilizando valores históricos correspondientes a las llamadas que terminan en línea ocupada o que no contesta, se realiza una identificación en tiempo real de las "áreas difíciles de alcanzar". Esta facilidad de poder determinar áreas difíciles permite usar controles selectivos, que son versiones automáticas y más refinadas de los controles de congestión en los enlaces y en la central discutidos anteriormente.

Cuando una central comprueba que existe congestión en los enlaces de una ruta que cursa tráfico entrante, en un área cuya tasa de llamadas completadas es peor que la establecida en un primer criterio, solamente se restringe el tráfico hacia al área que utiliza dicha ruta. Si a la congestión en los enlaces no se une el hecho de que el área es difícil de alcanzar, los controles selectivos no se actúan. Si la congestión fuera más elevada que la permitida en un segundo criterio, todo el tráfico encaminado por rutas alternativas estaría bajo control como en el caso del ejemplo 10; caso de que este tráfico fuera pequeño, se pondría bajo control el tráfico que utiliza ruta directa.

Cuando el indicador de actividad de una central identifica congestión en su propia unidad (bien sea electromecánica o de control por procesador) el tráfico hacia esa central procedente de la central controlada mediante procesador debe disminuirse restringiendo primero el tráfico destinado a áreas difíciles de alcanzar; si no basta este control, se debe imponer a todos los tráficos hacia esa central restricciones de tipo simi-

lar, comenzando por aquellos que utilizan rutas alternativas.

Para las dos técnicas de control que se han descrito en el caso de sobrecargas de tipo local, las simulaciones han demostrado que restringiendo inicialmente el tráfico cuya probabilidad de llamadas completadas es más baja y limitando posteriormente todos los demás tráficos caso de que el control selectivo no sea lo suficientemente poderoso, se obtiene un comportamiento mejor de la red que si se aplicaran controles generales en todas las ocasiones. Estas conclusiones se resumen en la figura 11 que se reproduce aquí con permiso [16]; el modelo representa 3 regiones organizadas en tres niveles jerárquicos, con una carga de 8 veces la normal dirigida a la central más baja en la jerarquía. Ya que la figura 11 representa los resultados totales para la red, el efecto de los controles sobre la central congestionada queda un tanto obscurecido. A partir del mismo estudio [17] se obtiene que el efecto de los controles selectivos sobre las tasas de llamadas completadas del área sobrecargada (punto B de la figura 11) quedan multiplicadas por un factor igual a 2 sobre el caso de operar sin controles (punto A), mientras que la tasa de llamadas completadas del área (punto B) es tres veces superior. Utilizando una definición analítica de la capacidad de la red, resulta claro que las técnicas de gestión de redes son económicamente factibles para las centrales controladas por procesador [18].

Las ventajas que poseen las centrales controladas por procesador para reconocer áreas difíciles de alcanzar puede utilizarse por las centrales electromecánicas adyacentes con el fin de regular la aplicación de los controles generales, o también por las centrales equipadas con traductores alterables para controles selectivos; las centrales modernas pueden así operar como centros de información de redes para su región.

### Centros de control

Revisando los principios y los métodos de implantación presentados hasta aquí, es evidente que estos

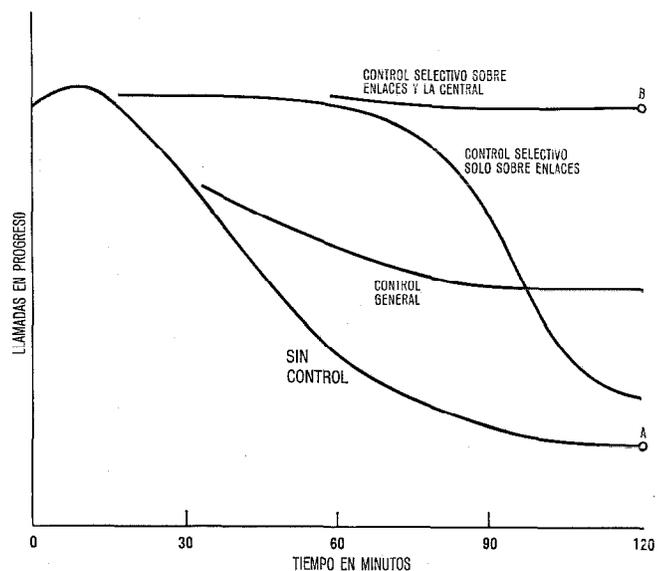


Fig. 11 Controles selectivos automáticos (Sobrecarga local, 8 veces la normal).

controles operan con tal independencia entre ellos, que los datos de tráfico y las órdenes de control se envían únicamente a las centrales adyacentes (es decir, directamente conectadas mediante grupos de enlaces), y que puede obtenerse un control muy eficaz sin el gasto que lleva consigo un centro nacional de administración de redes trabajando en tiempo real. ¿Qué datos debería recibir un centro de este tipo; cómo deberían ser procesados; qué decisiones deberían ser tomadas para proporcionar una mejora de servicio significativa y económica en un plan de control descentralizado?

Desgraciadamente, la administración de redes ha sido rechazada por algunas administraciones como un lujo caro, debido a esta falsa imagen con que se la ha presentado, como gran sistema centralizado, probablemente gobernado por un gran computador y manteniendo canales de transmisión de datos a todas las centrales. Como se ha mostrado, la instalación gradual de controles locales, comenzando en aquellas áreas que presenten problemas graves y cubriendo ocasionalmente la red, puede llevarse a cabo con un gasto reducido, y producir mejoras considerables en el servicio y en los ingresos. Asimismo, la independencia de las áreas locales respecto a controles centralizados disminuye la vulnerabilidad de la red a los problemas planteados por la pérdida de un único centro muy potente de administración de redes.

El tipo de instalación centralizada es útil en varias aplicaciones:

- Restauración del servicio en caso de fallo o avería en el equipo. Un centro de administración de redes puede servir muy bien como centro de consulta en planes de restauración del servicio para áreas con una comunidad de intereses en lo que respecta a equipo de planta y tráfico; como centro monitor para la elección entre planes, basado en el tráfico de la red; y como centro ejecutivo para dar órdenes de las acciones de restauración. (Los indicadores de tráfico identificarán frecuentemente un problema en el equipo mucho antes que los departamentos de planta).
- Redistribución manual como en los ejemplos 1 ó 2. Cuando las diferencias en la hora cargada son suficientemente grandes así como las longitudes de los circuitos implicados, puede ser modificado el encaminamiento para adaptarse a las situaciones cambiantes de tráfico, vistas desde un punto de control central.
- Requisitos militares. El ejército requiere frecuentemente información sobre el estado de la red y su comportamiento cuando dicha red forma parte del plan estratégico; asimismo, los planes de restauración militares son generalmente más severos que los civiles. Como la economía en una red militar puede no ser un factor muy importante, la provisión de un centro de control demasiado complejo está justificada por razones distintas a la mejora en la economía y el servicio.

Las aplicaciones anteriores indican que existe diferencia en el orden de magnitud en cuanto al tiempo

entre el control efectuado localmente y el iniciado por un centro de control, y por esta razón los valores medios de los datos pueden transmitirse al centro con alguna demora, produciendo así ahorro en la transmisión.

### Ejemplo 11

El indicador de cola descrito en ejemplos anteriores es de lectura instantánea (no de valor medio) y produce la cancelación inmediata del tráfico (independientemente de que el control se aplique o no progresivamente). Para este control se requiere un canal de servicio permanente hacia la central, subentendida desde la central qui origina la orden de control. De manera análoga, el cambio de los tiempos de los registradores salientes, los reencaminamientos para utilizar el equipo disponible, etc., requieren señales inmediatas de datos y control para resultar eficaces. Por contraste, en la restauración se necesita elegir una entre dos rutas para cursar el tráfico bloqueado por una avería. El examen visual de dispositivos que reflejen el estado de ocupación en el centro de gestión de redes sería adecuado para indicar la elección apropiada. Pero en este caso la renovación de datos cada minuto o más sería suficiente, y, por tanto, serían innecesarios canales en servicio permanente.

Un centro nacional no requiere informes detallados de cada región para proporcionar suficiente información a los encargados del centro para tomar decisiones a nivel nacional. Los centros regionales deberían mantener dentro de sus límites los datos locales que se utilizan en las acciones.

### Gestión de redes urbanas

Una red urbana o local debe ser considerada como una red separada, con problemas similares y a la vez diferentes de los de una red nacional, y como la porción que completa una red nacional.

Considerando primero este último punto, la red nacional depende totalmente de las centrales locales para el establecimiento de las llamadas. Por tanto, en el sentido de direccionalización del tráfico, es importante dar cierta prioridad a las llamadas que abandonan la red nacional y entran en la red local congestionada.

Si la tasa de llamadas completadas en una red local no es buena, el único recurso de la red nacional es impedir la congestión en sus instalaciones restringiendo los intentos en sus fuentes en toda la nación, o en las entradas a la red interurbana. Como resultado existe una pérdida de ingresos. Una alternativa poco satisfactoria es sobredimensionar la red nacional (tanto transmisión como conmutación), para absorber los intentos repetidos y las ocupaciones adicionales improductivas; la administración telefónica de la red nacional paga entonces la baja calidad de la red local. Las redes locales contienen centrales terminales conectadas exclusivamente a líneas de abonados y enlaces hacia otras centrales locales; pueden contener también centrales de tránsito con enlaces únicamente, y unidades

combinadas con conmutación terminal y de tránsito a la vez. La congestión puede resultar debida a intentos originados o terminados en una central terminal, o intentos hacia una central de tránsito; para unidades combinadas, los intentos originados podrían perturbar las funciones de tránsito, etc. Pueden identificarse dos diferencias importantes entre redes locales y nacionales:

- En centrales terminales el tráfico originado puede ser controlado únicamente negando el servicio. (No existe equivalente en una red nacional).
- En redes locales las inversiones son mayores en conmutación que en transmisión, y debido a la existencia de un gran número de centrales locales, es necesaria la modificación del equipo para control de tráfico en muchas centrales.

Tratando primero el problema de una central local congestionada por intentos originados, es claro que el único control posible es la denegación del servicio, sin posibles paliativos. El abonado recibirá una mejora en el servicio mediante la implantación de controles, independientemente de que la sobrecarga sea debida a un incremento temporal del tráfico, un fallo temporal en el equipo o una situación crónica debida a una asignación excesiva de abonados. Estas ideas son consecuencia de las propiedades de los sistemas con control común descritas anteriormente: una central (o red de centrales) tiene una capacidad máxima determinada, y ofrecer intentos que excedan esta capacidad resultará en una operación menos eficiente. Cuando los intentos de los abonados asignados a una central local exceden la capacidad de ésta, la central opera en forma poco eficiente a una capacidad inferior a su máxima, produciendo aumento en el número de intentos repetidos [19].

### Ejemplo 12

En una central local sin controles y con una asignación excesiva de abonados, se producen a veces demoras de varios minutos en la recepción de tono de invitación a marcar durante los períodos cargados del día. La proporción de tráfico cursado en estos períodos es inferior a su valor máximo, dependiendo de cada central particular la magnitud de esta diferencia. Agrupando a los abonados según cuatro controles y denegando el servicio secuencialmente a cada uno de los grupos durante períodos de varios minutos, se reduce artificialmente el número de abonados en una cuarta parte, reduciendo el tráfico ofrecido a valores inferiores a la capacidad de la central. (Debido al crecimiento gradual de demanda insatisfecha en el grupo controlado, la reducción real es menor que una cuarta parte. Asimismo, abonados especiales, como policía, hospitales, etc., están incluidos en un quinto grupo no controlado). La central volverá a trabajar a su máxima capacidad, y la demora media para obtener tono de invitación a marcar puede ser de un minuto (o muy inferior, dependiendo nuevamente de cada central particular). Aunque esta técnica pueda ser implantada en forma manual o automática, la señalización del pe-

ligro inminente de congestión debería ser automática, para iniciar el control.

El éxito de controles como éste depende de los hábitos de los abonados y de la calidad de servicio que reciben normalmente. Si los abonados esperan generalmente varios minutos, la mayor parte de ellos estarán esperando cuando el control de su grupo se ha liberado y se habrá ganado muy poco. En este caso, enviando un tono especial a los abonados que demandan servicio cuando su grupo está bajo control, puede convencerseles de que efectúen el intento posteriormente, puesto que sólo pueden obtener el tono de invitación a marcar después de liberar su línea.

El control descrito anteriormente, no sólo mantiene el grado de servicio en las centrales locales individuales, sino que impide la extensión de la congestión asegurando que la central local podrá cursar el tráfico terminado proveniente de otras centrales o de la red nacional. El coste del equipo local debe ser comparado con la mejora de servicio local, el incremento de ingreso procedente de los tráficos interurbano e internacional y el ahorro en enlaces de las redes nacional y local debido a la disminución de intentos ineficaces.

Las sobrecargas en una central local debidas al tráfico terminal son raras, puesto que el número de enlaces entrantes a una central local es pequeño comparado con el número de líneas de abonado. La congestión en estos enlaces producirá problemas en otras centrales locales (debidos a los intentos repetidos), y en centrales de tránsito incapaces de cursar llamadas hacia esa central local. Estas centrales de tránsito tendrán los mismos problemas que las centrales de una red nacional en lo que se refiere a la congestión tanto en los elementos de conmutación como en los enlaces, y al mantenimiento de un nivel de rendimiento apropiado. Las soluciones son muy similares a las presentadas anteriormente, excepto en lo que respecta al bajo coste en la transmisión entre centrales de señales de control y de indicación del estado. Cuando se combinan el tráfico local y de tránsito en una misma central, es esencial la protección de las operaciones de tránsito contra las sobrecargas de la central local.

La organización de redes urbanas es tan importante como pueda serlo el diseño de redes nacionales; y, como en redes nacionales, los principios de administración de redes pueden a la vez mejorar el servicio y aumentar los ingresos. Si una red urbana es suficientemente pequeña como para permitir la interconexión total de las centrales locales operando en forma satisfactoria y económica, los únicos problemas son la congestión de tráfico originado y la baja proporción de llamadas completadas para el tráfico terminal proveniente de otras centrales locales o de la red nacional.

Muchas áreas urbanas grandes emplean actualmente centrales de tránsito debido a la economía que ofrece esta técnica. Si el área utiliza únicamente tránsito directo (es decir sin encaminamiento alternativo), la protección del servicio para las centrales de tránsito es

esencial debido a que existe un gran número de flujos de tráfico punto a punto dependientes de ellas. Es particularmente importante estar prevenido frente a situaciones en las que la central de tránsito tiene un número excesivo de enlaces debido a que se ha aprovechado la circunstancia de la no coincidencia en las horas cargadas de los grupos de enlaces de las zonas comerciales y residenciales.

Como las áreas urbanas crecen continuamente y comienzan a proporcionar servicio de tipo urbano a las zonas circundantes, muchas de ellas se beneficiarán de la introducción del encaminamiento alternativo como un paso más hacia la utilización eficiente de las instalaciones. Existen dos esquemas de organización general de centrales de tránsito con este fin, agrupamiento en el origen y agrupamiento en la terminación, cuyas características de comportamiento en situaciones de sobrecarga son realmente diferentes.

En el primer caso, agrupamiento por origen, la central local dirige el tráfico hacia la central distante a través de un grupo directo, si existe tráfico suficiente para justificarlo económicamente. Si no existe grupo directo o está totalmente ocupado, las llamadas son encaminadas a través de la central de tránsito situada en el mismo sector que la local originante. Esta central de tránsito debe tener enlaces hacia cada central local en el área urbana. La figura 12a ilustra esta situación para llamadas salientes del sector A al sector B. Nótese

que no hay más que un punto de tránsito para cada camino utilizado por una llamada urbana.

Puesto que los grupos de circuitos entrantes a las centrales de tránsito representan tráfico combinado de las centrales locales (tráficos de desbordamiento y directamente ofrecido a la central de tránsito cuando los grupos directos no estén justificados), son generalmente mayores y por tanto de mayor rendimiento que los grupos salientes pequeños y numerosos. Puesto que los grupos de circuitos tienen una capacidad más limitada para aceptar sobrecargas, actúan como una barrera para el tráfico de la central de tránsito, limitando los intentos repetidos hacia ella durante una sobrecarga, mientras que los enlaces salientes están dispuestos para completar todas las llamadas establecidas por la central de tránsito. De esta manera un sistema de agrupamiento por origen tiene una característica muy estable de sobrecarga, naturalmente impidiendo la congestión de la central.

Las centrales locales en un sistema de agrupamiento por terminación (ver Fig. 12b) utilizan la central de tránsito en el sector para completar llamadas que no puedan ser operadas directamente. En este caso los grupos de enlaces salientes de la central de tránsito (o terminal) son mayores y de mayor rendimiento que los grupos entrantes más fragmentados. Cuando existe una sobrecarga los grupos más cargados tienden a llenarse primero, llegando a la desagradable situación de tener los grupos de enlaces entrantes presentando intentos repetidos a la central de tránsito, y los salientes ocupados.

Aunque los esquemas de agrupamiento por origen y terminación pueden ser controlados mediante las técnicas propuestas anteriormente, el agrupamiento por origen es un esquema preferido tanto por su condición intrínseca de impedir la congestión de la central como por el hecho de ser menor el número de grupos entrantes que deben ser controlados.

En muchas de las ciudades más grandes del mundo debería considerarse la posibilidad de establecimiento de una red con utilización extensiva del encaminamiento alternativo en el área urbana. Realmente, algunas redes urbanas pueden representar mayores inversiones que las redes nacionales y deberían, por tanto, sacar provecho de cualquier camino que condujera a la economía y la mejora del servicio.

Con dos niveles de jerarquía, estas redes locales se integran muy bien en las redes nacionales y proporcionan métodos ordenados y económicos para aceptar el considerable aumento telefónico esperado en las décadas siguientes. Como las redes nacionales con rutas alternativas, son flexibles en su capacidad para cursar tráficos con situaciones cambiantes y son controladas fácilmente por los mismos métodos utilizados en las redes nacionales (ver ref. [1], párrafo 9.1).

Es conveniente hacer algunas reflexiones sobre las redes locales en las que una sobrecarga fuerte se ha convertido en crónica. Estas redes causan verdaderos problemas a las redes nacionales y frecuentemente también al tráfico internacional. El único recurso es descargárselas, generalmente cambiando los abonados exis-

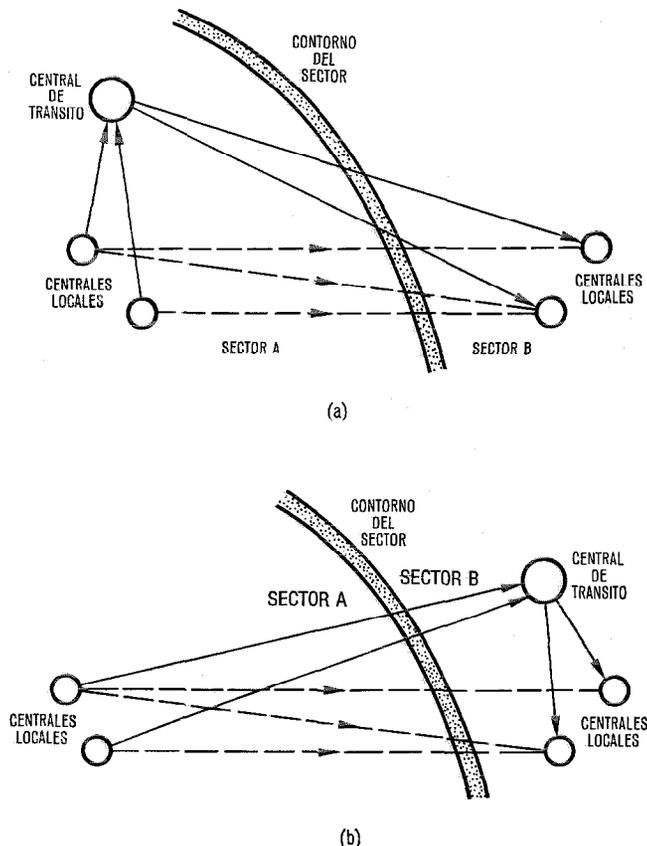


Fig. 12 Organización del encaminamiento alternativo a través de un único tránsito en redes urbanas.  
 a) Agrupamiento en origen  
 b) Agrupamiento por terminación.

tentes a nuevas centrales, retrasando el servicio a nuevos abonados. El mantenimiento de la calidad de servicio para la mayor parte de la población de abonados existentes es preferible a ofrecer un servicio deficiente a nuevos abonados. En una planificación a largo plazo, la actitud más favorable de la administración hacia el grado de servicio, y el incremento económico resultante, provocarán un crecimiento más rápido de las instalaciones [20].

### Gestión de redes internacionales

Los planes para la red automática internacional deberían incluir la función de administración de redes. Mediante el establecimiento de un sistema de administración de redes al principio de su desarrollo, pueden evitarse la mayor parte de los problemas que han plagado las redes nacionales. (El grupo de estudio XIII/2 del CCITT tiene la responsabilidad del desarrollo de una recomendación). Tanto los principios básicos como la forma de implantarlo ya explicada para las redes nacionales, es apropiada a las redes internacionales. En este caso los costes excesivamente grandes de transmisión justifican fácilmente la inversión en equipo de administración de redes.

A escala internacional existen algunos problemas más difíciles que a escala nacional:

#### Cooperación internacional

Las administraciones pueden aceptar o no el contribuir a los costes de equipo; e incluso con equipo instalado, las administraciones pueden elegir ser controladas, cuando sea necesario, o pueden rehusar limitar su tráfico, llenando la red con tráfico inapropiado mientras las administraciones que cooperan controlan el suyo propio. Los objetivos y las posibilidades de la gestión de redes internacionales puede frustrarse a causa de una administración importante que no coopere.

#### Probabilidades de completar llamadas

Se sabe que las redes nacionales difieren grandemente en los grados de servicio que presentan al exterior; en algunos casos, la congestión en el área urbana es muy fuerte. La administración de redes debe adquirir una visión realista de estas condiciones e impedir que las instalaciones internacionales se congestionen con intentos repetidos hacia áreas cuyas tasas de llamadas completadas son muy bajas. Desde el punto de vista de una administración operativa con un buen grado de servicio, es más caro trabajar con una nación que proporciona mal grado de servicio que con una que lo proporciona bueno, puesto que debe sobredimensionar sus posiciones de operadora, equipo de conmutación y transmisión, para cursar los intentos repetidos. (En una reunión reciente del CCITT, el autor sugirió repartir el ingreso de las llamadas internacionales en función de las calidades de servicio relativas a las dos naciones involucradas).

### Señales de gestión de redes

Dedicar canales en circuitos intercontinentales a la administración de redes puede resultar demasiado caro. Sin embargo, es necesario llegar a un acuerdo para dar una alta prioridad a estas señales, incluso a veces de prioridad más alta para instalaciones de señalización, o en caso contrario la gestión de redes no podrá operar durante períodos de sobrecarga.

### Controles de operadora

Puesto que durante varios años habrá probablemente un volumen de tráfico manual elevado debido a tráfico manual y semiautomático, los cuadros de operadora deben ser controlados, especialmente para impedir el establecimiento de caminos de circunvalación cuando existe congestión en la red. Los intentos de controlar a las operadoras mediante señales luminosas no parecen ser aceptables, debido a que las operadoras tienden a establecer sus llamadas sin hacer caso de las instrucciones.

### Llamadas preferenciales a completar:

La direccionalización es particularmente importante, tanto para tráfico manual como automático. El llegar a acuerdos puede ser difícil debido a las complicaciones introducidas por las tarifas y las distancias.

### Resumen

Las redes modernas de comunicaciones operan con un grado de servicio mejor y en forma más económica si son controladas mediante sistemas de gestión de redes. La implantación de estos sistemas puede llevarse a cabo de una forma gradual y no centralizada. Una inversión muy moderada proporcionará controles apropiados. La gestión de redes se requiere tanto para redes correctamente dimensionadas como para las subequipadas, y las redes locales, nacionales e internacionales deberían seguir los principios de administración de redes para mantener la calidad de servicio en todo momento.

### Referencias

- [1] CCITT: "Local Telephone Networks, julio 1968, Chapter VI, Section 9", informes de Working Party XIII/2 on International Network Management.
- [2] Walter Helly: "Two Stochastic Traffic Systems Where Service Times Increase With Occupancy"; Operation Research, 1964, págs. 951-963.
- [3] P. J. Burke: "Automatic Overload Controls in a Circuit-Switched Communications Network"; the Fifth International Teletraffic Congress, 1967, Nueva York.
- [4] E. Szybidki: "Approximate Methods for Determination of Overload Ability in Local Telephone Systems" Seventh International Teletraffic Congress, 1973, Estocolmo. También será publicado en "Comunicaciones Eléctricas" en breve.
- [5] Y. Nakagome y H. Mori: "Flexible Routing in the Global Communication Network"; Seventh International Teletraffic Congress, 1973, Estocolmo.
- [6] C. J. Truit: "Traffic Engineering Techniques for Determining Trunk Requirements in Alternate Routing Trunk Networks"; Bell System Technical Journal, marzo 1954.
- [7] M. Segal: "Traffic Engineering of Communications Networks with a General Class of Routings Schemes"; Fourth International Teletraffic Congress, julio 1964, Londres.
- [8] J. H. Weber: "Some Traffic Characteristics of Communications Networks with Automatic Alternate Routing"; Bell System Technical Journal, marzo 1962, págs. 769-796.

- [9] J. H. Weber: "A Simulation Study of Routing and Control in Communications Networks"; Fourth International Teletraffic Congress, 1964, Londres.
- [10] L. A. Gimpelson y J. H. Weber: "UNISIM — A Simulation Program for Communications Networks"; Fall Joint Computer Conference, octubre 1964, San Francisco.
- [11] Ch. Grandjean: "Estrategias de encaminamiento de llamadas en redes de telecomunicación"; Comunicaciones Eléctricas; Vol. 42 (1967), No. 3, págs. 20—28. También "Call Routing Strategies in Telecommunications Networks", Fifth Teletraffic Congress, 1967, Nueva York.
- [12] L. A. Gimpelson: "Analysis of Mixtures of Wide and Narrow Band Traffic", IEEE Transactions on Communication Technology, septiembre 1965, págs. 258—266.
- [13] R. I. Wilkinson y R. C. Radnik: "The Character and Effect of Customer Retrials in Intertoll Circuit Operation"; Fifth International Teletraffic Congress, 1967, Nueva York.
- [14] P. Le Gall: "Sur le modele du Trafic Téléphonique avec Repetition d'appels"; Commut. et Electron., Vol. 28, enero 1970.
- [15] A. Descloux: "Variability of the Proportion of Unsuccessful Attempts in Loss Systems" Fourth International Teletraffic Congress, 1964, Londres.
- [16] W. B. Macurdy: "Network Management in the United States — Problems and Progress"; Seventh International Teletraffic Congress, 1973, Estocolmo.
- [17] D. G. Haenschke: Session speaker's oral remarks for Network Management Session of Seventh International Teletraffic Congress, 1973, Estocolmo.
- [18] R. L. Franks y R. W. Rishel: "Optimum Network Call-Carrying Capacity"; BSTJ, septiembre 1973.
- [19] J. L. Laude "Local Network Management"; Proceedings of the National Electronics Conference (NEC), Vol. XXIV, diciembre 1968.
- [20] L. A. Gimpelson: "Planificación de comunicaciones para países en desarrollo"; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 48 (1973), No. 4, págs. 379—384. También "Communications Planning for Developing Countries"; Proceedings of Institute of Management Sciences Meeting, Tel Aviv, 1973.

Lester A. Gimpelson ha sido nombrado recientemente Director Técnico Adjunto de Conmutación en el Departamento Técnico de ITTE. Anteriormente había ocupado el cargo de Director Técnico Adjunto para Planificación de Redes en ITT, así como el de Director de Planificación de Redes de INTELPLAN, compañía asociada a ITT. Actualmente es responsable de la planificación de los sistemas de conmutación, así como la planificación de las telecomunicaciones en su aspecto de conmutación.

Ingresó en ITT en diciembre de 1968 desde los Laboratorios de Bell Telephone, donde ocupó el cargo de supervisor del Centro de Investigación de Tráfico. Ha estado en la Facultad de la Universidad de Miami (Coral Gables), ha dado conferencias en IBM y ha estado en el departamento de investigación de la Compañía British Thomson Houston (Rugby, Inglaterra), así como en el Centro de Investigación de Cambridge de las fuerzas aéreas norteamericanas.

Mr. Gimpelson recibió los grados de B. S. (1957), M. S. y E. E. (Ingeniería Eléctrica) en el Instituto de Tecnología de Massachusetts donde desempeñó el cargo de profesor en Ingeniería Eléctrica.

# Multiplicadores de frecuencia de guiaondas delgadas (slimguide) para aplicaciones en microondas

Los multiplicadores de frecuencia de microondas que utilizan guiaondas de modo de propagación dominante requieren guiaondas de tamaño diferente para los filtros de entrada y salida, lo que hace la unidad mecánica y eléctricamente compleja. Los multiplicadores construidos según la técnica de guiaondas delgadas o SLIMGUIDE®, que utilizan el modo de propagación evanescente, tienen la ventaja de utilizar sólo un tamaño único de guiaondas. Otras ventajas incluyen una mejor característica y un tamaño más pequeño que sus equivalentes de modo de propagación dominante.

J. S. DAHELE  
D. R. HILL

Standard Telecommunication Laboratories Ltd., Harlow, Inglaterra

## Introducción

Los multiplicadores de frecuencia se utilizan ampliamente en los sistemas de comunicaciones, y por encima de 4 GHz la utilización de guiaondas como medio de transmisión tiene unas ventajas notables, principalmente su mayor factor Q sin carga. Sin embargo, un guiaondas de propagación trabaja en el modo dominante sólo en un margen de frecuencias limitado, lo que hace necesario utilizar diferentes tamaños de guiaondas para los filtros de entrada y de salida. Esto tiene unas desventajas evidentes tanto mecánicas como eléctricas.

Utilizando técnicas de modo de propagación evanescente, es posible diseñar multiplicadores de frecuencia que pueden realizarse con guiaondas de un solo tamaño. Además de su sencillez mecánica, volumen reducido y bajo coste, estos multiplicadores son eléctricamente superiores a sus correspondientes de modo dominante.

Se ha construido un cierto número de multiplicadores de frecuencia en la técnica Slimguide® que incluyen un doblador de baja potencia con una frecuencia de salida de 15 GHz y una cascada de alta potencia formada por dos dobladores integrados, con una frecuencia de salida de 7,6 GHz.

## Multiplicadores de frecuencia

El funcionamiento de un multiplicador de frecuencia está basado en las propiedades no lineales de un diodo varactor que es simplemente un dispositivo de unión pn que actúa como un condensador no lineal. Existen dos tipos básicos de diodo varactor: aquellos que poseen una unión pn brusca y los que la tienen gradual. La unión brusca está caracterizada por una variación de capacidad incremental

$$C = \frac{dq}{dV} = \frac{K}{(V + V_c)^{1/2}}$$

donde

K constante para el diodo en particular

$V_c$  potencial de barrera

V tensión aplicada en la dirección no conductora.

Para la unión difusa o gradual, se verifica:

$$C = \frac{dq}{dV} = \frac{K}{(V + V_c)^{3/4}}$$

Para el margen de tensiones comprendido entre la

tensión de ruptura inversa y el potencial de barrera, las anteriores relaciones se mantienen de una manera precisa para ambos tipos de varactores. Para este margen de tensiones, la máxima carga  $\Delta q_{max}$  que puede almacenarse, viene dada por:

$$\Delta q_{max} = \int_{-V_c}^{V_b} C(V) dV$$

que puede expresarse como

$$\Delta q_{max} = \frac{3}{2} C_{min} (V_b + V_c) \text{ para la unión gradual}$$

y  $\Delta q_{max} = 2 C_{min} (V_b + V_c)$  para la unión brusca donde

$C_{min}$  capacidad para la tensión de ruptura inversa  
 $V_b$  tensión de ruptura inversa.

Los varactores pueden transferir una carga más considerable que la anterior a altas frecuencias excitando el diodo en la región de conducción durante cortos intervalos. En este caso, la corriente de conducción directa se almacena como carga que puede extraerse en el semiciclo de conducción inversa. La experiencia ha demostrado que la máxima carga almacenada en estas condiciones puede exceder el valor dado por las anteriores fórmulas en un factor de 10, ó más, y esto refuerza la no linealidad. De esta manera, en respuesta a una onda senoidal de frecuencia  $f$ , considerada como frecuencia fundamental, el diodo genera frecuencias superiores que son armónicos relacionados con  $f$ .

## Guiaondas de modo evanescente

Un guiaondas rectangular trabajando en su modo fundamental de propagación, permitirá una onda  $H_{01}$  solamente en un margen de frecuencias limitado. El límite inferior de frecuencia es la frecuencia de corte del guiaondas, ésta corresponde a una longitud de onda

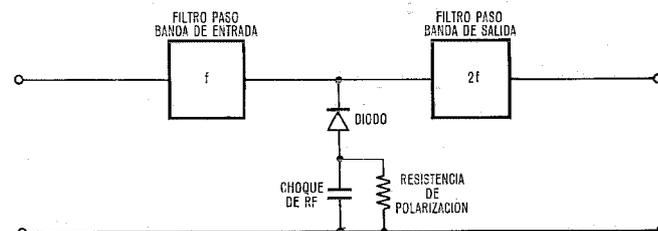


Fig. 1 Dobrador de frecuencia.

© Marca registrada del Sistema ITT.

de  $\lambda_c = \lambda = 2a$ , donde  $a$  es la anchura del guiaondas. El guiaondas permitirá la propagación de un modo superior cuando  $\lambda_c = a$ . Por esta razón, el margen de frecuencias recomendado de un guiaondas de propagación es inferior a una octava.

Por debajo de su frecuencia de corte, la impedancia de entrada de un guiaondas es puramente inductiva. El coeficiente de propagación es real y una longitud significativa de tal guiaondas introducirá una atenuación considerable debido a las reflexiones. Sin embargo, si este guiaondas se adapta de una manera conjugada, puede transferirse toda la energía. La transferencia de energía en estas condiciones es sensible a la frecuencia y la red que se muestra en la figura 2 se comporta, pues, como un filtro paso banda. El análisis muestra que la impedancia es real en la banda de paso y que los límites de frecuencia  $f_1$  y  $f_2$ , en los que la impedancia es infinita y cero, son, respectivamente:

$$f_1 = \frac{\tanh \gamma l/2}{2\pi Z_0 C_1}$$

$$f_2 = \frac{\coth \gamma l/2}{2\pi Z_0 C_1}$$

La frecuencia central  $f_0 = \sqrt{f_1 f_2}$  viene dada por:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi Z_0 C_1}$$

y la impedancia imagen a  $f_0$  es

$$Z_{10} = Z_0 \sqrt{\tanh \gamma l/2}$$

Por lo tanto, puede realizarse un filtro paso banda utilizando guiaondas por debajo de su frecuencia de corte. La reactancia inductiva de tal guiaondas se sintoniza colocando tornillos capacitivos en el guiaondas. Un guiaondas de esta naturaleza actúa como una red de constantes concentradas.

### Aplicación de la técnica Slimguide® a los multiplicadores de frecuencia

El medio de propagación del modo evanescente es aperiódico, lo que se traduce en una transformación más gradual de la impedancia a lo largo de su longitud haciendo más sencilla la síntesis de los filtros, la integración de los dispositivos activos y la compensación de la temperatura.

El  $Q$  ( $Q_n$ ) no cargado de los componentes de guiaondas del tipo Slimguide® depende de la relación de la frecuencia de corte a la frecuencia de trabajo. Por ejemplo, un guiaondas de cobre que trabaja a un cuarto de la frecuencia de corte, tiene un  $Q_n$  de, aproximadamente, 4.000. Este es inferior que el correspondiente al modo dominante, pero superior que el que puede obtenerse a las frecuencias de microondas con línea coaxial o con líneas en bandas (stripline). El volumen del

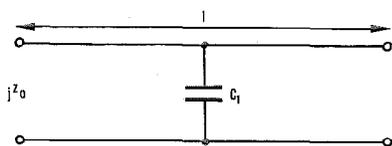


Fig. 2 Circuito equivalente de una longitud de guiaondas que trabaja más allá del corte.

componente es menor que el del guiaondas correspondiente de modo dominante.

En general, los multiplicadores de frecuencia no necesitan ser de banda extremadamente estrecha. De hecho, por razones de estabilidad no es deseable hacerlos de banda estrecha, por tanto, la atenuación del multiplicador será normalmente baja ( $Q_n/Q_c$  puede ser grande para anchuras de banda de un pequeño porcentaje).

Los multiplicadores de frecuencia pueden considerarse como un caso especial de mezcladores reactivos y, en consecuencia, si el diodo no lineal puede ver 3 cargas resonantes tales que la suma de dos de las frecuencias resonantes sea igual a la tercera, es posible generar una resistencia negativa. Dependiendo de la carga, esta resistencia negativa puede dar lugar a oscilaciones o a incremento del ruido.

De lo anterior se deduce que es evidentemente deseable controlar las resonancias dentro de los circuitos del multiplicador para evitar estos efectos. La pendiente de reactancia monótona de los componentes Slimguide® contribuye poderosamente a obtener un funcionamiento del multiplicador satisfactorio.

Cuando se utilizan guiaondas de modo dominante para los filtros de entrada y salida de un multiplicador de frecuencia, ha de diseñarse una adecuada interconexión mecánica y eléctrica. Sin embargo, utilizando la técnica Slimguide®, es posible utilizar guiaondas de las mismas dimensiones para ambos filtros, con lo que se evita la interconexión mecánica. El filtro de salida puede ser un guiaondas de modo dominante o del tipo Slimguide®. Por tanto, la técnica Slimguide® es un medio eminentemente adecuado para la realización de multiplicadores de frecuencia.

### Consideraciones de diseño de los multiplicadores de frecuencia

Normalmente, el diodo multiplicador (por ejemplo, un varactor) se monta en una barra cruzada entre los dos filtros. La adaptación se efectúa, en primer lugar, controlando la longitud de los resonadores adyacentes al diodo. El ajuste fino de la adaptación, por ejemplo, para compensar las pequeñas variaciones en los parámetros del diodo que se presentan entre diversos ejemplares, se realiza introduciendo un tornillo de sintonía entre el diodo y cada filtro. Tal diseño, provee una estructura multiplicadora integrada con filtros terminados de manera óptima, lo que da la máxima supresión de las frecuencias no deseadas.

Antes de diseñar un multiplicador de frecuencia es necesario determinar los requisitos de potencia de entrada y salida ya que ésto fijará la configuración total del multiplicador. Por ejemplo, si el requisito es para un multiplicador X4 de alta potencia, dos soluciones son posibles: bien un multiplicador de una sola etapa X4, o una cascada de dos dobladores. Para aplicaciones de alta potencia, la primera solución, ordinariamente, no es realística ya que impone severos requisitos en la tensión de ruptura y en las posibilidades de disipación de potencia del diodo. Además, la eficacia de conver-

sión de tales multiplicadores es relativamente baja a no ser que se empléen circuitos especiales (idler circuits). Pero éstos hacen más crítico el diseño del circuito y la sintonía. Por tanto, para multiplicadores de alta potencia con un amplio factor de multiplicación, la mejor solución es, generalmente, una cascada de dobladores integrados.

Decidido el orden de multiplicación, la frecuencia de entrada y los requisitos de potencia, puede seleccionarse un diodo [1] que cumpla los requisitos en términos de su tensión de ruptura, eficacia de conversión y resistencia térmica.

**Diseño de filtros de modo evanescente**

Las técnicas de diseño de los filtros de modo evanescente se hallan en la actualidad totalmente establecidas y bien documentadas [2, 3]. Aunque no se pretende repetir aquí este trabajo, se darán, sin embargo, a continuación los resultados teóricos más importantes.

Una longitud de guiaondas trabajando por debajo de la frecuencia de corte, puede representarse por la matriz:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh \gamma l & jZ_0 \sinh \gamma l \\ \frac{\sinh \gamma l}{jZ_0} & \cosh \gamma l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

donde

- $I_1$  e  $I_2$  corrientes de entrada y salida, respectivamente
- $V_1$  y  $V_2$  tensiones de entrada y salida, respectivamente
- $Z_0$  impedancia característica
- $\gamma$  constante de propagación

$$\gamma = \frac{1}{c} (\omega_c^2 - \omega^2)^{1/2}$$

$$\text{y } Z_0 = \mu c \omega (\omega_c^2 - \omega^2)^{-1/2}$$

donde

- $\mu$  permeabilidad
- $c$  velocidad de la luz
- $\omega_c$  pulsación de corte del guiaondas.

En la figura 3 se muestra el circuito equivalente de componentes concentrados de la matriz de transmisión.

Cuando este circuito está cargado capacitivamente a ambos extremos, representa una sección de filtro. Pueden colocarse en cascada varias secciones de este tipo y entonces la admitancia del resonador  $K^o$ , con una capacidad de sintonía concentrada  $C_K$ , viene dada por

$$-\frac{j}{Z_0} (\coth \gamma_0 l_K + \coth \gamma_0 l_{K+1}) + j\omega_0 C_K = 0$$

donde  $\gamma_0$  es el valor de  $\gamma$  a  $f_0$ .

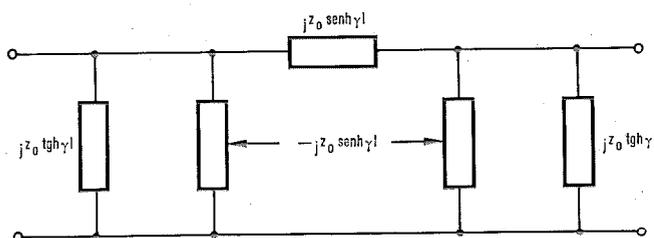


Fig. 3 Circuito equivalente de la matriz de transmisión.

El equivalente concentrado de este resonador tiene entonces la admitancia:

$$Y_{\alpha K} = \frac{1}{Z_0} \left[ \frac{\coth \gamma_0 l_K + \coth \gamma_0 l_{K+1}}{\Delta} - \frac{\gamma_0}{2(\omega_c^2/\omega_0^2 - 1)} \left\{ l_K (\coth^2 \gamma_0 l_K - 1) + l_{K+1} (\coth^2 \gamma_0 l_{K+1} - 1) \right\} \right] \left( p + \frac{1}{p} \right)$$

donde  $\Delta$  es un factor de corrección que relaciona la anchura de banda de un resonador de modo evanescente con el circuito resonante paralelo concentrado equivalente y viene dada por

$$\Delta = \frac{2}{1 + (1 - \omega_0^2/\omega_c^2)^{-1}}$$

y  $p = j\omega/\omega_0$ .

La admitancia  $Y_{\alpha K}$  está, pues, relacionada con la admitancia concentrada de un filtro paso banda equivalente derivado de un prototipo paso bajo. La forma del filtro paso banda se obtiene suponiendo transformadores e inversores de impedancia ideales.

Así,

$$Y_K t_K^2 = Y_{\alpha K}$$

donde

$$Y_K = Q_B A_K \left( p + \frac{1}{p} \right)$$

y

$$Q_B = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$$

$A_K$  coeficiente  $K$ -ésimo de la red en escala paso bajo.

$t_K$  relación de espiras del transformador ideal  $K$ -ésimo.

Luego

$$Z_0 \sinh \gamma_0 l_K = \frac{1}{t_{K-1} t_K}$$

y

$$Z_0 \sinh \gamma_0 l_1 = \left[ \frac{Y_1}{t_0^2 Y_{\alpha 1}} \right]^{1/2}$$

Por lo tanto, conociendo  $f_0$ , la anchura de banda a  $-3$  dB, la atenuación fuera de banda y el rizado dentro de la banda, pueden obtenerse de las tablas los coeficientes del filtro y determinarse los valores de  $l$ . Físicamente,  $l$  es la reparación de los tornillos capacitivos en el guiaondas.

**Compensación de temperatura**

En los filtros de modo evanescente hay dos elementos distintos dependientes de la temperatura, como puede verse en la ecuación de la resonancia:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi Z_0 C}$$

Tanto  $Z_0$  como  $C$  varían con la temperatura.

Para guiaondas rectangulares:

$$Z_0 = \frac{b}{a} A \left[ 1 - \left( \frac{\lambda}{\lambda_c} \right)^2 \right]^{-1/2}$$

donde:

$b$  dimensión estrecha del guiaondas

$a$  dimensión ancha del guiaondas

$A$  constante.

Para un cambio fraccional  $\delta$  en las dimensiones, debido a un cambio de temperatura, el valor de  $jZ_0$  por debajo del corte, viene dado por:

$$jZ_0' = \frac{b(1+\delta)}{a(1-\delta)} \frac{A}{\left[ \left\{ \frac{\lambda}{2a}(1+\delta) \right\}^2 - 1 \right]^{1/2}}$$

Sustituyendo este valor de  $Z_0'$  en la ecuación

$$f_0 = 1/2 \pi Z_0 C$$

y resolviéndola para el cambio en la longitud de onda resonante, da:

$$\delta < \Delta \lambda_0 < 2 \delta.$$

El efecto de la temperatura en la frecuencia de resonancia de una sección de filtro puede mantenerse pequeña haciendo el tornillo de sintonía del mismo material que el guiaondas. Sin embargo, con objeto de componer exactamente el cambio de las dimensiones del guiaondas, el tornillo debe hacerse de un material con coeficiente de expansión por temperatura más pequeño que el del guiaondas. Según esto, la capacidad de carga del extremo, debida al tornillo, puede hacerse decreciente a medida que la temperatura aumenta, compensando así el aumento de la inductancia del guiaondas. Puede conseguirse una compensación casi exacta en un margen moderado de temperaturas [2].

**Montaje del diodo**

Al montaje del diodo se le pide que cumpla 3 funciones simultáneamente:

- Asegurar la máxima transferencia de potencia al varactor, a la frecuencia fundamental.
- Asegurar la máxima transferencia de potencia del varactor a la carga de salida, para la frecuencia de salida.
- Presentar una baja resistencia térmica en serie con el varactor.

Idealmente, el montaje debe cumplir las dos primeras funciones eficazmente en una amplia banda de frecuencias.

Se han investigado experimentalmente un cierto número de diseños de montaje de diodo y el tipo de barra cruzada que se muestra en la figura 4 ha proporcionado de manera constante altas eficiencias y las mayores

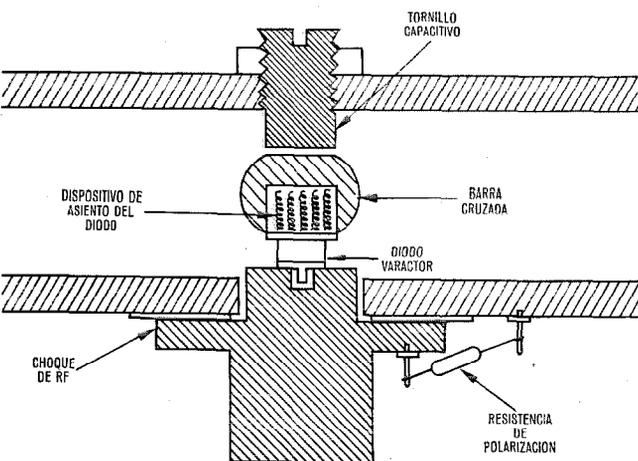


Fig. 4 Sección transversal del montaje del diodo.

anchuras de banda. Todos los multiplicadores descritos en este artículo tienen un montaje de este tipo de diseño.

Se ha demostrado [4] que el circuito equivalente aproximado de una barra cruzada en un guiaondas de modo dominante, es como se muestra en la figura 5a. Para la técnica Slimguide®, esto nos lleva a la figura 5b. Cuando la barra cruzada está situada en posición central entre las dos caras anchas del guiaondas, entonces  $C_1 = C_2$  y  $L_1 = L_2$ . De aquí puede deducirse que el circuito equivalente del montaje de diodo Slimguide® que contiene un solo diodo, como el representado en la figura 4, es como se muestra en la figura 5c. El circuito equivalente del varactor se ha simplificado para una capacidad de trabajo  $C_c$  y una resistencia de conversión  $R_c$ . La longitud de línea de transmisión  $l$  representa una combinación de las inductancias del diodo y del montaje. Las susceptancias  $-jB_L$  son las correspondientes a las inductancias  $L_1 = L_2$ , y el tornillo de sintonía situado debajo de la barra cruzada se convierte en las susceptancias capacitivas  $jC_a$  y  $jC_b$ , donde  $C_b$  es la capacidad debida a la barra cruzada y  $C_a$  es debida a la perturbación del campo causada por la penetración del tornillo en el guiaondas.

El problema de la determinación de los valores de  $L$ ,  $C_a$  y  $C_b$  no ha sido resuelto todavía. Pueden determinarse valores para  $C_c$  y  $R_c$ , pero a las frecuencias de microondas resultan modificados tan considerablemente por los parásitos de la envoltura y del montaje que los

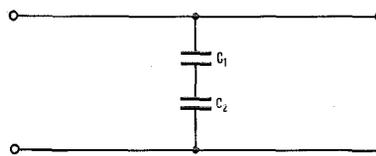


Fig. 5a Circuito equivalente de una barra cruzada en guiaondas de modo dominante.

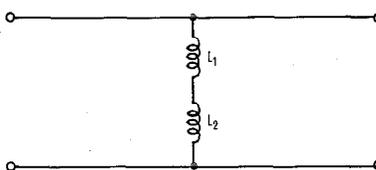


Fig. 5b Circuito equivalente de una barra cruzada en un guiaondas de técnica Slimguide®.

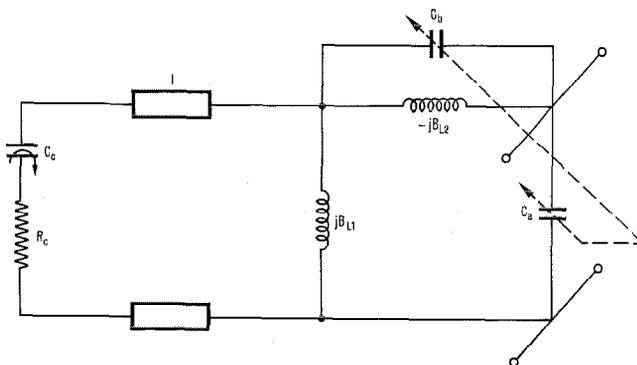


Fig. 5c Circuito equivalente de un montaje de barra cruzada con diodo en técnica Slimguide®.

valores reales de la resistencia de conversión y de la capacidad de trabajo tienen escaso parecido con los valores esperados.

La falta de un conocimiento detallado de los parámetros del montaje de la barra cruzada hacen esencial la solución empírica del problema, pero el conocimiento de la forma del circuito facilita la rapidez del diseño.

### Bucles de acoplamiento

Los acoplamientos de entrada y salida pueden realizarse utilizando bucles de acoplamiento con su característica inherente de banda relativamente ancha, como se indica en la figura 6. Se obtiene la máxima anchura de banda llegando de forma experimental a la relación óptima entre la capacidad de sintonía de la cavidad principal y la capacidad de sintonía del bucle, cuando se consigue la resonancia de la cavidad.

### Realización del multiplicador

La realización del multiplicador de frecuencia puede dividirse en un número de operaciones separadas. En primer lugar, pueden diseñarse los filtros de entrada y salida, teniendo en cuenta la anchura de banda necesaria y la pureza espectral fuera de banda. Además, pueden diseñarse los transformadores de adaptación de coaxial a guiaondas evanescente o de guiaondas dominante a guiaondas evanescente. Las características de cada uno de estos componentes pueden optimizarse y verificarse antes de integrarlos en un multiplicador completo. La compensación de temperatura puede también introducirse en esta etapa.

A las frecuencias de microondas, la impedancia del varactor puede con frecuencia estar fuertemente influenciada por la geometría del montaje y por consiguiente cualquier estimación o medida de la impedancia es de escasa utilidad a no ser que se haga utilizando el montaje final y con el nivel de potencia y frecuencia de trabajo deseados. Teniendo ésto en cuenta, se ha encontrado, en la práctica, más satisfactorio utilizar métodos empíricos para determinar el diseño final del montaje del diodo juntamente con la integración del diodo en los filtros.

En la práctica, es deseable trincar los filtros cerca del plano del tornillo de sintonía adyacente al diodo. De esta forma, añadiendo juntas separadoras, puede conseguirse el máximo ajuste para la longitud de esta cavidad. Para ajustar y probar el filtro es necesario utilizar un adaptador de longitud adecuado con objeto de completar la cavidad.

Como se mencionó anteriormente, el montaje de diodo con barra cruzada está demostrado que es el que proporciona la mayor anchura de banda del multiplicador.

Si se hace trabajar al guiaondas considerablemente más allá de su frecuencia de corte, la barra cruzada puede representar una susceptancia grande en paralelo con el diodo. Puede, pues, ser ventajoso proveer extensiones de barra cruzada, en forma de líneas coaxiales, de forma que los cortocircuitos en el extremo de la barra cruzada aparezcan como circuitos abiertos en el

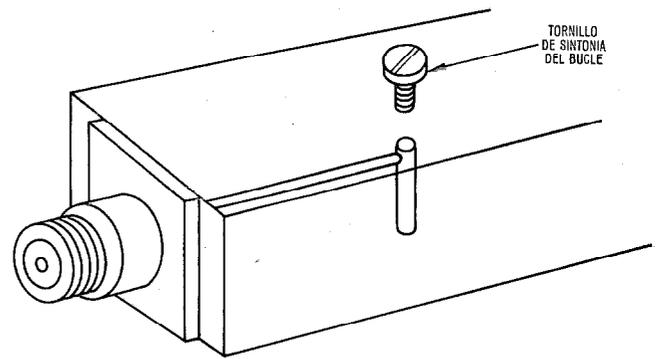


Fig. 6 Transformador de coaxial a guiaondas.

plano del diodo. Además de las propiedades transformadoras de la barra cruzada, actúa también como un vehículo de disipación del calor desde el diodo a las paredes del guiaondas.

### Procedimiento de ajuste

Los filtros de entrada y salida se ajustan juntamente con los transformadores necesarios de adaptación al sistema de medidas coaxial o de guiaondas de modo dominante. Los transformadores de adaptación, juntamente con la extensión de la cavidad, se quitan luego de cada filtro y los filtros se acoplan al montaje del diodo en el cual ha de ir equipado el diodo. El espacio entre el diodo y los tornillos de sintonía adyacentes se ajusta para obtener la mayor potencia de salida. Sólo es necesario ajustar estos tornillos y los del montaje del diodo. En esta etapa, se recomienda colocar una resistencia de polarización ajustable.

### Características

A continuación se presentan las características de dos multiplicadores Slimguide®. El primero es un doblador de baja potencia con una frecuencia de salida en la banda de 15 GHz y el segundo está formado por una cascada de dos dobladores de alta potencia con una frecuencia de salida en la banda de 7,6 GHz.

### Doblador de 15 GHz

Esta unidad es un multiplicador formado por un solo diodo que está montado en el centro de una barra cruzada soportada entre las caras estrechas del guiaondas. El filtro de entrada de tres secciones está construido en la técnica Slimguide® y el filtro de salida es un filtro de modo dominante formado por tres secciones acopladas mediante iris. Ambos filtros están construidos con guiaondas de la misma sección transversal (WG 18) lo que da al multiplicador simplicidad mecánica.

El diodo se autopolariza utilizando una resistencia fija que está desacoplada de las radiofrecuencias mediante un choque radial de circuito abierto.

Las figuras 7 y 8 muestran las características de los filtros de entrada y salida obtenidas mediante un sistema de medidas de guiaondas de modo dominante

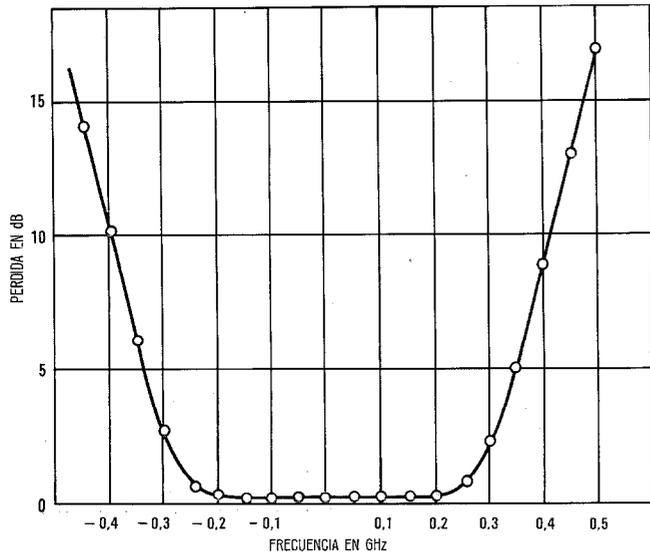


Fig. 7 Respuesta del filtro de entrada de modo evanescente para el doblador de frecuencia de 15 GHz.

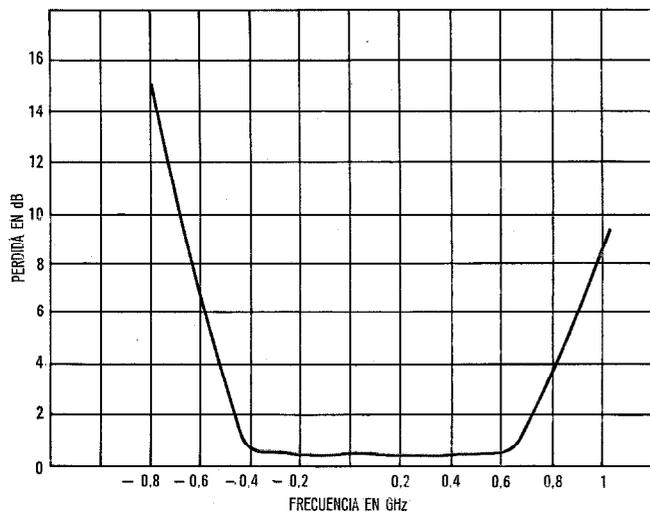


Fig. 8 Respuesta del filtro de salida de modo dominante del doblador de salida de 15 GHz.

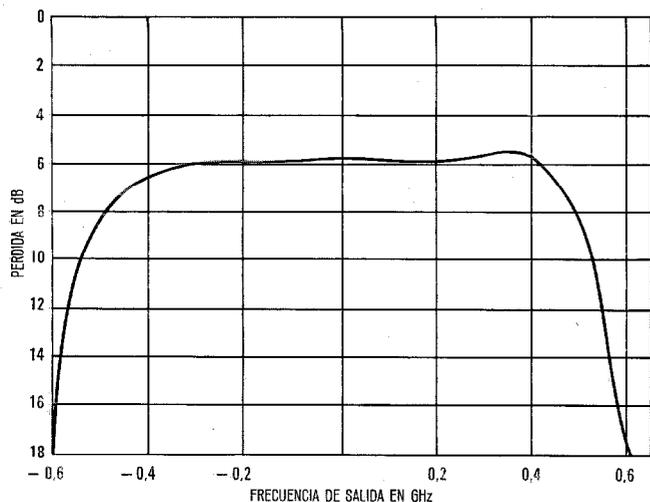


Fig. 9 Respuesta del doblador de frecuencia completo de 15 GHz.

adaptado. La figura 9 muestra el comportamiento del multiplicador completo utilizando un diodo ML 4404 J.

Para potencias de entrada tan bajas como 50 mW, el comportamiento no cambia sustancialmente y no es necesario resintonizarlo.

La finalidad de este multiplicador es duplicar la frecuencia de una portadora con modulación angular, de pequeño índice de modulación, estando la frecuencia portadora dentro de una banda de frecuencias del 5 por ciento. No se hicieron medidas detalladas de las características de transmisión, pero el multiplicador se comportó de manera satisfactoria en un sistema de enlace por microondas.

### Dos dobladores de alta potencia en cascada

Esta cadena multiplicadora consta de dos dobladores, cada uno formado por un solo diodo montado en el centro de una barra cruzada. Se utilizan dos dobladores con preferencia a un cuadruplicador, en primer lugar porque así la disipación de la alta potencia se reparte entre los dos diodos y luego porque de esta manera la eficiencia puede ser máxima.

Los dos dobladores están montados en cascada directamente de manera que la cadena multiplicadora consta esencialmente de 3 filtros: un filtro de entrada, un filtro interetapa y un filtro de salida. Por simplicidad mecánica, los tres filtros están construidos con guiaondas de la misma anchura y todos son de diseño en técnica Slimguide®.

Puesto que esta cadena se ha diseñado como etapa de salida de un sistema de microondas de 960 canales que transmite la portadora modulada, son de importancia todas las características de pérdidas de inserción, retardo de grupo, respuesta en banda base y respuesta fuera de banda. Como el filtro de entrada trabaja con una relación de la frecuencia de corte a la frecuencia de trabajo de aproximadamente 5, el Q no cargado del guiaondas es relativamente bajo. Para obtener el máximo Q cargado y, por lo tanto, disminuir las pérdidas de inserción, se utilizan guiaondas de sección cuadrada para los filtros de entrada y de interetapa.

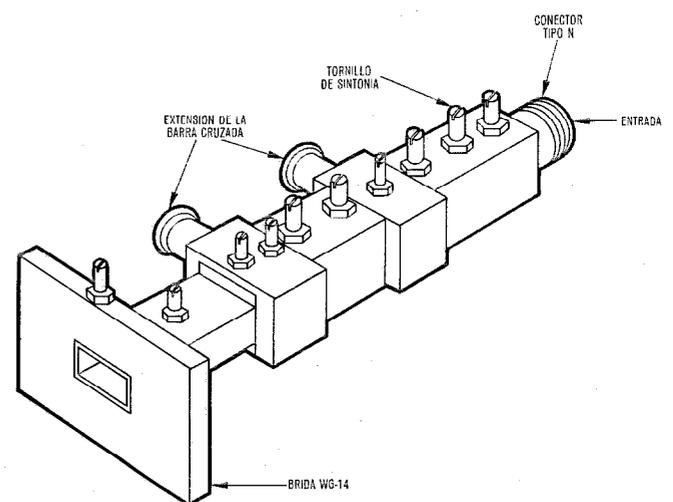


Fig. 10 Multiplicador de 1,9 a 7,6 GHz.

La figura 10 muestra el diseño mecánico de la cadena multiplicadora y en la figura 11 se indican las características de los filtros individuales. La figura 12 muestra la respuesta en amplitud de la cadena de filtros en cascada. Este modelo puede sintonizarse en el margen de frecuencias de salida de 7,5 a 7,65 GHz y son necesarios tres modelos para cubrir la banda de frecuencias de 7,1 a 7,7 GHz.

Teniendo en cuenta la pérdida de 0,1 dB, aproximadamente, en los transformadores de guiaondas a coaxial y las pérdidas de inserción medidas en los filtros, puede calcularse que la pérdida del primer diodo y montaje de diodo es de 1,5 dB y la del segundo diodo y montaje de diodo de 2,3 dB.

En la figura 13 se muestran las medidas realizadas a temperatura ambiente de la ganancia y fase diferenciales, para frecuencias moduladoras de 0,56 y 4,4 MHz. La figura 14 muestra la respuesta de la banda base. Fueron despreciables los cambios que se apreciaron en la respuesta al elevar la temperatura de 25 a 55°C.

Estos resultados representan la contribución total de un mezclador transmisor, amplificador de potencia, multiplicador en pruebas, un receptor y un modem.

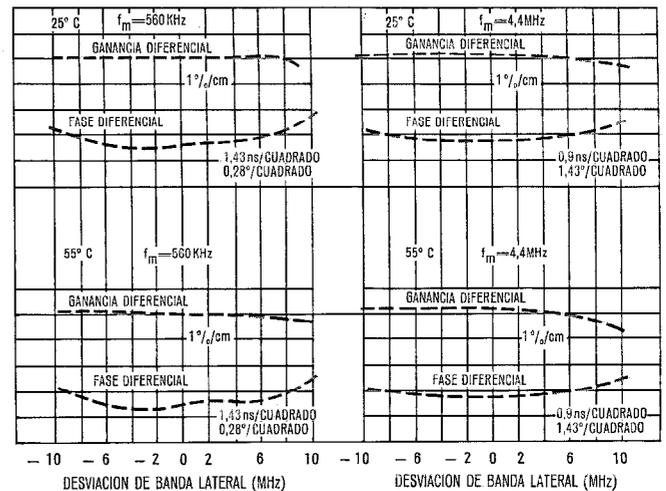


Fig. 13 Medidas de ganancia y fase diferenciales para la cadena multiplicadora de 1,9 a 7,6 GHz.

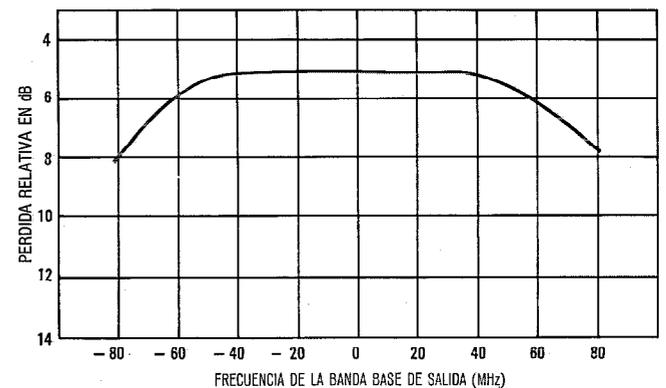


Fig. 14 Respuesta frecuencia de la banda base de la cadena multiplicadora de 7,6 GHz.

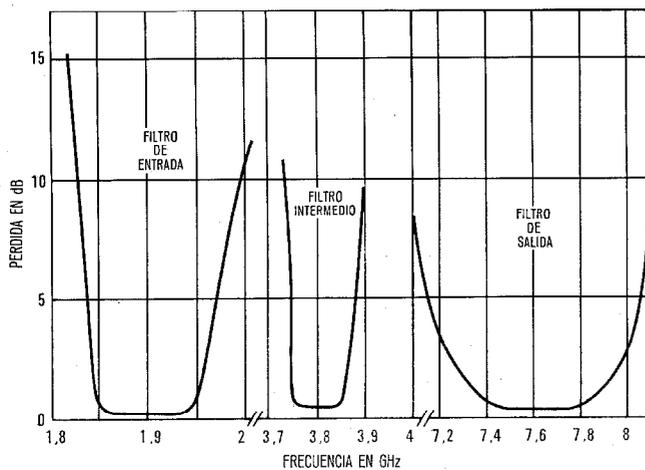


Fig. 11 Características del filtro de la cadena multiplicadora de 7 GHz.

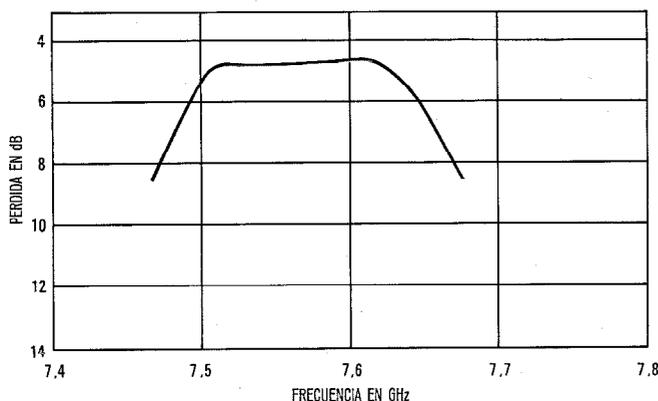


Fig. 12 Respuesta total del multiplicador de frecuencia de 1,9 a 7,6 GHz.

### Conclusiones

Aunque poca o ninguna teoría existe que permita predecir la impedancia de trabajo de un diodo multiplicador de frecuencia en microondas y poco se sabe acerca de las barras cruzadas en la técnica Slimguide®, pueden, sin embargo, diseñarse eficientes y estables multiplicadores de frecuencia utilizando la técnica Slimguide®. Los resultados indican que para anchuras de banda de hasta el 5 por ciento, la respuesta en frecuencia está controlada por la anchura de banda de los filtros, cuando se utiliza un montaje de barra cruzada de diseño adecuado. No hay razón alguna para creer que el 5 por ciento es la máxima anchura de banda que puede conseguirse.

En los dos multiplicadores descritos se ha conseguido una buena estabilidad de la característica temperatura/frecuencia en la banda de trabajo, utilizando tornillos de sintonía de cobre en guiaondas de cobre. Esta estabilidad ha significado que puedan utilizarse filtros de anchura de banda más pequeña, reduciendo, por tanto, el nivel de las frecuencias no deseadas a la salida. Otra característica de estos multiplicadores es que no se observaron oscilaciones paramétricas.

En los casos en que se requiera mayor estabilidad de temperatura, deberá utilizarse un material alternativo, tal como hierro sueco, para los tornillos de sintonía.

La simplicidad mecánica es una característica de ambos multiplicadores. El multiplicador de 15 GHz no se construyó como una unidad simple, aunque esto no habría presentado dificultades. Por otra parte, la pareja de dobladores en cascada se construyó como una unidad simple resultando un dispositivo compacto, sencillo mecánicamente y económico.

La complejidad de los dobladores en cascada se aumentó por la necesidad de unas pérdidas de inserción bajas. Utilizando guiaondas de sección cuadrada para los filtros de entrada e intermedio, se mantuvieron bajas las pérdidas del filtro. La utilización de guiaondas de pequeño tamaño hizo necesario el uso de condensadores coaxiales para conseguir la capacidad de sintonía requerida en estos dos filtros, aumentando de esta manera la complejidad mecánica.

### Agradecimiento

Los autores quieren expresar su agradecimiento a Mr. K. Ainswoth que llevó a cabo de la forma más escrupulosa las medidas detalladas de los multiplicadores. También a Mr. J. Hopkins cuyo cuidadoso trabajo en la construcción de los modelos contribuyó al éxito del diseño. Además, los autores quieren agradecer al Ministerio de Defensa su permiso para la publicación de los detalles del multiplicador 15 GHz.

Muchas de las características de transmisión de la pareja de dobladores en cascada se midieron en la Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, con la ayuda de su personal. Los autores desean reconocer esta ayuda y cooperación recibida.

### Referencias

- [1] H. B. Wood, D. R. Hill, V. H. Knight y R. C. Baron: High-Power Varactor Frequency-Doubler Chains; Electrical Communication, 1966, volumen 41, número 3, págs. 320—340.
- [2] G. F. Craven y C. K. Mok: The Design of Evanescent Mode Waveguide Bandpass Filters for a Prescribed Insertion Loss Characteristic: IREE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Marzo 1971, volumen MTT-19, número 3, págs. 295—308.
- [3] G. F. Craven: Componentes de microondas de Guía Delgada (Slinguide); Comunicaciones Eléctricas, 1972, volumen 47, número 4, págs. 256—270.
- [4] J. C. Challans: Design and Tolerancing of Rectangular Waveguide Components: Degree Thesis, Department of Electronic and Electrical Engineering, University of Sheffield.

**J. S. Dafele** nació en India en 1938. En 1960 comenzó a trabajar en el grupo de microondas de Cossor Radar and Electronics. Se incorporó a STL en 1961 donde ha trabajado en osciladores de onda regresiva y en problemas generales sobre estructuras de onda lenta y cañones electrónicos, amplificadores con diodo tunel y multiplicadores de frecuencia para microondas. Ha estado un año y medio en el departamento de sistemas de línea analógicos y, más recientemente, ha sido responsable del desarrollo de amplificadores de banda ancha en STL.

Mr. Dafele es ingeniero titulado y miembro del LEE y del IERE. En 1968/69 pasó un año de postgraduado en la Universidad de Surrey donde obtuvo el diploma en física de microondas. En la actualidad, con excedencia en STL, trabaja como profesor contratado en el Departamento de Electrónica de la Universidad China de Hong Kong.

**D. R. Hill** nació en Enfield, Inglaterra, en 1933. En 1949 se incorporó al laboratorio de válvulas de Standard Telephones and Cables que quedó luego absorbido por Standard Telecommunication Laboratories, donde trabajó en klystrons. En 1961, después de dos años en el laboratorio de microondas, ingresó en el laboratorio de sistemas de radio donde ha dirigido una serie de proyectos relacionados con prototipos de sistemas de radio en microondas.

Mr. Hill es miembro del Instituto de Física. Ordinariamente trabaja en el laboratorio de Sistemas de ayuda a la navegación como Jefe de programación de un proyecto de sistema de aterrizaje doppler en microondas.

# Grandes Centros Interurbanos Pentaconta

Empleando la experimentada técnica Pentaconta® el GCI satisfará las exigencias de las administraciones para los grandes centros de tránsito capaces de conmutar un tráfico nacional e internacional superior a 10.000 E, interviniendo diferentes tipos de señalización y con mantenimiento muy eficaz.

La introducción de la técnica de los ordenadores proporciona otras facilidades suplementarias.

R. MUGNIER

R. DESPLANQUES

Le Matériel Téléphonique, Boulogne-Billancourt, Francia

## Introducción

La creciente automatización del tráfico interurbano ha dado lugar a una urgente necesidad de centrales interurbanas de gran capacidad que eviten la multiplicidad de rutas y establezcan numerosos enlaces transversales para aumentar la fluidez del tráfico.

Para cubrir esta necesidad, "Le Matériel Téléphonique" y la "Compagnie Générale des Constructions Téléphoniques" en colaboración con el PTT francés, han desarrollado una central interurbana de gran capacidad (GCI: "Grand Centre Interurbain") empleando el sistema Pentaconta®. Esta central puede cursar más de 10.000 erlangs y está basada en los estudios previos que dieron lugar a la introducción del CINAT en París y de FERNAMT 4 en Zurich, ambas centrales realizadas en sistema Pentaconta®.

El objetivo de este artículo es exponer el diseño técnico y los medios previstos para la operación y la conservación de estas centrales.

## Características principales

- Capacidad
  - 14.112 enlaces de llegada
  - 14.112 enlaces de salida que pueden ser distribuidos en más de 1000 direcciones
  - tráfico máximo superior a 10.000 erlangs.
- Sistema de mallas a 4 etapas diseñado para reducir la congestión interna a valores despreciables.
- Relación: mallas internas/fuentes de tráfico = 1,47.
- Red de conmutación a 8 hilos en la que los 4 hilos de conversación son completamente independientes de los medios de señalización.
- Unidades de control especializadas para cursar los siguientes tipos de tráfico:
  - saliente
  - entrante
  - tránsitoy para tratar las diferentes clases de señalización entrantes y salientes:
  - multifrecuencia
  - abonados (discos, teclado)
  - decimal.
- Unidad de traducción electrónica preparada en dos versiones:
  - programa cableado
  - programa almacenado.
- Construcción modular en bloques de 392 enlaces de

llegada, con su unidad de control asociada, y 392 enlaces de salida.

- Sistema de conversación eficiente y amplio.
- Necesidad reducida de espacio.
- Diseño económico para grandes centrales.

## Tipos de central

Hay varias versiones de esta central:

- centrales que cursan solamente tráfico de salida regional y nacional.
- Centrales que cursan solamente tráfico de llegada y de tránsito.
- Centrales universales que cursan todos los tipos de tráfico: de salida, de llegada y de tránsito.
- Centrales internacionales, ahora en período de diseño, que tratan todos los tipos de señalización internacional (R2, código nº 4, código nº 5).

El diseño de la red de conmutación y del equipo de conversación es similar en todas estas versiones; sólo son diferentes los enlaces y las unidades de control.

## Descripción de un "Gran Centro Interurbano" (GCI)

Un GCI se compone de los siguientes bloques principales (véase figura 1):

- La red de conmutación con sus circuitos de control: los marcadores de selección.
- La red de preselección con sus circuitos de control: los marcadores de preselección.
- La unidad de control.

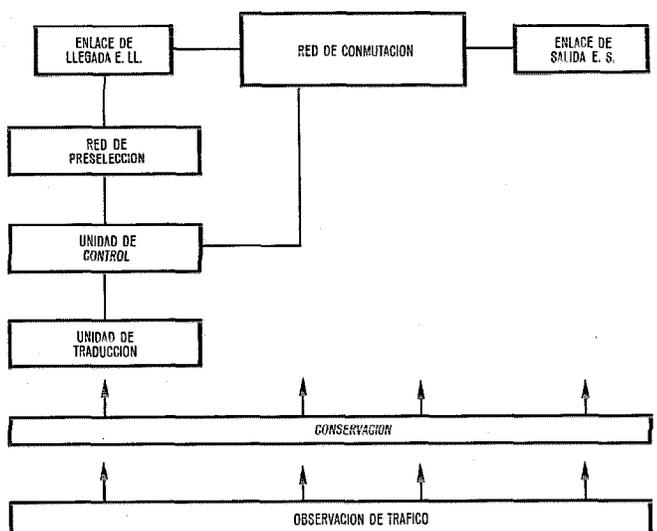


Fig. 1 Diagrama de bloques de un GCI.

- La unidad de traducción.
- Los enlaces de llegada y de salida.
- Los conectadores standard que unen los diferentes bloques para la transferencia de información.
- Finalmente, la conservación que puede ser dividida en:
  - conservación del equipo de conmutación
  - conservación de enlaces
  - observación de tráfico.

**Red de Conmutación (Fig. 2)**

En su capacidad final la red de conmutación proporciona accesibilidad completa a uno cualquiera de los 14.112 enlaces de salida desde uno cualquiera de los 14.112 enlaces de llegada.

La red de conmutación es a 8 hilos. Una vez que se ha establecido la conexión, un dispositivo electrónico prueba la continuidad, aislamiento y correspondencia de cada uno de los 8 hilos antes de que comiencen las selecciones distantes. Este circuito de prueba es uno de los factores que contribuyen a la seguridad de funcionamiento del GCI, facilitando enormemente la conservación de la red de conexión. De los 8 hilos, cuatro se utilizan exclusivamente para los circuitos de conversación, uno para la retención de los puntos de cruce y los tres restantes para señalización interna e identificación de enlaces en el caso de incidentes.

Esta amplitud de posibilidades para la señalización ha permitido que el diseño lógico de los enlaces sea muy sencillo ya que se puede evitar el uso de circuitos de tipo secuencial para la interpretación de las señales. En consecuencia se ha reducido considerablemente el volumen de los enlaces, lo cual es un factor económico esencial en el diseño de equipos de conmutación.

En su situación final la red de conmutación se compone de 36 elementos primarios de 2 etapas y 36 elementos secundarios también de 2 etapas, conectándose cada elemento primario con cada secundario por medio de 16 mallas, lo que da un total de 20.736 mallas.

Un elemento primario (Fig. 3) se compone de 14 secciones primarias (SP), equipado cada una con 32 selectores, y de 16 secciones primarias intermedias (SPI) equipadas con 36 selectores. De acuerdo con el diseño del multiconmutador Pentaconta® todas estas secciones tienen 28 unidades que se denominan "horizontales". Los enlaces de llegada se conectan a niveles horizontales de las 14 secciones primarias, con lo que se tiene un total de 392 por elemento.

Dos de estos enlaces se emplean para la prueba automática de registradores y de enlaces de salida y

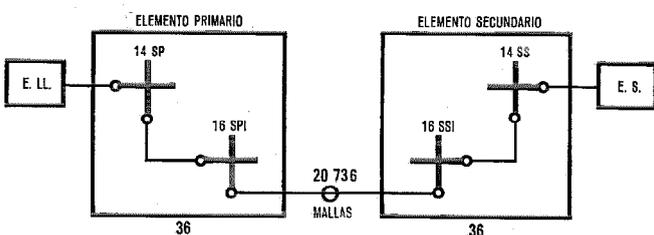


Fig. 2 Red de conmutación.

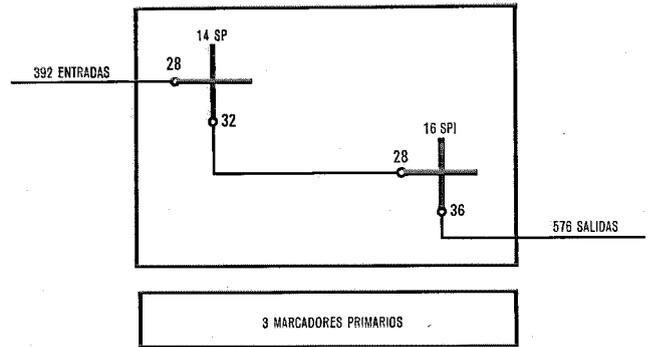


Fig. 3 Bloque primario.

para la conexión del equipo ATME. Los selectores primarios están conectados a los niveles horizontales de las secciones primarias intermedias y los selectores intermedios se conectan a las mallas centrales de las cuales existen 576 por unidad.

De esta manera se ve que hay dos mallas entre cada sección primaria y cada sección primaria intermedia. Las conexiones se establecen en cada elemento primario bajo el control de tres marcadores primarios.

La configuración de los elementos secundarios (Fig. 4) es simétrica de la de los elementos primarios: cada una de las 16 secciones secundarias intermedias (SSI) está conectada a cada una de las 14 secciones secundarias (SS) por medio de dos mallas. Las 576 entradas conectadas a los selectores secundarios intermedios dan acceso a través del elemento a 392 enlaces de salida conectados a los niveles de las secciones secundarias. Las conexiones se establecen a través de cada elemento secundario bajo el control de tres marcadores secundarios.

El equipo de cada sección (SP, SPI, SSI y SS) está formado por dos cuadros normalizados Pentaconta® cada uno con 18 selectores a 8 hilos.

Hay tantas secciones secundarias como primarias por lo que resulta una estructuración completamente simétrica con 4 etapas de selección. De esta manera existe el mismo número de entradas que de salida, por lo que se obtiene una configuración "cuadrada" que es especialmente favorable para las centrales interurbanas.

Las ampliaciones de un GCI se realizan por etapas que, al menos, incluyen una sección primaria y una secundaria. Normalmente se suelen planificar 9 amplia-

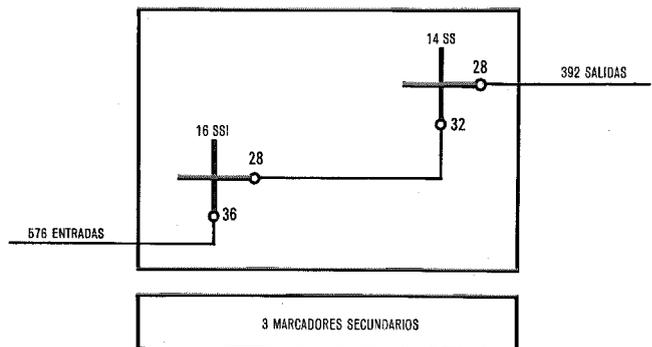


Fig. 4 Bloque secundario.

ciones de 4 elementos para llegar a una situación final de 36 elementos, teniendo en cuenta la gran capacidad de estas centrales.

### Red de Preselección (Fig. 5)

En los GCI hay una unidad de control por elemento primario. Consecuentemente los 392 enlaces han de tener acceso al correspondiente grupo de registradores.

Se establece una conexión a 16 hilos entre el enlace de llegada y el registrador por medio de una red de "preselección". Los cuadros utilizados para esta red son normalmente idénticos a los de la red de conmutación con la única diferencia de que el múltiple horizontal está dividido en dos. En el caso de la capacidad máxima de esta red de preselección se emplea un cuadro que contiene dos conjuntos de 12 selectores que se actúan en paralelo llegándose así a 24 selectores por cuadro.

El mecanismo de preselección utiliza un sistema de mallas de 2 etapas gobernado por tres marcadores. La primera etapa se compone de 14 secciones primarias (SPP). La segunda incluye de 4 a 6 secciones secundarias (SSP) dependiendo de la versión.

En los GCI la sección secundaria consta de un cuadro de selectores que puede tener conectados de 9 a 12 registradores, lo que hace un total de 36 a 72 registradores por elemento. Este equipo se calcula de acuerdo con las características de la red exterior y con los tiempos de ocupación.

La red de preselección está preparada para trabajar con dos tipos de registrador. Se pueden emplear todas las mallas de la cadena de preselección para dar acceso a ambos tipos.

La categoría del enlace de llegada se envía al registrador por medio de un código con detección de errores sin usar las mallas de preselección. Se dispone de 28 categorías de las cuales se dedica una al circuito de prueba de registradores. Sería posible introducir otras categorías si fuera necesario.

La continuidad, aislamiento y correspondencia de los 16 hilos de las mallas de preselección se comprueban por medio de un circuito de prueba electrónico antes de que repongan los circuitos de control de la preselección y de que el registrador genere la orden de comienzo de envío de la señalización. Igual que en el caso de la red de conmutación, este circuito de prueba es uno de los factores esenciales para la seguridad de funcionamiento y la conservación de los GCI.

Si se detecta una conexión defectuosa, se registra el fallo y tiene lugar un segundo intento de preselección.

### La Unidad de Control (Fig. 6)

Cada elemento primario tiene una unidad de control conocida que se conecta a los enlaces a través de la red de preselección.

Las unidades de control se diseñan en general para trabajar con un código de señalización de llamadas entrantes solamente. Los sistemas de señalización más empleados son:

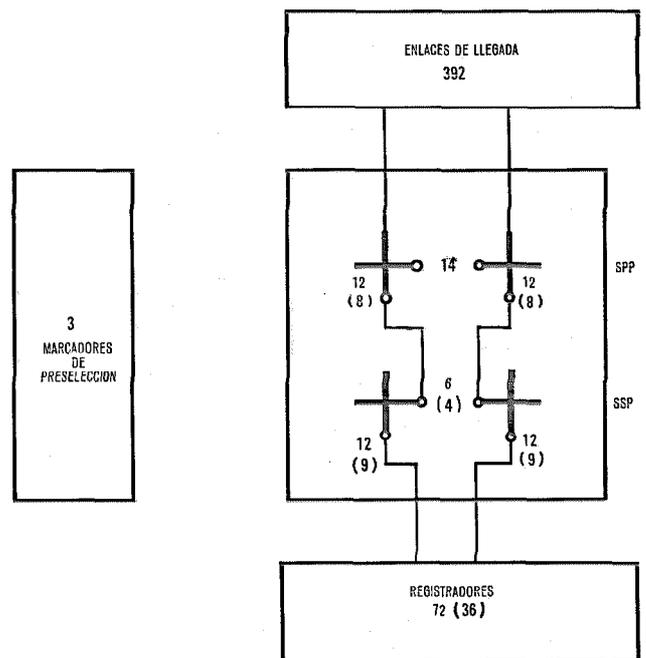


Fig. 5 Red de preselección.

- R 2
- SOCOTEL
- R 1
- Teclado multifrecuencia
- Decimal (disco de abonados, S×S, AGF 500, Rotary ...).

Las unidades de control se componen de registradores que pueden recurrir a la conexión de circuitos auxiliares como:

- receptores que tratan las señalizaciones de llegada,
- emisores, multicódigo o no, que tratan las señalizaciones de salida.

Estos circuitos auxiliares están conectados a los registradores bien directamente, bien por medio de un circuito buscador.

Los registradores pueden ser equipados con un número variable de "memorias" las cuales les permitan cursar hasta llamadas internacionales si fuera necesario.

Para obtener la información de encaminamiento que corresponde a los dígitos recibidos, las unidades de control "interrogan" a una unidad electrónica de traducción a la cual tienen acceso por medio de unos circuitos denominados "conectores de traductor" (CT). Se equipan tres de estos conectores en cada unidad de control.

### Intercambio de señales

La unidad de control intercambia información con los siguientes circuitos:

- con los conectores de traductor
- la unidad de control envía:
- el número del abonado llamado,
  - las categorías de llegada que corresponden al enlace y a la dirección (encaminamiento, restricciones),

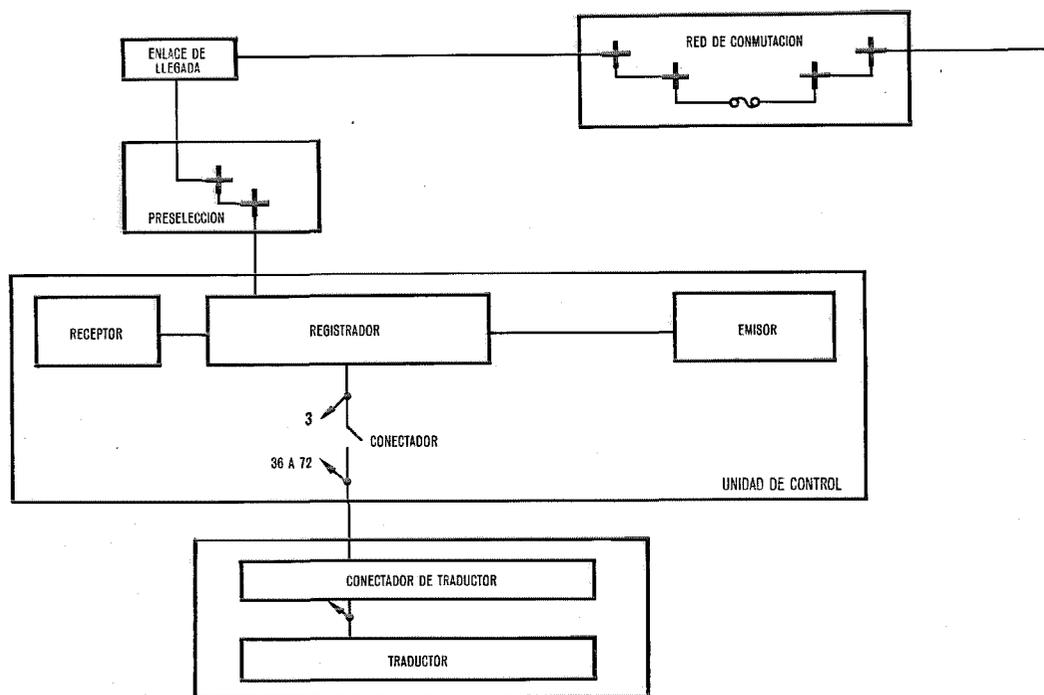


Fig. 6 Unidad de control.

- la “consulta” a la unidad de traducción. y recibe:
- peticiones adicionales de información, según vayan siendo necesarias,
- el programa de envío para la central de origen
- la identidad del elemento secundario y el código de selección de la dirección de salida,
- el programa de envío para la siguiente central que ha de intervenir en la comunicación,
- la tasa de tarificación si fuera necesario
- con los enlaces de llegada (y posiblemente con los enlaces asociados de tarificación) la unidad de control envía:
  - ocupación de enlaces
  - orden de conexión
  - supresión de la tarificación
  - tasa de tarificación
- con los marcadores primarios:
  - La unidad de control envía:
    - comienzo de la selección interna
    - información sobre la identidad de la sección primaria, a la que se conecta el enlace de llegada, y del conector de traductor.
  - y recibe:
    - la orden para realizar un segundo intento en la selección interna (si fuera necesario)
    - la categoría del enlace de salida
    - el fin de la selección interna.

#### La unidad de traducción

- Se encuentran disponibles dos versiones de este equipo:
- unidad electrónica de traducción con programa cableado (TPC)

- unidad electrónica de traducción con programa almacenado (TPA).

En la unidad de programa cableado (Fig. 7) la información recibida en código 2 entre 5 (número llamado, categoría de la dirección de llegada, información miscelánea) es decodificada electrónicamente y se envía un impulso a través de un hilo que representa la ruta correspondiente al número recibido. Este hilo pasa por dentro o por fuera de una serie de toroides magnéticos, cada uno de los cuales está asociado a un amplificador. El impulso actúa sobre los amplificadores correspondientes a los toroides por dentro de los cuales pasa el hilo. Los amplificadores a su vez, actúan las memorias del conector de traductor que ha sido tomado, proporcionando así a la unidad de control la información de encaminamiento necesaria.

Esta información se utiliza en las siguientes operaciones:

- Realización de la selección de mallas a 4 etapas. Supervisión del estado de las direcciones de salida en cada sección secundaria.
- Petición del resto de dígitos.
- Determinación de la tasa de tarificación, si fuera necesario.
- Generación de información sobre selecciones distantes (selecciones traducidas, por ejemplo) y sobre dos dígitos que han de ser enviados.
- Producción de información suplementaria (sobrecargas, ocupación de todos los enlaces, reencaminamiento hacia señales habladas . . .).

En la capacidad final, se asocian 108 conectadores de traductor a 3 traductores, empleándose un distribuidor para conectar 36 conectadores al TPC que los atiende.

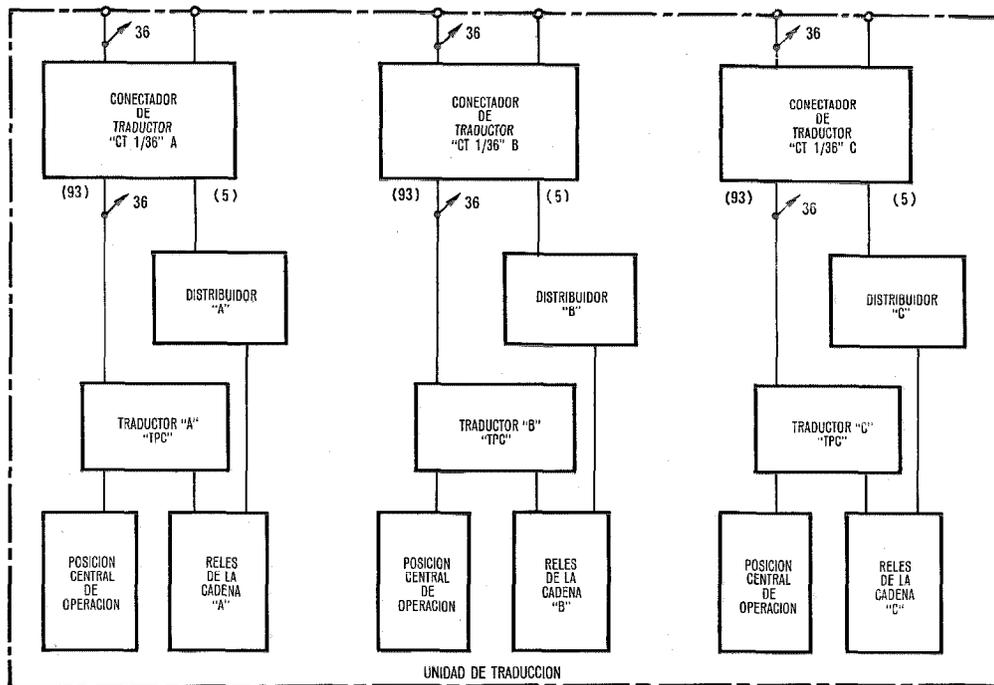


Fig. 7 Unidad de traducción de programa cableado.

El traductor de programa almacenado (TPA) (fig. 8) utiliza un ordenador fabricado en Francia. La unidad de traducción contiene dos TPA los cuales atienden a 108 conectadores de traductor. Un circuito de interconexión, entre los conectadores de traductor y los ordenadores, permite introducir los códigos recibidos en los ordenadores obteniéndose a cambio la información de encaminamiento. Los datos son tratados por los programas almacenados en la memoria. Las tablas de decodificación de los códigos recibidos dan acceso a la zona de memoria que corresponde a la ruta del número recibido. Se consulta entonces la información

de encaminamiento que se introdujo anteriormente por medio de teletipo o lector de cinta y las instrucciones de encaminamiento necesarias son transferidas a la unidad de control.

**Conectores standard**

Los circuitos de control (registradores, marcadores) intercambian su información por medio de conectadores standard. Un cuadro de conector standard contiene 9 relés múltiples Pentaconta®. Se puede conectar uno entre 20 circuitos "llamantes" a uno entre 3 circuitos "comunes" a través de una malla de 30 hilos o bien uno entre 10 circuitos "llamantes" a uno entre 3 circuitos "comunes" a través de una malla de 60 hilos.

Los conectadores standard se emplean para unir las secciones primarias y las secciones primarias intermedias a los marcadores primarios, las secciones secundarias y secciones secundarias intermedias a los marcadores secundarios, las secciones primarias y secundarias de preselección a los marcadores de producción, los marcadores primarios y secundarios entre sí (2 etapas de conectadores de 30 hilos) y los registradores a los conectadores de traductor (60 hilos) y a los marcadores primarios (30 hilos).

**Enlaces de llegada**

Se adaptan a la señalización entrante y pueden trabajar con circuitos a 4 ó a 2 hilos. En este último caso se equipa el circuito de adaptación 4/2 hilos.

Los tipos de enlaces de llegada que se usan más comúnmente son:

- 4 hilos código multifrecuencia interurbano o regional
- 4 hilos código decimal interurbano o regional
- 2 hilos código multifrecuencia local
- 2 hilos código decimal local.

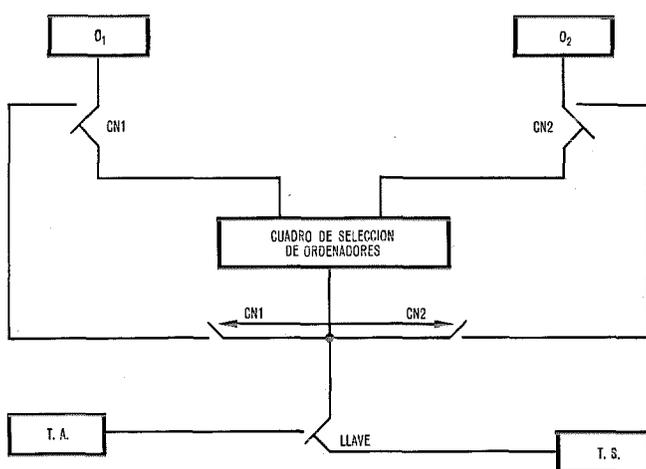


Fig. 8 Unidad de traducción de programa almacenado.

- O<sub>1</sub> : Ordenador 1
- O<sub>2</sub> : Ordenador 2
- TS : Teletipo de la sala de conservación
- TA : Teletipo de la sala de comutación
- CN1: Conecta el ordenador 1 al teletipo
- CN2: Conecta el ordenador 2 al teletipo.

En operación normal los 2 ordenadores tienen acceso a TS. CN1 y CN2 se excluyen mutuamente en el cuadro de selección de ordenadores.

En un GCI internacional los enlaces se especializan de forma que puedan tratar los códigos de llegada propios de este servicio (R2, CCITT n° 4 y n° 5).

**Enlaces de salida**

Están adaptados a la señalización saliente pudiendo trabajar con circuitos a 4 hilos y a 2 hilos. En este caso el enlace incluye el adaptador 4/2 hilos.

Los tipos de enlaces de salida son en general los mismos que los de enlaces de llegada. Además se suelen conectar, en los niveles de salida, enlaces de servicios especiales, información hablada, operadores, etc.

Si fuera necesario, en los enlaces se pueden equipar atenuadores con la posibilidad de ser eliminados en ciertos casos.

**Tarificación**

La tarificación se aplica sólo a las llamadas salientes.

Se ofrecen varias posibilidades:

a) Tarificación por contador

— Si las centrales locales disponen de equipos de tarificación, el GCI no tiene ninguna función de este tipo.

— Las centrales pueden generar los impulsos de tarificación pero la tasa se determina en el GCI.

En este caso el traductor genera la tasa y envía la información a la unidad de control. Esta transmite

el valor de la tasa a la central local por medio de un "tercer hilo" empleando un código decimal.

— El GCI envía los impulsos directamente sobre los hilos a la central local, la cual los regenera. Este es el caso más general. Debe usarse un código para la transmisión de estos impulsos entre el GCI y la central local (inversiones de batería o tercer hilo).

En general se recomienda el empleo de un sistema de tarificación por impulsos periódicos y del tercer hilo para la transmisión de estos impulsos a la central local.

b) La tarificación se realiza por un equipo de registro automático de comunicaciones.

— Este equipo puede instalarse en la central local en cuyo caso el GCI no ha de realizar ninguna tarificación.

— El equipo se instala en el GCI y tarifica las llamadas interurbanas e internacionales solamente.

En este caso el código que ha de usarse entre la central urbana y el GCI debe ser del tipo multifrecuencia capaz de transmitir la identidad del abonado que llama, debiendo estar provistas todas las centrales locales con equipos de identificación.

El sistema de registro de comunicaciones está conectado a la unidad de control por medio de conectores de tarificación. Desde la unidad de control se envía en una sola operación toda la información relativa a la llamada: número del abonado que llama y su categoría, número llamado, tasa de tarifi-

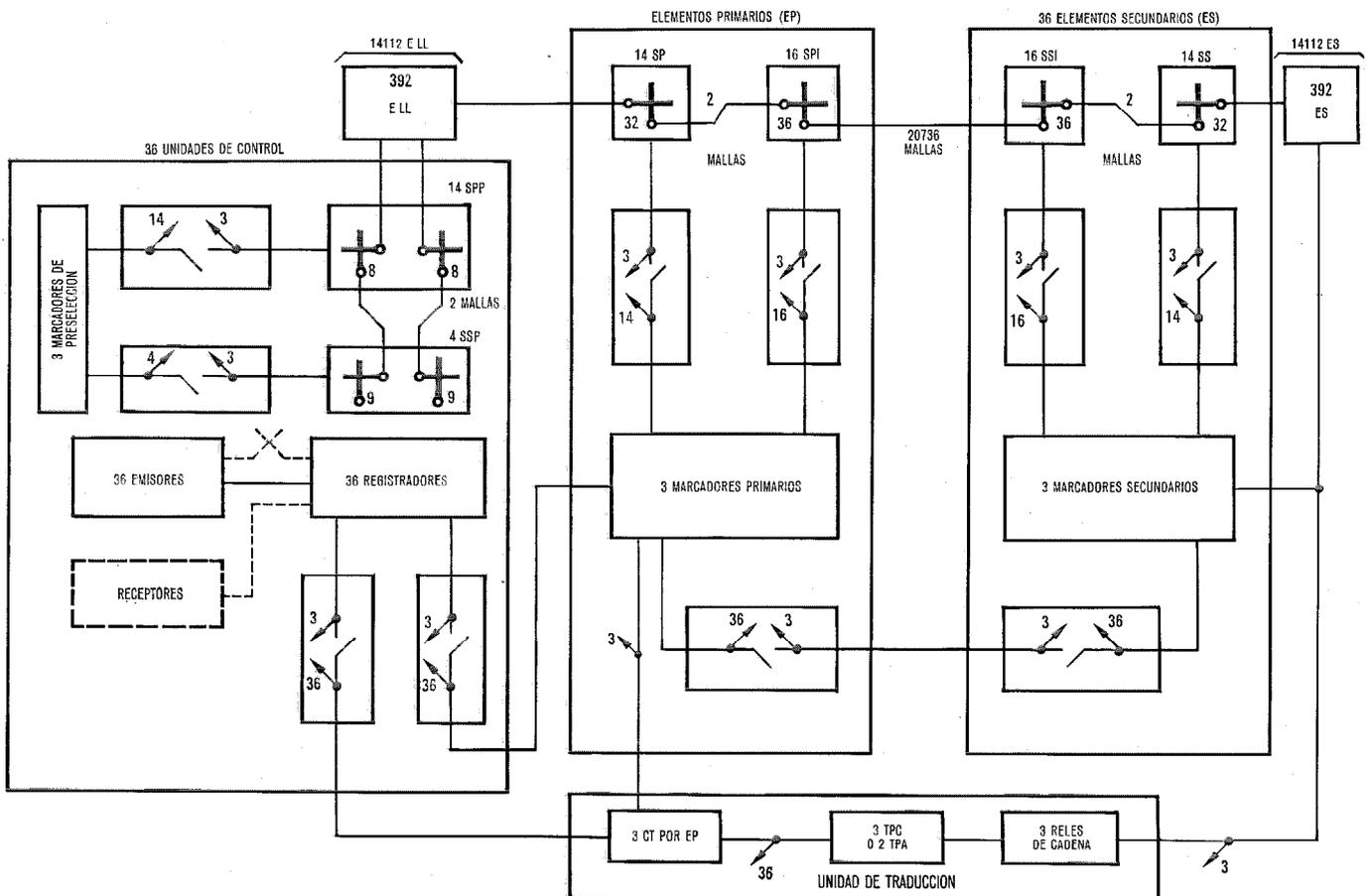


Fig. 9 Diagrama de enlaces de un GCI.

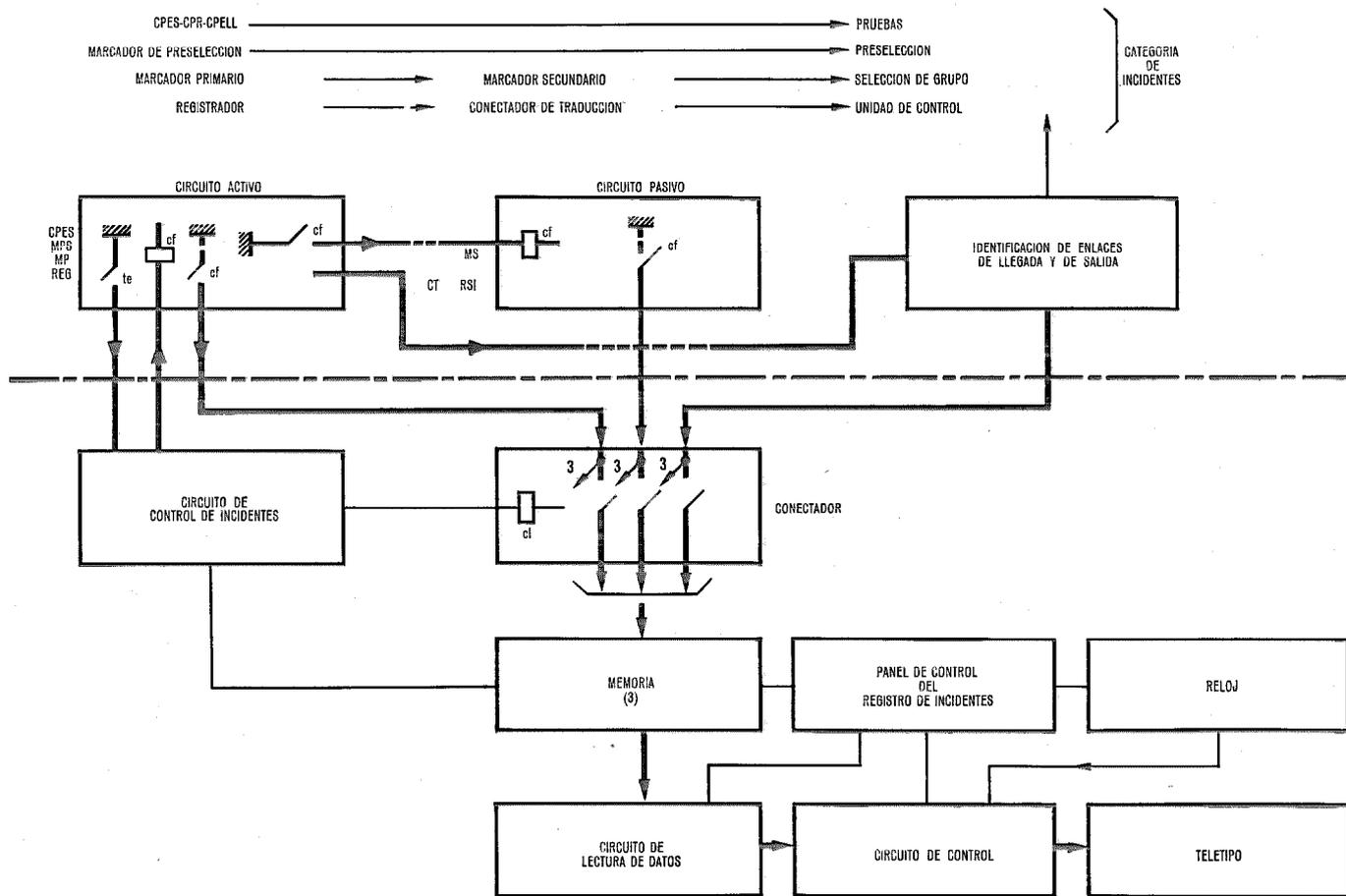


Fig. 10 Registro de incidentes.

cación y número del enlace de llegada. Se explora entonces el estado de los enlaces para determinar los tiempos de comienzo y fin de cada llamada (o la duración de la conversación). Cuando la llamada ha finalizado se transfiere toda la información a una cinta magnética.

**Tratamiento del tráfico de operadoras o tráfico semiautomático**

Cuando el tráfico manual o semiautomático sea alto puede instalarse una cadena de conmutación especializada en paralelo con el GCI.

Si este tráfico es bajo, se puede equipar en el mismo GCI una unidad de control especializada. Esta unidad de control es capaz de cursar el tráfico de salida de operadoras hacia circuitos manuales automáticos por medio de registradores tipo "operadora". También encamina las llamadas manuales entrantes hacia una operadora, dependiendo de la categoría del enlace de llegada.

De esta manera se puede cursar tráfico de manual a manual, de manual a automático y de automático a manual, siempre a través de una operadora.

**Diagramas de enlaces**

Como ilustración de todo lo expuesto la figura 9 muestra el diagrama de enlaces de un GCI.

**Conservación**

Un sistema de conservación completo, eficiente y de bajo coste ha sido desarrollado para los GCI a partir de los resultados obtenidos por la experiencia en esta materia.

Se divide en dos partes:

- conservación del equipo de conmutación
- conservación de los enlaces.

**Conservación del equipo de conmutación Registro de incidentes**

Cuando se detecta un defecto en el funcionamiento de la central, bien sea por medio del circuito de prueba de mallas o por fallo de una comprobación o por vencimiento de una temporización, entra en juego un registrador de incidentes (Fig. 10).

Desde el punto de vista de registro de incidentes, la central contiene circuitos activos y circuitos pasivos. Los circuitos activos de la central son aquellos capaces de llamar al registrador de incidentes. Este último escoge y se conecta a uno de los circuitos activos que estén llamando. Cada circuito activo "marca" un cierto número de otros circuitos de manera que el registrador de incidentes pueda conectarse a ellos. Estos circuitos se denominan pasivos.

Los circuitos activos son:

- los marcadores de preselección durante ésta

- los marcadores primarios en selección
- los registradores excepto durante las selecciones internas
- los circuitos de prueba automática de registradores (CPR)
- los circuitos de prueba automática de enlaces de salida (CPES)
- los circuitos de prueba automática de enlaces de tarificación (CPET).

Los circuitos pasivos son:

- el circuito de identificación de enlaces de llegada y salida
- los conectadores de traductor
- los marcadores secundarios
- los registradores durante la fase de selecciones internas.

La máxima cantidad de equipo que puede atender un registrador de incidentes es 12 elementos. De acuerdo con esto se equipan tres registradores en capacidad final de la central.

La escritura del incidente no es obligatoria. Se pueden seleccionar por medio de llaves los circuitos activos de los que se desea obtener información escrita de sus incidentes.

Otro conjunto de llaves permite "eliminar", en los circuitos activos seleccionados, ciertos incidentes que no son producidos por averías en los circuitos. Esto impide el registro sistemático de incidentes producidos por demoras excesivas durante sobrecargas de tráfico, demoras por bloques internos y demoras en la señalización externa debidas a averías en las centrales distantes.

Los incidentes que no se registran son totalizados en "contadores de incidentes rechazados" los cuales están especializados por tipos.

Durante el registro el circuito activo y los circuitos pasivos asociados están conectados a una de las tres memorias existentes. Estas memorias están formadas con relés quintuples Pentaconta® y puede registrar, cada una, 240 bits. Cuando la memoria ha almacenado la información, se repone el circuito activo y el curso de la llamada es reanudado por otros circuitos.

Se emplea sólo una fracción de segundo en la conexión del circuito activo y sus circuitos asociados a la memoria, el almacenamiento de la información y la reposición de todos los circuitos.

La escritura del incidente puede tener lugar como convenga ya que las otras memorias están disponibles para registrar otro incidente que pudiese ocurrir durante la escritura.

Se obtiene la escritura de los incidentes por medio de un teletipo montado en una mesa móvil. Cada inscripción puede ir precedida de una frase en lenguaje normal dando la fecha y hora del incidente, así como el número de la memoria utilizada. En cualquier caso esta frase puede ser suprimida mediante la actuación de una llave. La información escrita sobre el incidente tiene la forma de un código indicando los tipos de circuitos afectados, su fase de funcionamiento en el momento del incidente y, si fuera necesario, el contenido completo de la memoria.

### Retención de la cadena de circuito

El sistema de registro de incidentes se completa con la posibilidad de retener los circuitos involucrados en un incidente.

Cuando se utiliza esta característica el registrador de incidentes se toma de forma normal pero la reposición de la cadena de circuitos queda bajo control de los operadores de conservación.

Con el fin de evitar operaciones incorrectas que conduzcan a bloqueos incontrolados, la retención de cadenas requiere el empleo de una caja de mando portátil que se conecta en las proximidades de los circuitos a observar y que está provista de una alarma audible que avisa al operador que se está produciendo la retención.

### Equipo de llamadas dirigidas

Este equipo hace llamadas de una en una sobre una cadena predeterminada, completa o parcial. La llamada puede ser repetitiva o no y ser establecida desde un panel central de pruebas (PCP) o desde un equipo portátil conectado cerca de los circuitos en prueba.

Son posibles dos tipos de llamadas:

- llamadas en bucle originadas en la posición central en pruebas y reencaminadas desde el enlace de salida hasta esta posición con el fin de comparar los dígitos enviados y los recibidos;
- llamadas a una central distante (ya sea a un circuito de respuesta automática o a cualquier abonado de la red).

Las temporizaciones de los circuitos en prueba pueden ser suprimidas, si fuera necesario, por medio de una llave existente en el panel central de prueba.

Si se produjera un incidente con las temporizaciones en servicio en los circuitos en prueba, se toma el registrador de incidentes. Si las temporizaciones están fuera de servicio, la cadena queda retenida bajo control del operador, dándose una alarma.

El equipo de llamadas dirigidas se compone de dos partes: el equipo de encaminamiento y la generación y recepción de llamadas con la señalización de llegada y salida correspondiente.

#### a) Equipo de encaminamiento

Este equipo hace que una llamada pase a través de una serie de circuitos preseleccionados. Los circuitos que pueden ser elegidos son:

- enlace de llegada,
- marcador y malla de preselección,
- registrador y circuitos auxiliares asociados (emisor, receptor),
- conector de traductor,
- marcador primario y secundario,
- enlace de salida,
- secciones intermedias,
- mallas de selección.

#### b) Generación y recepción de llamadas en las señalizaciones entrante y saliente apropiadas

El equipo de llamadas dirigidas (fig. 11) incluye un emisor denominado "circuito de prueba de enlaces de

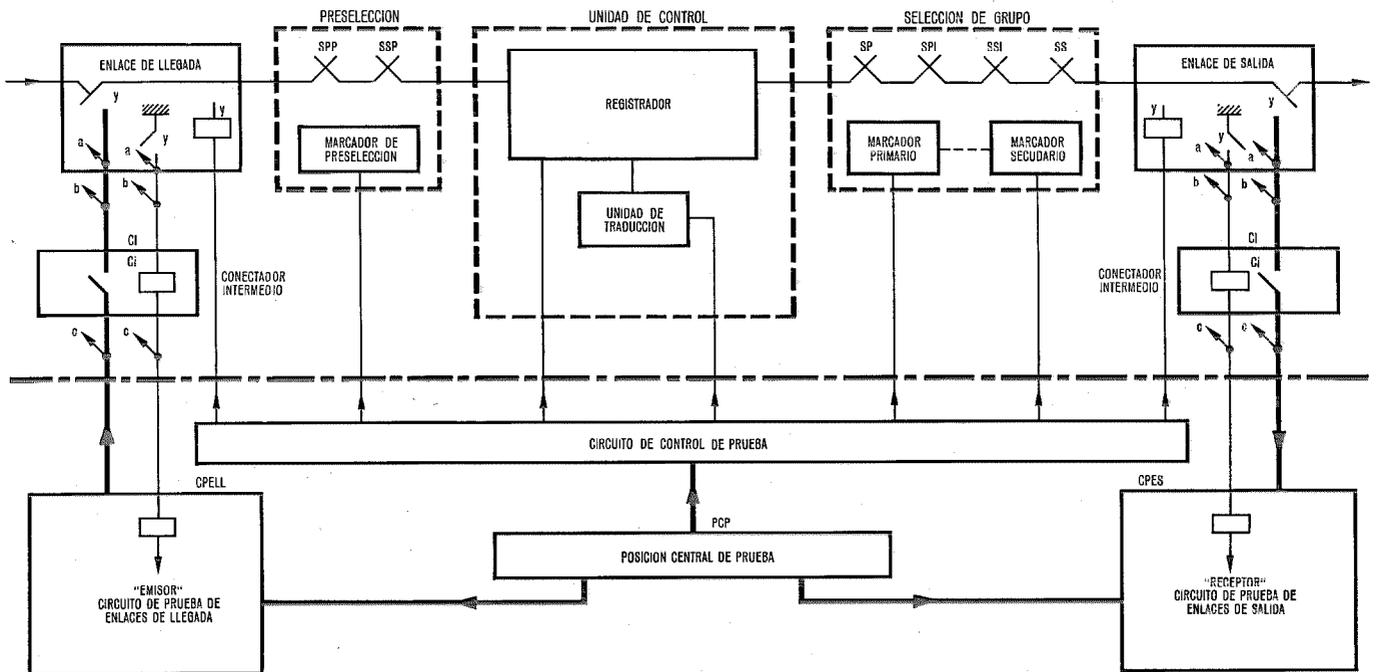


Fig. 11 Llamadas dirigidas.

llegada” el cual simula la central distante. Con este propósito el emisor se conecta al enlace de llegada seleccionado por el equipo de encaminamiento.

El panel central de prueba incluye un equipo de “abonado que llama”. El operador de conservación levanta el microteléfono y marca un número compatible con los circuitos reservados por el equipo de encaminamiento. El emisor inicia la generación de la llamada con la señalización adecuada.

El operador puede permitir que la llamada salga del GCI y en este caso establece la comunicación como un abonado normal. Conforme va progresando la llamada, unas lámparas indican la toma de los circuitos preseleccionados.

Como alternativa el operador puede decidir que la llamada no salga del GCI, sino que vuelva hacia el equipo de llamadas dirigidas desde el enlace de salida. En este caso la llamada termina en un receptor denominado “circuito de prueba de enlaces de salida”. Este circuito almacena los dígitos enviados por la unidad de control del GCI y dirige la llamada al equipo de “abonado llamado” existente en el panel central de prueba. El equipo puede realizar la comparación de los dígitos recibidos con los que introdujo el operador en el emisor. Si existiera alguna discrepancia se indica el fallo por medio de una alarma audible.

#### Prueba automática de registradores

Este equipo se ha diseñado para probar los registradores pertenecientes a un grupo de 6 ó 12 elementos primarios. Puede probar un registrador determinado o todos los registradores de un grupo sucesivamente. Dos tipos de prueba son posibles:

- una prueba completa de alrededor de 50 fases con cambio de los dígitos marcados y con funciones es-

peciales (prefijos incorrectos, numeración incompleta, etc.);

- una prueba simple con un solo ciclo, estableciendo un prefijo desde el panel central de prueba.

En el caso de que se produzca un incidente son posibles dos situaciones:

- el registrador en prueba se conecta al registro de incidentes de forma normal;
- el mismo circuito de prueba se conecta al registro de incidentes. En este caso la identidad del registrador en prueba y la identidad y la información funcional del circuito de prueba son transmitidas al registro de incidentes desde el circuito de prueba.

#### Supervisión visual

Existen dos lámparas de ocupación, una en el panel de alimentación y otra en el panel de supervisión central, para cada uno de los circuitos de control; marcadores de preselección, registradores, conectadores de traductor, marcadores primarios y secundarios.

En el panel de supervisión central se gobierna el encendido de las lámparas de registradores, en bandas de 20, por medio de una llave.

#### Alarmas y supervisión general

El fallo de ciertos circuitos del GCI origina una alarma de 1ª ó 2ª categoría.

En los casos siguientes se produce una alarma de 1ª categoría:

- fusibles de 1ª categoría,
- equipo de 1ª categoría (incidentes),
- generadores estáticos de temporizaciones, tonos y cadencias,
- sala de fuerza,
- fusible de sala de fuerza,

## Grandes Centros Interurbanos Pentaconta

- fusibles que atienden a relés de alarma de 1ª categoría,
- fusibles que atienden a relés de alarma de 2ª categoría.

En los casos siguientes se produce alarma de 2ª categoría:

- fusibles de 2ª categoría,
- equipo de 2ª categoría (incidentes).

Estos dispositivos y el equipo de supervisión general permiten que se identifiquen la sala, fila y bastidor en el cual se origina una alarma.

### Conservación de circuitos

#### Prueba automática de enlaces de salida

Este equipo está diseñado para probar los enlaces de salida (fig. 12) pertenecientes a dos unidades secundarias, o sea 784 circuitos, independientemente de su sistema de señalización. En el caso de que se produzca una falta se recurre al registro de incidentes.

Se puede probar un enlace de salida determinado, de cualquier tipo de señalización o todos los enlaces de salida locales con el mismo tipo de señalización o todos los enlaces de salida interurbanos también con el mismo tipo de señalización.

Es posible realizar las siguientes pruebas:

- prueba automática de señalización interurbana empleando una frecuencia de prueba que se comprueba en un aparato de medida de niveles de recepción;
- pruebas automáticas con señalización local, si es necesario;
- pruebas de tipo "voltímetro" sólo para enlaces de salida locales.

#### Prueba, medida y supervisión de los enlaces interurbanos

Los enlaces interurbanos pueden ser probados desde un panel de pruebas manuales que es común a un módulo único de 1170 ó 2340 enlaces. El panel contiene 60 grupos de "jacks" comunes.

Cada grupo de "jacks" atiende a 20 ó 40 enlaces.

Se utiliza el equipo siguiente para pruebas y medidas en enlaces interurbanos:

- dispositivo de medidas de transmisión a 800 Hz con atenuadores.

Para las medidas de las señales de línea el equipo, montado en un bastidor móvil, es el siguiente:

- un impulsógrafo para la observación simultánea de los hilos de señalización;
- un distorsiómetro estroboscópico para medir la longitud de una señal o para generar una señal de una longitud determinada, o para medir la distorsión de una señal;
- un generador de señales (en código decimal) que genera llamadas reales salientes con impulsos de longitud variable.

### Supervisión visual

Una lámpara y un jack de ocupación se equipan por enlace en el panel de supervisión. Se pueden equipar las lámparas y jacks correspondientes a una ruta determinada.

### Pruebas con ATME

Es posible conectar al GCI un sistema ATME (equipo automático de medidas de transmisión para circuitos interurbanos o internacionales).

### Observación de tráfico

#### Contadores de tráfico

Se equipan contadores de tomas para cada uno de los siguientes circuitos de control:

- marcador de preselección, marcador primario, marcador secundario, conector de traductor.

También se encuentra disponible un conjunto de contadores con puesta a cero que están sin asignar y conectados por medio de cordones flexibles, con el fin de observar tomas, renovaciones, fallos en registradores, conectadores de traductor, marcadores primarios y ocupación total de secciones secundarias detectada por los marcadores primarios.

Además de las medidas anteriores, la unidad de traducción puede contar el número de llamadas por ruta.

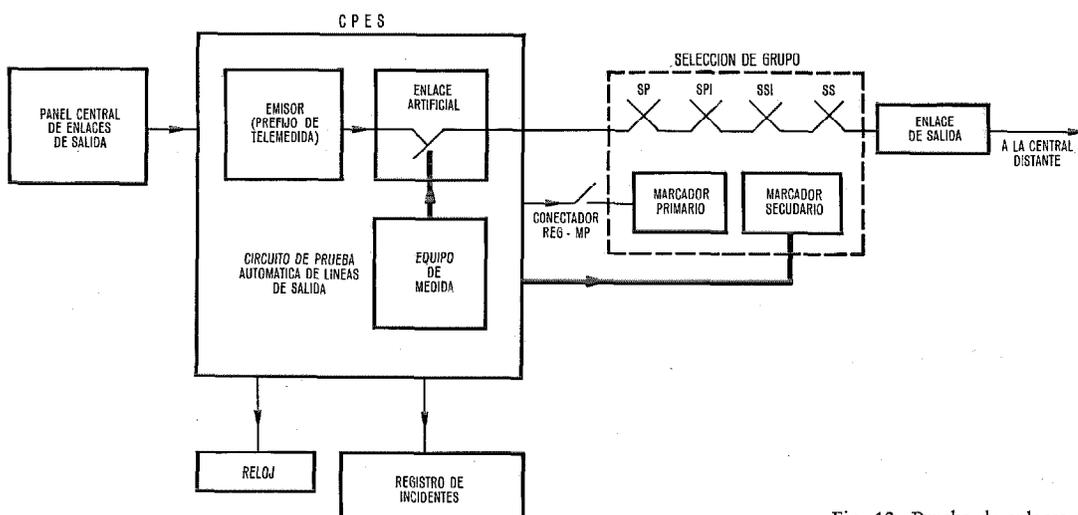


Fig. 12 Prueba de enlaces de salida.

Observación y medida de tráfico por ordenador

Un ordenador T 2020 ha sido equipado para medir el tráfico de los enlaces de llegada y salida, así como el de todos los equipos de registradores. El equipo muestra en un panel de lámparas, simultáneamente, el número de enlaces libres, ocupados y fuera de servicio de diez rutas de llegada o salida preseleccionadas y, para cada unidad de control, el número de registradores libres, ocupados y fuera de servicio.

A horas preestablecidas el equipo imprime la siguiente información:  
para 100 rutas de llegada y salida previamente escogidas:

- el número de la dirección,
- número total de enlaces en esa ruta,
- número de enlaces fuera de servicio,
- tráfico total de la ruta en erlangs,
- tráfico efectivo de la ruta en erlangs.

Para cada uno de los 36 grupos de registradores:

- el número del grupo,
- cantidad de registradores fuera de servicio,
- tráfico total del grupo en erlangs.

Se puede equipar también un dispositivo más simple con un "erlángmetro".

Observación y medida de la duración de la ocupación total de enlaces de las rutas de salida

Se equipa una lámpara por ruta para indicar la situación de ocupación total de enlaces sobre el correspondiente panel de observación. Una segunda lámpara proporciona la misma información en el panel general.

Existen contadores individuales para cada ruta en el bastidor de observación para registrar la duración total de la congestión en la ruta. Un paso corresponde aproximadamente a un segundo de congestión. Este contador puede ser puesto fuera de servicio por medio de un jack.

Distribución en planta

Se muestra en la figura 13 la distribución en planta típica de un GCI francés para cursar tráfico de llegada y tránsito. Esta distribución está basada en una longitud de fila de 62 módulos, una anchura de sala de 11 metros y la siguiente sucesión de filas por elemento (primario y secundario):

- unidad de control para el elemento primario nº 1,
- elemento secundario nº 1,
- elemento primario nº 1 y elemento secundario nº 1,
- elemento primario nº 1,
- preselección y enlaces de llegada de la sección primaria nº 1.

Los elementos (primario y secundario) se distribuyen en el siguiente orden:

Elemento 1 — elemento 2 — enlaces de salida de los elementos 1 a 4 (2 filas) (reducción del cableado) — elemento 3 — elemento 4.

La extensión de 1560 enlaces de llegada y 1568 enlaces de salida se consigue en 22 filas.

El conjunto de 9 extensiones planeadas para conseguir una capacidad final de 14.040 enlaces de llegada

y 14.112 enlaces de salida representa por tanto un total de 198 filas.

A todo esto se debe añadir:

- 3 filas para la unidad de traducción, la cual debe ser instalada en la fase 1ª,
- 2 filas de equipo de conservación (llamadas dirigidas, prueba automática de registradores, registro de incidentes, conservación automática y manual de enlaces) para un conjunto de 12 elementos primarios y secundarios lo que supone 6 filas para un GCI completo,
- media fila de circuitos de conservación de la central para un conjunto de 12 elementos primarios y secundarios; fila y media para un GCI completo,
- una fila para la observación de tráfico por ordenador para todo el GCI.

De esta manera para la totalidad de equipo de un GCI que cursa tráfico de llegada y tránsito, con sus 14.040 enlaces de llegada y 14.112 enlaces de salida, red de conmutación, unidades de traducción, conservación y observación y medida de tráfico se necesitan 210 filas en un área de 2400 metros cuadrados.

Un GCI para tráfico nacional de salida requiere un espacio de alrededor de 3000 metros cuadrados.

Un GCI para tráfico internacional puede cubrir entre 4500 y 5000 metros cuadrados dependiente de la señalización de llegada y de salida que se emplee.

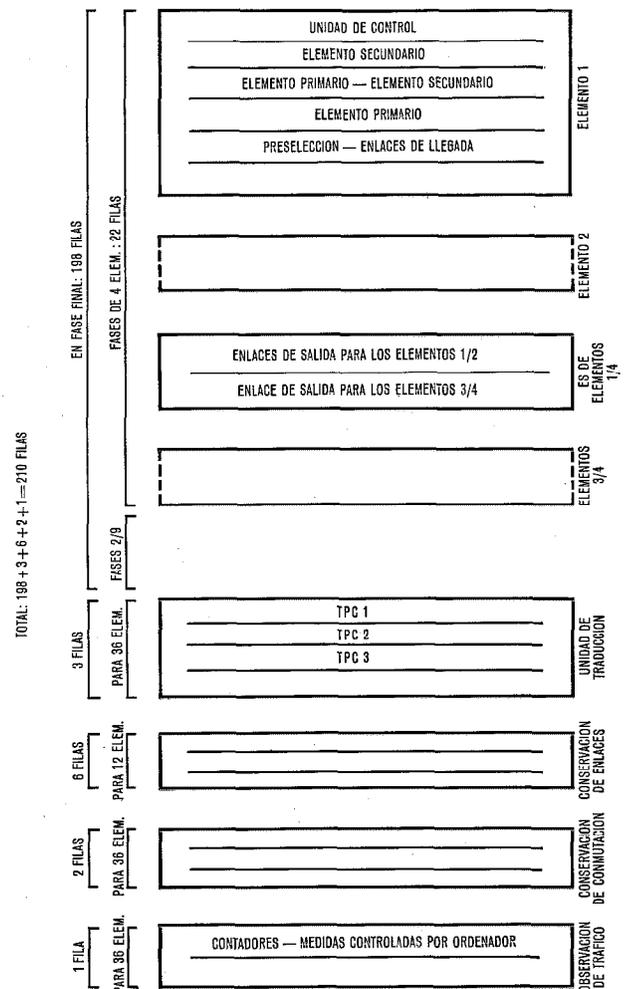


Fig. 13 Plano de planta de un GCI francés para tráfico de llegada y tránsito.

### Conclusión

Los estudios económicos realizados han demostrado que este tipo de control está diseñada de manera que su coste resulta muy bajo.

Las versiones instaladas en Francia equipadas con más de 800 circuitos, son más económicas que las centrales que se utilizaban anteriormente.

El GCI es por tanto capaz de satisfacer los requerimientos de las Administraciones para el equipo de conmutación de las redes interurbanas en los años venideros, introduciendo una mayor flexibilidad por el uso de ordenadores para la traducción y la observación de tráfico y proporcionando un alto grado de servicio que se consigue por medio de un equipo de conservación amplio y eficiente.

**Roger Mugnier** nació en Chalon-sur-Saône, Francia, el 4 de noviembre de 1934. Diplomado ingeniero en la Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, ingresó en Le Matériel Téléphonique en 1958. Participó en los estudios de introducción del sistema Pentaconta® en la red francesa. Desde 1969 el Sr. Mugnier es Ingeniero Jefe responsable del Servicio Técnico de Telefonía.

**Roger Desplanques**, nacido en París, es antiguo alumno de la Ecole Centrale de l'Electronique.

Ingresó en Le Matériel Téléphonique en 1944 y pertenece al Servicio Técnico de Telefonía. Después de su participación en el desarrollo del primer centro internacional automático Pentaconta® (CINAT) y en los estudios del centro interurbano de Zurich (Fernamt IV) en colaboración con STR, es ahora responsable de los estudios de centros interurbanos e internacionales Pentaconta® y en particular de los grandes centros interurbanos (GCI).

# Experiencias del sistema PC-32 en la red automática provincial de Navarra

Las áreas rurales representaban un entorno de baja rentabilidad para los sistemas automáticos de conmutación tradicionales, que ha sido cubierto por el Sistema PC-32.

J. HERNAN-GOMEZ MUÑOZ  
A. MOLINA CABRERIZO  
Standard Eléctrica, S. A., Madrid, España

## Adaptación a la red automática de España

En julio de 1967 la Compañía Telefónica Nacional de España (C.T.N.E.) promovió un concurso público que tenía como objetivo la automatización telefónica de las áreas rurales españolas.

Las bases técnicas que debían cumplir los sistemas telefónicos ofertados se reflejaron en un documento de C.T.N.E. titulado "Especificación de Centrales Automáticas Rurales".

El Sistema PC-32, especialmente desarrollado por varias compañías ITT en colaboración, para cumplir con las exigencias planteadas por las áreas rurales, se encontraba en inmejorables condiciones para competir con éxito con cualquier otro sistema rural, dado que SESA-Madrid, por una parte, era una de las compañías ITT que estaban colaborando en su desarrollo y, por otra, tenía un elevado conocimiento de los problemas de la red española, basado en la experiencia adquirida por la fabricación e instalación de los Sistemas Rotary y PC-1000 que funcionan en España.

El Sistema PC-32 no sólo podría adaptarse perfectamente a la red española, ofreciendo una de las mejores facilidades y grado de servicio, sino que además, entre otras, presentaba las siguientes ventajas:

- Equipo de fácil y rápida instalación por ser sus unidades totalmente enchufables, reducidas y de fácil manejo.
- Reducido costo de instalación.
- Mínimo tiempo de conservación, pudiendo existir centrales no atendidas con los dispositivos necesarios para transferir las alarmas a centrales superiores atendidas.
- Flexibilidad en cuanto a número de líneas, interconexión con otros sistemas, numeración, etc.

Como resultado del concurso, el Sistema PC-32 fue el elegido, convirtiéndose en el iniciador de la automatización masiva de las zonas rurales en España.

Básicamente, el sistema ofrecía dos versiones.

- a) Centrales a una etapa, que estaban concebidas para su funcionamiento como centrales satélites de una principal, con un máximo de 128 líneas.
- b) Centrales a dos etapas, ó normales, que podían utilizarse como centrales principales o dependientes de otra principal, con un máximo de 768 líneas por bloque.

Entre ambas versiones, se conseguía cubrir la gama de centrales urbanas con capacidades comprendidas entre 32 y 768 líneas en centrales monobloques, pudién-

dose ampliar hasta 3000 líneas utilizando centrales multibloque.

Las versiones anteriores cubrían satisfactoriamente los requerimientos normales de las áreas rurales, en cuanto a número de líneas (abonados y enlaces) y a capacidad de tráfico. Sin embargo, ante la posibilidad de presentarse centros con fuerte tráfico de tránsito y un número de enlaces superior al normal, SESA-Madrid desarrolló una nueva unidad de selección que utiliza los mismos componentes de las versiones precedentes y cuyo objetivo es permitir un alto tráfico de salida y la conexión de un número elevado de enlaces. Por su configuración y finalidad esta unidad se denomina Bloque de Enlaces.

En Bloque de Enlaces fué concebido para coexistir con los bloques normales, descargándolos de todo el tráfico de salida. Pueden conectarse en él 288 enlaces repartidos entre las 21 rutas posibles que prevé.

## Planificación de la red telefónica de Navarra

La provincia de Navarra ha sido la primera de España en que se han instalado centrales PC-32 para la automatización de la red provincial.

Previamente, la configuración de la red provincial de Navarra era como se muestra en la figura 1.

La CAP (Central Automática Provincial) constituía el centro principal de la provincia, era del Sistema PC-1000, y su función la de cursar el tráfico provincial originado en las centrales urbanas de Pamplona (CU-1) hacia otras poblaciones de la provincia, con centrales automáticas PC-1000 (CU-2) o con centrales manua-

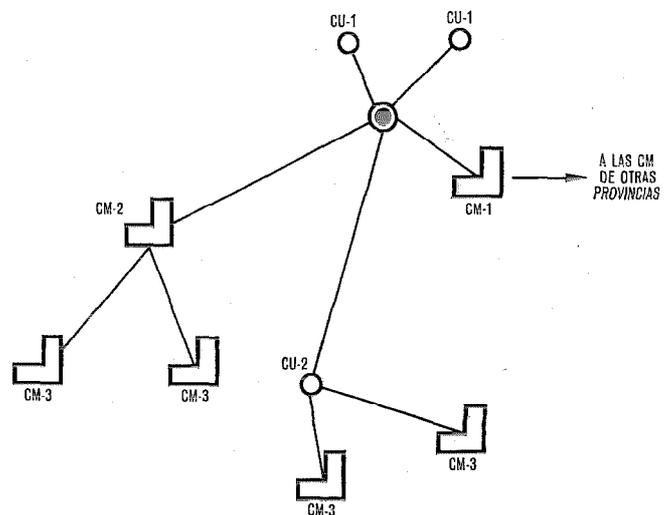


Fig. 1 Configuración de la red provincial antes de la automatización.

les (CM-2). También la CAP tenía conexión con otra central manual (CM-1) para cursar el tráfico que, originado en Navarra, se dirigiese a otras provincias.

Las CU-2 y CM-2 cursaban también el tráfico provincial de poblaciones circundantes provistas de central manual (CM-3). Como se puede apreciar, casi todo el tráfico provincial se establecía a través de operadoras, cursándose un reducido tráfico que no estaba en consonancia con el desarrollo industrial, comercial y agrícola de la provincia de Navarra.

Con el plan de automatización, Navarra se dividió en 11 Sectores. Cada Sector representaba una zona telefónica, de acuerdo con la situación geográfica y la comunidad de intereses.

En cada Sector se dispuso de una Central de Sector (CS) situada en aquella población que constituía el centro de gravedad del tráfico telefónico del mismo. En las demás poblaciones del Sector se instalaron Centrales Terminales (CT), que están conectadas con la CS.

Todas las Centrales de Sector de la provincia se conectaron a una Central Automática Integrada (CAI) localizada en Pamplona, que tiene como función cursar el tráfico provincial entre los Sectores y el tráfico interprovincial originado o terminado en la provincia, ya que las CAI de cada provincia están interconectadas.

La configuración descrita se representa en la figura 2, donde se han esquematizado, a modo ilustrativo, los sectores A, B y C.

El siguiente cuadro detalla el número de centrales de cada tipo y el número de líneas instaladas en la red provincial de Navarra, hasta comienzos de 1972.

	PC-1000	16.980	TOTAL
Centrales de Sector	4	PC-32	11
Centrales Terminales	0	7	108
Líneas instaladas	6000	108	22.980

#### Etapas de transformación para la automatización de Navarra

En el proceso de automatización de Navarra el paso de la configuración de la figura 1 a la figura 2 se hizo cubriendo determinadas etapas intermedias.

En la primera fase, se instalaron algunas centrales PC-32, que en el futuro se convertirían en CS, quedando constituidas en Centrales Urbanas, de igual forma que las ya existentes PC-1000 (CU-2).

Estas primeras centrales sustituían a las CM-2 existentes, no cursando tránsito automático hacia CT, y estaban conectadas con la CAP.

En la segunda fase, comenzó la instalación de CT en sustitución de las CM-3, comenzando también la instalación de los órganos necesarios, en las centrales PC-32 ya instaladas, para que se convirtiesen en Centrales de Sector (CS-3) con posibilidad de cursar el tráfico de las CT que dependerían de ellas.

Las CS-3 instaladas fueron de la versión PC-32 a dos etapas y las CT a una o dos etapas, según los casos.

En la tercera fase las Centrales CU-2 del Sistema PC-1000 pasaron a convertirse en Centrales de Sector (CS-2) mediante la instalación de los órganos necesari-

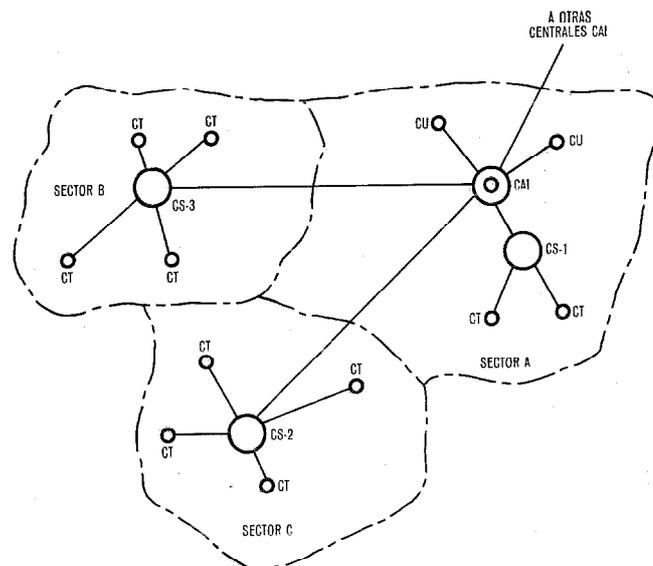


Fig. 2 Configuración de la red provincial después de la automatización.

rios para cursar el tráfico de tránsito originado en las CT conectadas a ellas.

En la cuarta fase, la CAP pasó a convertirse en Central de Tránsito Sectorial (CS-1) con conexión a las CT próximas a Pamplona, después de transferir sus servicios a la nueva CAI.

#### Interconexión entre centrales terminales y de sector

Normalmente las conexiones entre CS y CT son a 2 hilos, debido a la proximidad entre estas centrales.

En estas conexiones cabe la señalización de línea a corriente continua en orden a la poca complicación que requiere la instalación de estas líneas.

En casos en que estas centrales se encuentran a mayor distancia una de otra, se han empleado conexiones a 4 hilos con sistemas multicanal, dándose preferencia a la señalización "fuera de banda".

Independientemente de la señalización de línea empleada, la interconexión entre las CT y las CS se ha realizado mediante enlaces bidireccionales, a consecuencia del tráfico fluctuante entre este tipo de centrales rurales, consiguiéndose de esta forma una mayor rentabilidad de las líneas.

La señalización de línea se ha utilizado también para el envío del cómputo desde la CS a la CT.

El sistema de tarificación utilizado ha sido el Karlsson, transmitiéndose los impulsos de cómputo, durante la conversación, a intervalos regulares, hacia el contador del abonado que en la CT origina la comunicación. La duración de los intervalos entre impulsos varía en relación inversa con la distancia, iniciándose el envío al descolgar el abonado llamado.

La conversación no se perturba con el envío de los impulsos de cómputo debido a unos filtros especiales que se equipan en los enlaces.

Con la eliminación de los dispositivos de tarificación en las CT (a excepción del cómputo local) se consigue no sólo un considerable ahorro de equipo, sino también simplificar los análisis en los traductores.

En cuanto a la señalización para el control de las selecciones, el Sistema PC-32, con el auxilio de los emisores y receptores convenientes, puede intercambiar información con cualquier otro sistema, por lo que resulta de una gran flexibilidad.

En este sentido la señalización empleada entre las CT con capacidad superior a 100 abonados y las CS ha sido la del Sistema Multifrecuencia Socotel, que es el que se utiliza en España, y entre el resto de las CT y las CS ha sido a impulsos directos, a través de la señalización de línea.

### Conservación

Debido a la constitución de los sectores (Fig. 2) y a la gran proliferación de CT, algunas de ellas con un reducido número de líneas, la conservación de todo el sector se centraliza en la CS, que se considera a estos efectos central atendida, y las CT centrales no atendidas.

Las soluciones técnicas empleadas en la red de Navarra para hacer posible esta forma de conservación se han basado principalmente en los siguientes puntos:

— Transferencia de alarmas a una central distante.

En las CT se ha previsto la transferencia de alarmas a la CS poniendo en conocimiento de ésta, no sólo si la alarma es urgente o no, sino además la causa que la ha motivado.

— Realización de pruebas a distancia.

Las CT se han preparado también para las pruebas distantes que puedan realizarse desde la CS.

Para no utilizar líneas dedicadas exclusivamente a estas facilidades se aprovechan, con las precauciones necesarias, líneas ya utilizadas para la conexión entre enlaces de ambas centrales.

El tiempo de conservación de las Centrales del Sistema PC-32 se estima en 20 minutos por línea y año.

Para comprobar la exactitud de este tiempo teórico, hicieron unos ensayos conjuntamente CTNE y SESA en el sector de Alsasua, constituido por una CS (600 líneas) y 4 CT (410 líneas).

Se realizó un programa de mantenimiento para evaluar el personal requerido. El resultado final obtenido tenía una desviación inferior al 5%, lo que puede considerarse muy satisfactorio.

### Interconexión de las CS con las CAI ó CAP

La interconexión de las CS, en un principio con la CAP y posteriormente con la CAI, se realizó a 4 hilos, con señalización de línea a 2500 Hz o "Fuera de banda", según los casos.

Los enlaces utilizados son unidireccionales, debido a que tanto el tráfico de llegada como de salida no fluctúa en exceso, por concentrarse todo el tráfico del Sector.

Los enlaces de salida están preparados para generar el cómputo de todas las llamadas originadas dentro del Sector.

Los impulsos de cómputo son enviados directamente a los contadores de abonados, en las llamadas origina-

das en la propia CS, ó a los enlaces bidireccionales conectados con la CT, en las llamadas en tránsito.

La señalización utilizada para el control de las selecciones entre las CS y la CAI ó CAP es a Multifrecuencia SOCOTEL.

### Adaptación para nuevos servicios introducidos en el sistema

El Sistema PC-32 ha resuelto con éxito su adaptación a los requerimientos o servicios solicitados por las administraciones: introducción en redes S x S con numeración abierta o cerrada, observación de abonados, bloqueo de emergencia, rutas alternativas, etc.

Entre los solicitados por CTNE, para su introducción en las redes automáticas rurales de España, merecen destacarse:

a) Retención y supervisión del abonado que llama

En llamadas dirigidas a determinados servicios especiales locales o distantes, el control de la comunicación pasa del abonado que llama al llamado, quedando la comunicación retenida a voluntad de éste y recibiendo, en caso necesario, las indicaciones correspondientes al estado de descolgado o colgado del abonado que llama.

b) Introducción de líneas compartidas con o sin "teletaxe"

En el proceso de automatización, quedaban algunos núcleos de población muy reducidos, para los cuales el establecimiento de una línea por abonado con la central automática resulta poco rentable.

Este inconveniente se resuelve utilizando líneas compartidas.

El Sistema PC-32 permite la utilización de una misma línea para dos abonados próximos entre sí, ofreciendo la posibilidad de que cada uno de ellos pueda efectuar y recibir llamadas como cualquier abonado de la central, incluso con el que comparte su línea.

El cómputo de las llamadas originadas por cada uno de estos abonados se registra en contadores independientes y, por medio de adaptadores "teletaxe" a 12 kHz, puede registrarse el cómputo en el centro que origina la llamada.

c) Integración a la red automática internacional

Se ha previsto para un futuro próximo la integración de las redes rurales a la red automática internacional.

Como una primera solución, para atender estos servicios se instalarán, en determinados casos, unas Centrales de Tránsito Internacional (CTI) y en otros, una cadena especial en las CAI existentes.

El abonado, que en una Central de Sector PC-32 pretenda su conexión a la red automática internacional, marcará un prefijo para seleccionar un enlace de salida especial a la CAI ó CTI. Desde aquí se enviará un código en señal MF que el emisor de la CS interpretará para enviar un nuevo tono de 800 Hz al abonado que llama. Las cifras que marque el abonado pasarán sin almacenar directamente al emisor MF, que se encargará de enviarlas con la secuencia del abonado.

Cuando el abonado que llama corresponda a una Central Terminal PC-32 marcará también el prefijo de llamada internacional, seleccionándose un enlace de salida normal con la CS. En el intercambio de señalización MF entre la CT y la CS, esta última recibirá indicación de llamada internacional, que la hará seleccionar un enlace de salida especial hacia la CTI ó CAI, prosiguiendo como en el caso anterior. Con el procedimiento descrito, se evita ampliar los bancos de relés almacenadores de cifras en los registradores actualmente en servicio en las centrales rurales, por lo que el procedimiento resulta altamente económico.

No obstante, si bien el tipo de interconexión descrito es satisfactorio, pueden utilizarse otros procedimientos que evitarían el segundo tono al abonado y el envío secuencial de las cifras, de acuerdo con la velocidad de marcaje del abonado. Para ello, el Sistema PC-32 no ofrece más problemas que los propios del almacenaje del número de cifras requerido, los análisis en los traductores y la preparación de los emisores y enlaces convenientes, ya que dispone de la facilidad de identificación del abonado que llama, necesario para registro automático de comunicaciones ("toll ticketing").

### Conclusión

El desarrollo industrial y comercial de las zonas rurales exige un desarrollo paralelo de los medios de comunicación. En particular en el dominio de la telefonía, es necesario, no solo crear nuevos centros automáticos, sino también la sustitución de los centros manuales con el fin de que los abonados de las zonas rurales puedan disponer de las mismas facilidades que los abonados urbanos.

Es necesario, por tanto, reemplazar las instalaciones mal adaptadas a las necesidades de la hora actual e implantar nuevos medios de comunicación acordes con el desarrollo de estas regiones.

El Sistema PC-32, está especialmente concebido para resolver esta situación, dando muestra de ello, cerca

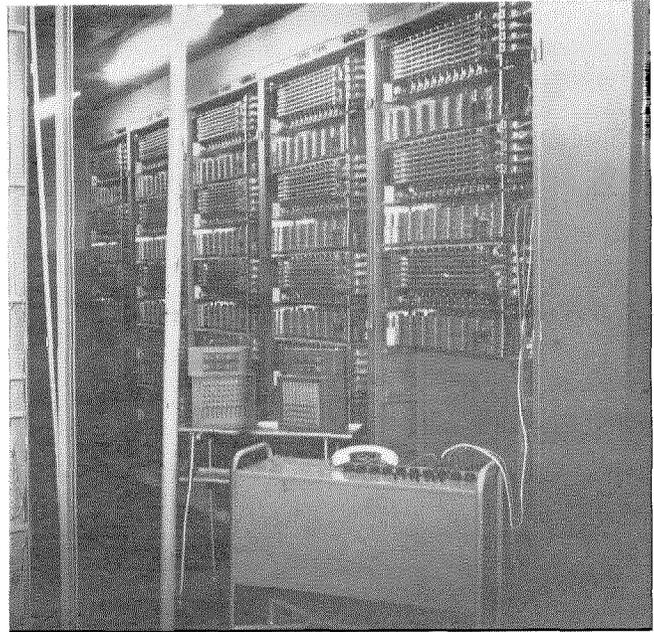


Fig. 3 Central PC-32 (vista parcial).

de 400 centrales de este tipo (Fig. 3) instaladas en España entre los años 1969 y 1972.

**José Hernan-Gómez Muñoz:** Realizó sus estudios de Ayudante de Ingeniero en el ICAI finalizándolos en 1945, fecha en que se incorporó a la División de Instalaciones de Standard Eléctrica, S. A. (Madrid).

Fue Jefe de Pruebas del Sistema Rotary 7 A-2, Jefe Regional de Instalaciones, y actualmente es Jefe de Instalaciones del Sistema PC-32.

**Antonio Molina Cabrerizo:** Nacido en 1944 realizó sus estudios de Ingeniero Técnico Industrial en Madrid finalizándolos en 1964. En 1963 ingresó en Standard Eléctrica, S. A. de Madrid, incorporándose a la División de Ingeniería del Sistema Pentaconta, donde trabajó especializándose en cableado y en diseño de circuitos de centrales Urbanas e Interurbanas.

Al crearse la División de Ingeniería de Desarrollo Aplicado se especializó en el diseño de circuitos para el Sistema PC-32, pasando en 1972 a ocupar el cargo de Jefe de Proyectos de dicho Sistema.

# Los circuitos MOS LSI de cliente ofrecen nuevas perspectivas para los equipos de comunicaciones

Los circuitos MOS están alcanzando importancia creciente comparados con los circuitos bipolares digitales. Esto se debe principalmente a sus excelentes propiedades, que llevan a soluciones económicamente superiores. Este hecho se ha demostrado en varios desarrollos realizados por SEL.

G. ZEIDLER

D. BECKER

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, Alemania

## Evolución hacia la tecnología MOS

En los últimos 30 años, la industria de comunicaciones eléctricas experimentó varias revoluciones en la tecnología de equipos digitales. La figura 1 ilustra el desarrollo [1]. Hacia 1950 se utilizaron preferentemente tubos de vacío para realizar los circuitos digitales; hacia 1960, dispositivos discretos de semiconductores y en 1970 circuitos integrados bipolares. Pero los circuitos integrados bipolares han pasado también su apogeo. Los sucesores son dispositivos unipolares (basados en el principio de efecto de campo), particularmente, circuitos integrados en tecnología MOS.

La figura 2 muestra las ventas totales de componentes digitales, así como un avance de las ventas futuras [2]. De acuerdo con esta información de la Asociación de Industrias Eléctricas, las ventas de MOS alcanzaron en 1970 el nivel de 50 millones de dólares y probablemente alcanzarán la cifra de 300 millones en 1975. Esto significaría el 45 %, aproximadamente, de las ventas totales de componentes digitales.

Las figuras 3 y 4 contienen un desglose más detallado de las ventas totales de componentes MOS indicadas en la figura 2. La figura 4 muestra también las ventas registradas y proyectadas en el mercado de comunicaciones, es decir, para transmisión, conmutación y equipo terminal. Se estima que el negocio de componentes MOS alcanzará en esta área, en 1975, un volumen de 55 millones de dólares.

Existen en el mundo unos 50 fabricantes de dispositivos MOS; en Europa se conocen, hasta el momento, nueve fabricantes de MOS.

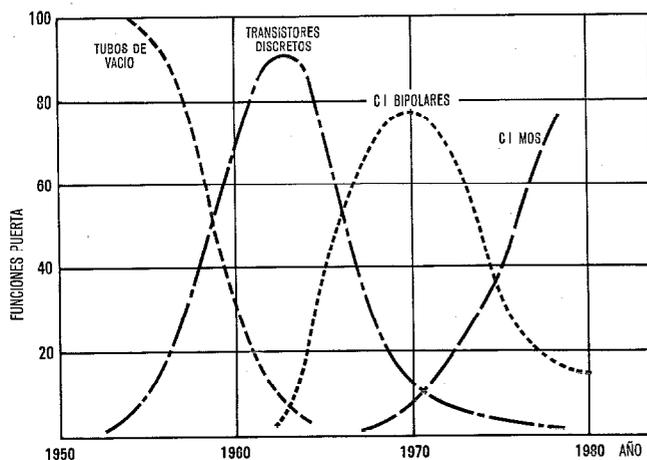


Fig. 1 Desarrollo de tecnologías de componentes digitales.

## Circuitos MOS

### Tecnologías MOS

El transistor MOS (de efecto de campo), en diseño y propiedades ya se han descrito con detalle [1, 2, 3] de manera que no es necesario discutirlo aquí.

Los circuitos MOS pueden producirse mediante una variedad de procesos. Algunos se han probado y rechazado, mientras que otros todavía están en desarrollo y sólo unos pocos, hasta el presente, se han encontrado adecuados para su aplicación y producción masiva.

Las tres estructuras MOS básicas son:

- MOS canal P (PMOS)
- MOS canal N (NMOS)
- MOS complementario (CMOS).

Estas estructuras, así como sus variantes de producción [4], se describen y evalúan en la tabla 1.

### Circuitos MOS de cliente y normales

Las tecnologías MOS se adaptan especialmente para una integración en gran escala (LSI). Prácticamente, por tanto, todos los dispositivos MOS del mercado pertenecen a esta categoría.

Los circuitos LSI MOS, a su vez, se pueden subdividir en los llamados dispositivos de cliente y dispositivos normales. Los dispositivos normales son "universales", es decir, son adecuados para aplicaciones di-

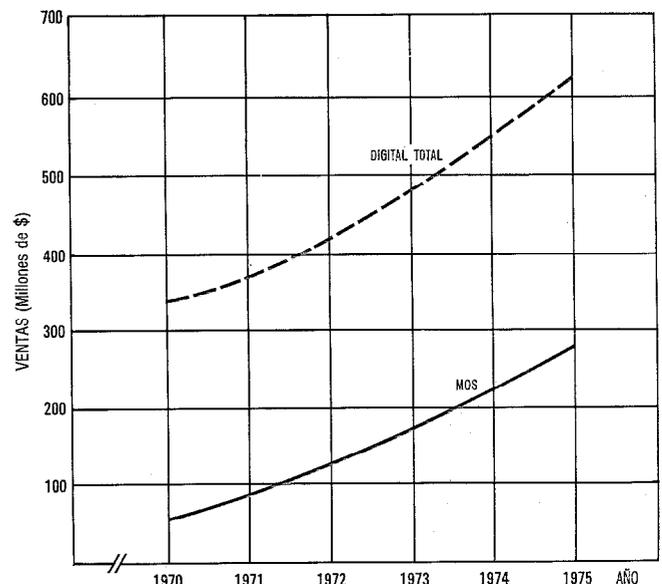


Fig. 2 Ventas de componentes digitales.

versas. Los fabricantes de semiconductores los tienen disponibles con funciones definidas y parámetros de los componentes. Los conjuntos de cliente, por el con-

trario, se desarrollan para una aplicación particular, definiendo el cliente la función y los parámetros eléctricos principales, mientras que el fabricante produce el adecuado dispositivo.

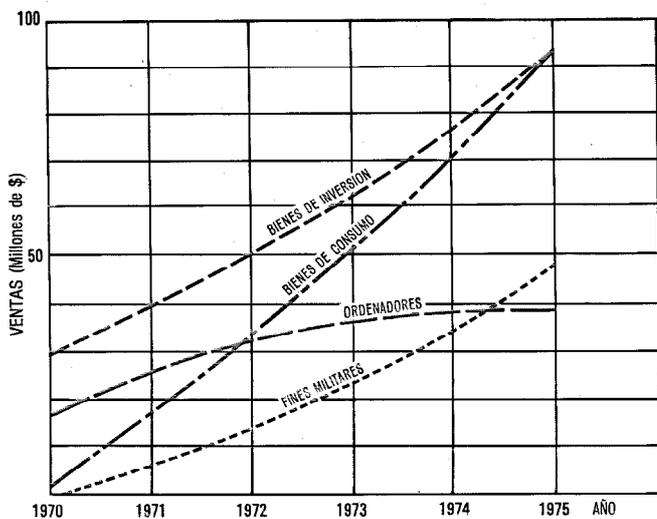


Fig. 3 Ventas totales MOS.

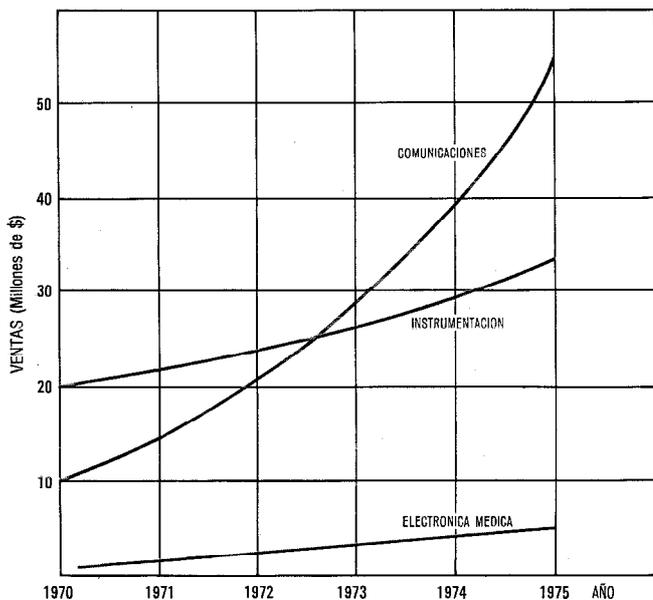


Fig. 4 Ventas de MOS en comunicaciones.

### Características de la tecnología MOS

#### Ventajas técnicas

Básicamente, casi todas las funciones digitales pueden realizarse utilizando dispositivos bipolares, o bien, dispositivos MOS. En la práctica, sin embargo, los circuitos MOS han resultado superiores, con casi ninguna excepción. Ofrecen las siguientes ventajas en comparación con los circuitos bipolares [1, 3]:

- Menores requisitos de espacio por función: principalmente debido a las menores dimensiones de los transistores MOS (MOS,  $50 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ ; bipolar,  $150 \mu\text{m} \times 150 \mu\text{m}$ ), el área del chip se reduce en la décima parte, aproximadamente.
- Cálculo simplificado: los circuitos MOS pueden calcularse utilizando unas pocas ecuaciones. En contraste a los circuitos bipolares, no existe corriente de entrada estática, de manera que las relaciones entre parámetros son más sencillas.
- Diseño de la máscara simplificado: los circuitos MOS contienen solamente elementos MOS. Sus parámetros dependen solamente de dos características topológicas (anchura del canal y longitud del canal). Por consiguiente, es muy fácil optimizarlos.
- Menos etapas de fabricación: para los circuitos MOS se requieren sólo, aproximadamente, la mitad de etapas principales de fabricación (en MOS 6, en bipolar 10, aproximadamente).
- Menor disipación de energía por función: debido principalmente a la alta resistencia del circuito, la disipación de energía se reduce, aproximadamente, a la centésima parte (como promedio).
- Mayor margen de temperatura: los circuitos MOS resultan adecuados para aplicaciones en bajas temperaturas, sin requisitos de selección. La movilidad de los portadores de carga aumenta, las resistencias del transistor caen y la velocidad de conmutación aumenta.

Tabla 1 - Comparación de tecnologías

	PMOS				NMOS	CMOS
	Normal	Nitruro	Puerta Si	Impl - ion		
Voltaje umbral	- 4 V	- 2 V	- 1,5 V	+ 1 V	+ 1 V	+ 1 V
Compatibilidad TTL	mala	moderada	buna	muy buena	muy buena	muy buena
Inmunidad al ruido	muy buena	moderada	moderada	buna	buna	muy buena
Flexibilidad de diseño	moderada	moderada	buna	muy buena	buna	buna
Densidad funcional	1	0,8	1,3	1,2	2	< 0,4
Disipación de energía	1	1	1	0,9	0,5	< 0,1
Frecuencia máxima	1	1	1,5	> 1,5	3	5
Coste de producción	bajo	bajo	medio	medio	medio	alto
Coste por puerta	1	1,2	1,2	1,2	1,2	5

Normal: Tecnología normal Canal P  
Nitruro: Tecnología nitruro Canal P

Puerta Si: Tecnología puerta silicio  
Impl - ion: Tecnología de implantación iónica

Ventajas económicas

Las ventajas técnicas de MOS LSI han tenido como resultado varios beneficios económicos. Los costes de fabricación de componentes y sistemas, así como el coste del funcionamiento y conservación disminuyen. Estas reducciones de coste se deben, principalmente, a los siguientes factores [1, 5]:

- Las menores dimensiones por unidad funcional permiten un mayor grado de integración, es decir, una mayor densidad por cápsula. Esto puede conducir a menores áreas de chip que, a su vez, aseguran un mejor rendimiento de fabricación y costes más reducidos del envase. Por otra parte, si se utiliza totalmente un área dada de chip, puede reducirse el número de conjuntos MOS y, en consecuencia, también el número de circuitos impresos y de interconexiones. El sistema más compacto resultante (con interconexiones ampliamente integradas) ofrece un mayor grado de fiabilidad y, por tanto, reduce los costes de conservación y funcionamiento.
- La simplificación del diseño del circuito, diseño de la máscara y producción, conduce a una reducción del precio de los componentes.
- La reducida disipación de potencia de los componentes MOS significa un menor consumo de energía, en consecuencia, un coste más bajo del suministro de energía.

La tabla 2 ilustra los efectos típicos de una mayor integración [1]. Las cifras correspondientes a la técnica MOS son conservativas y suponen menos ventajas que las dadas en los ejemplos del apartado "Aplicaciones de la tecnología MOS en ITT/SEL".

Características de la técnica MOS LSI de cliente

Las ventajas económicas anteriores se aplican, en principio, tanto a los dispositivos MOS normales co-

Tabla 2 - Costes de la realización en tecnología bipolar (TTL) y en tecnología MOS.

	Bipolar (TTL)		MOS	
	1 cto. impreso con 60 CI (660 funciones puertas)	DM	0,1 cto. impreso con 3 CI (más de 660 funciones puertas)	DM
Componentes (probados)	DM 1,50/CI	90	DM 25/CI	75
Circuito impreso con montaje	1 × 60	60	0,1 × 60	6
Prueba del circuito impreso	1 × 20	20	0,1 × 20	2
Conector	1 × 10	10	0,1 × 10	1
Cableado	1 × 15	15	0,1 × 15	1,50
Suministro de energía con condensador	para 6 vatios	35	para 1 vatio	6
Cápsula	1 × 15	15	0,1 × 15	1,50
Coste producción	$k_{TTL}$	245	$k_{MOS}$	87

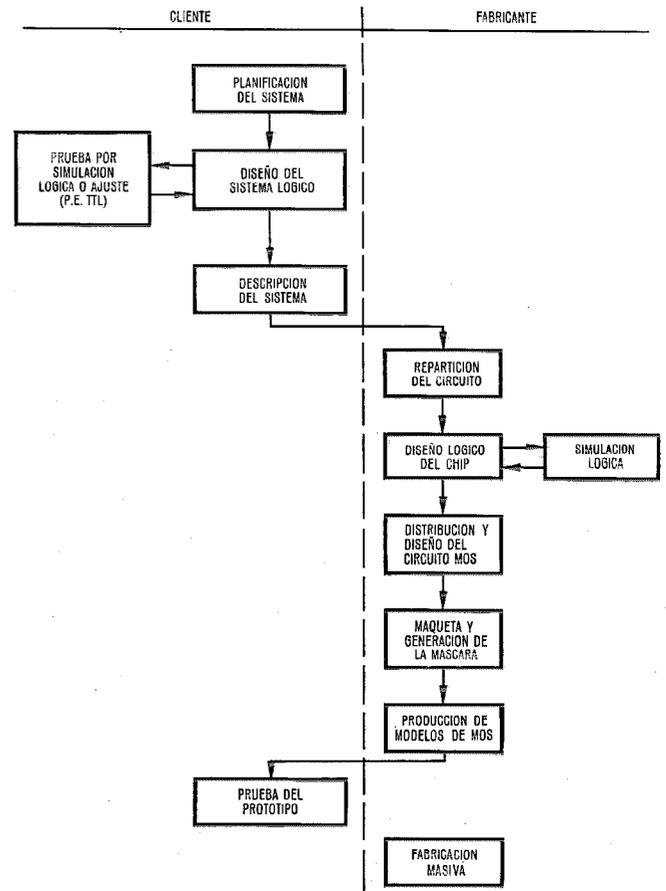


Fig. 5 Ciclo de desarrollo del MOS del cliente.

mo a los de cliente. Sin embargo, en el caso de MOS LSI de cliente, los beneficios económicos completos sólo pueden obtenerse si el concepto de sistema se traslada, de forma óptima, al diseño del circuito MOS.

Esta traslación representa un dialogo entre el cliente y el fabricante de semiconductores. La figura 5 describe la cooperación, que comienza con la definición de funciones por el cliente (descripción del sistema) y se extiende hasta la producción de los circuitos por el fabricante.

Los costes de diseño son muy elevados (12.000 a 25.000 dólares por circuito). Modificaciones posteriores debidas, por ejemplo, a cambios, suponen costes adicionales (hasta 4000 dólares por cambio de circuito).

Por consiguiente, los circuitos de cliente alcanzan su economía óptima si se producen para una función claramente definida y que no experimenta cambios en un extenso período de tiempo.

Tendencias en la tecnología MOS

Como puede verse en la figura 2, los negocios en componentes MOS comenzaron antes de 1970, pero su apogeo no se alcanzará probablemente antes de 1980. Puede predecirse que las tecnologías MOS experimentarán todavía un avance hasta esa fecha.

Algunas de las tendencias más importantes son:

- El grado de integración continuará aumentando. La figura 6 muestra el crecimiento de la densidad

## Circuitos MOS LSI de cliente

de componentes [3]. Los valores están basados en los requisitos de espacio de un transistor y no tienen en consideración el espacio necesario para interconexiones o espacio que queda libre.

- Se logrará un buen rendimiento con áreas de chip considerablemente mayores. La figura 7 muestra una previsión del aumento de la longitud del lado (se suponen áreas de chip cuadradas). La figura 8 combina la información contenida en las figuras 6 y 7, indicando el probable crecimiento en funciones por circuito MOS. En este caso, se han tenido en cuenta el espacio para interconexiones, así como el espacio no utilizado.
- A pesar del aumento del área del chip, están bajando los precios de los dispositivos MOS. La figura 9 muestra esta situación.

## Aplicaciones de MOS

### Revisión

Los dispositivos MOS normales, ofrecidos por los fabricantes de semiconductores incluyen principalmente:

- Registradores de desplazamiento estático
- Registradores de desplazamiento dinámico
- Memorias de solo lectura (ROM)
- Memorias de acceso aleatorio (RAM).

Una revisión de los dispositivos MOS de cliente es más difícil debido a su aplicación específica. Sin embargo, puede establecerse que todos los circuitos digitales pueden realizarse utilizando tecnologías MOS. Por tanto, la tecnología MOS se ha introducido en las siguientes áreas:

- Sistemas de comunicaciones, por ejemplo:
  - Modems
  - Multiplexores
  - Redes de conmutación

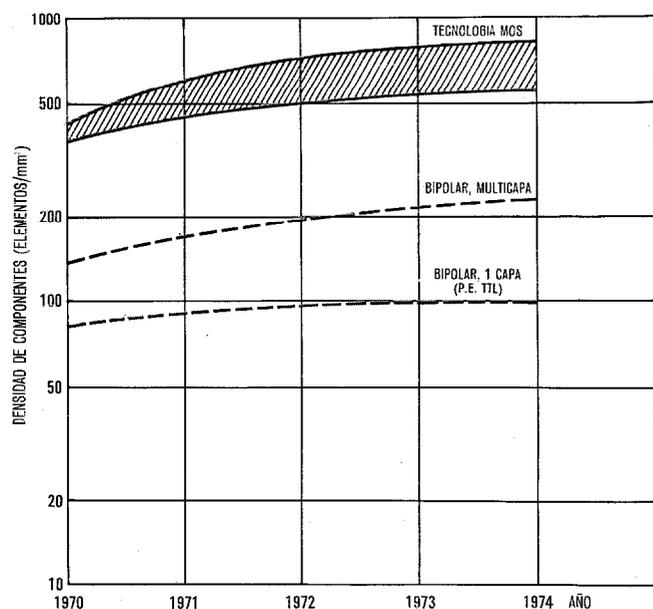


Fig. 6 Aumento en la densidad de componentes.

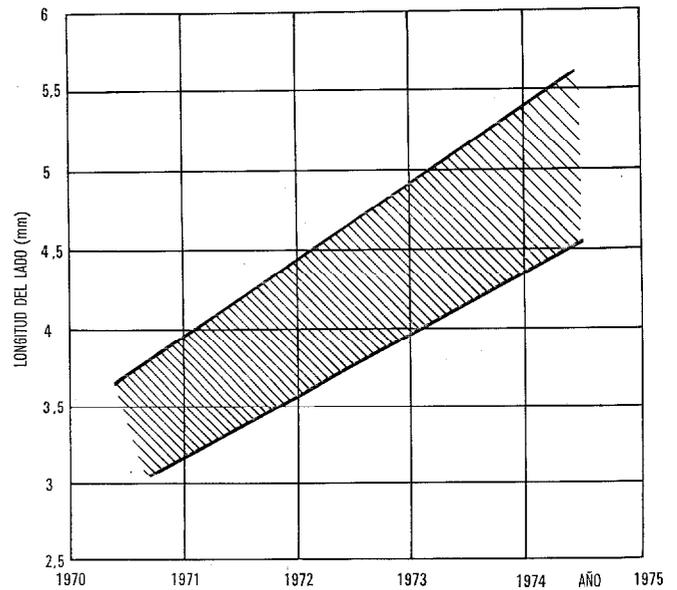


Fig. 7 Aumento en el área del chip MOS.

- Terminales de comunicaciones
  - Aparatos telefónicos
  - Terminales de datos
  - Teleimpresores
  - Unidades de presentación
- Sistemas de proceso de datos, por ejemplo:
  - Control del equipo de conmutación telefónica
  - Control de máquinas herramientas
  - Reconocimiento óptico de caracteres.

### Aplicaciones de la tecnología MOS en ITT/SEL

Dentro de las compañías ITT, el desarrollo de equipos y sistemas de comunicaciones en tecnología MOS comenzó en época muy temprana (alrededor de 1970). No es objeto de este artículo dar una lista completa

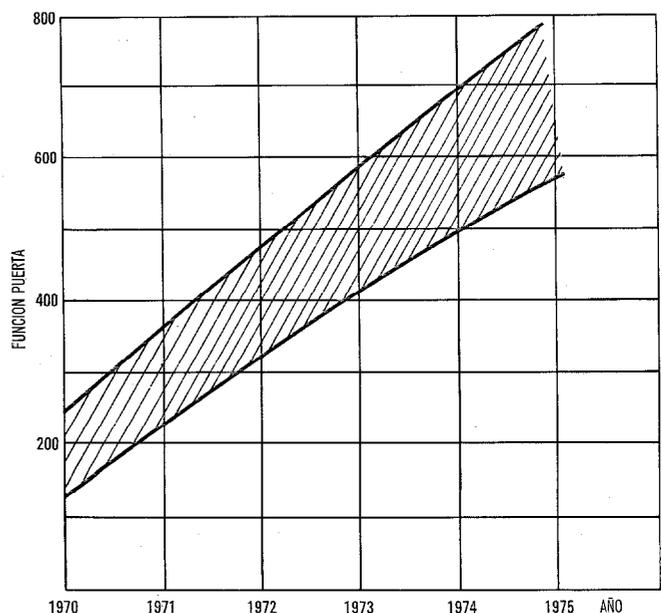


Fig. 8 Crecimiento en funciones por circuito MOS.

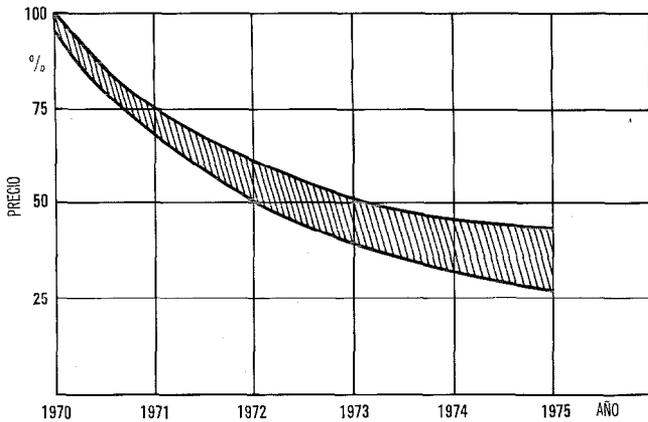


Fig. 9 Tendencia en el precio de MOS.

de todas las aplicaciones, ya que continuamente se están iniciando nuevos desarrollos MOS en diversas áreas técnicas. Algunos ejemplos típicos de desarrollos MOS completados y normales son:

- Puntos de cruce
- Multiplexores
- Modems
- Equipos móviles de radio
- Receptores de señal de pulsador
- Máquinas clasificadores de correo
- Multímetros
- Aparatos telefónicos
- Teléfonos de previo pago
- Teleimpresores
- Pantallas de representación
- Receptores de televisión.

En lo que sigue, se describen con más detalle tres proyectos de SEL en técnica MOS.

#### Teléfono de previo pago NT 2000

Desarrollado para la Administración alemana (PTT alemán), el teléfono monedero NT 2000, tiene las siguientes características principales:

- Es adecuado para llamada automática directa internacional.
- Puede conectarse al centro de conmutación como una estación de abonado normal, sin que requiera equipo alguno adicional.
- Puede manejar monedas de diversas denominaciones. Las monedas se filtran electrónicamente.
- Una pantalla con representación digital informa al usuario de la cantidad aun disponible para la llamada.
- Un método de cobro indirecto asegura la utilización óptima de las monedas depositadas. En el caso de que sobre dinero después completar una llamada, puede utilizarse para una llamada adicional.
- El teléfono es de muy fácil manejo.

Si estas características del modelo NT 2000 se hubiesen realizado con tecnología bipolar (TTL), el instrumento habría resultado muy caro y, por consiguiente, prácticamente invendible. Utilizando tecnología MOS, el corte de la circuitería lógica se ha redu-

cido en más del 50 %, comparada con la TTL. En consecuencia, el equipo se hizo económico.

Expresado en términos de circuitos, la versión TTL habría necesitado 550 circuitos mientras que la circuitería lógica completa del diseño MOS puede realizarse con 8 circuitos.

Funciones del Sistema	Funciones de puerta	Patitas de la cápsula
Convertidor del régimen de impulsos	285	14
Discriminador	150 + ROM	18
Control I de cobro de monedas	200	40
Control II de cobro de monedas	200 + ROM	40
Control general	100 + ROM	40
Filtro de monedas	250	24
Petición de pago	320	24
Supervisión	300 + ROM	40

#### Teléfono de abonado para marcado rápido (de cuasi-teclado)

Cuando hayan de conectarse teléfonos de teclado a los centros de conmutación convencionales, los dígitos del teclado han de convertirse en trenes de impulsos, con preferencia dentro del propio aparato telefónico.

Una solución en tecnología bipolar no solo hubiera sido económicamente prohibitiva sino también imposible de acomodar las facilidades necesarias en un aparato telefónico de tamaño normal. La única solución realista en este problema, por tanto, es la tecnología MOS.

SEL ha desarrollado, por tanto, un teléfono de estas características de teclado. La conversión de señal se efectúa mediante un circuito MOS de cliente alimentado por el centro de conmutación.

Función	Funciones de puerta	Patitas de la cápsula
Conversión de la información del teclado en trenes de impulsos	400	16

#### Receptor de señal de teclado

En los nuevos sistemas telefónicos (por ejemplo, Metaconta), los aparatos telefónicos de teclado transmiten la información de marcado al centro de conmutación en forma de combinaciones de frecuencias (código de 2 x 1 de entre 4). El receptor de señal del centro de conmutación debe ser capaz de detectar esas señales.

Para este objeto, SEL ha desarrollado una solución muy moderna: Detección de frecuencia, sincronización e inmunidad a la conversación se logran midiendo intervalos de tiempo entre pasos por cero.

Si se hubiera realizado en tecnología bipolar (TTL) se habrían necesitado unos 200 circuitos, mientras que la tecnología MOS hace posible acomodar la circuitería lógica total en un simple circuito MOS de cliente.

Función	Funciones de puerta	Patitas de la cápsula
Detección de frecuencia, sincronización, inmunidad a la conversación	700	16

Estos proyectos reflejan la actitud progresiva y abierta a las innovaciones de SEL hacia nuevas y prometedoras tecnologías. SEL está explotando las ventajas de la tecnología MOS para todos los campos de las telecomunicaciones y particularmente para telefonía.

**Referencias**

[1] D. Becker, H. Mäder: Hochintegrierte MOS-Schaltungen. 1ª edición Berliner Union, Stuttgart 1972.  
 [2] J. C. Haenichen: Approaching a Free-Components Technology. Motorola Monitor (1971), Vol. 9, Nº 2.  
 [3] G. Günzel: Einführung in die MOS-Technik. Telefunken-Applikationsbericht (1971) B 2/V. 7. 26/1171.  
 [4] G. Katholing: Kundespezifische Schaltungen in MOS-Technik. Siemens-Applikationsbericht (1972) B 12/1131. 220.  
 [5] W. M. Penney, L. Lau: MOS Integrated Circuits. Van Nostrand Reinhold Comp. New York 1972.  
 [6] G. Zeidler: El teléfono monedero NT 2000 para llamadas a abonados de todo el mundo. Programado para su publicación en Comunicaciones Eléctricas, Vol. (1974), Nº 2.

[7] H. Oden: Möglichkeiten und Grenzen einer „unechten“ Tastwahl, NTZ 1970, págs. 603—607.  
 [8] G. Rahmig: Consideraciones básicas para la sustitución del marcado por impulsos por el marcado con botonera. Programada su publicación en Comunicaciones Eléctricas, Vol. 49 (1974), Nº 2.

**Gerhard Zeidler** nació en Breslau, Alemania. Estudió ingeniería de comunicaciones en el Instituto de Tecnología de Darmstadt. Se graduó en 1961 como ingeniero y alcanzó en 1964 el grado de Doctor Ingeniero con su tesis en reconocimiento de caracteres. El Sr. Zeidler empezó a trabajar en SEL, Stuttgart, en 1965 y es actualmente el jefe del departamento de planificación en la división de desarrollo de conmutación telefónica.

El Dr. Zeidler es miembro del Nachrichtentechnische, dentro del VDE.

**El Dr. Dietrich Becker** nació en 1935. Estudio telecomunicación en la Universidad Técnica de Darmstadt hasta 1960; después fue ayudante científico y obtuvo su Doctorado en 1965. Entre 1966 y 1972 trabajó en el Laboratorio Central de Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, concentrando sus esfuerzos en la aplicación de los circuitos MOS a los equipos de telecomunicación. Actualmente es jefe del departamento de planificación y desarrollo de sistemas de telecomunicación.

# Unidades de presentación mediante diodos luminiscentes

Las singulares características de los diodos luminiscentes abren un nuevo campo de aplicaciones para los diseñadores de sistemas digitales que utilizan unidades de presentación alfanumérica en procesos de automatización y de ordenadores.

P. B. PAGE

ITT Components Group Europe, Harlow, Essex, Reino Unido

J. R. PETERS

Standard Telecommunication Laboratories, Harlow, Essex, Reino Unido

## Introducción

Durante muchos años, los dispositivos más populares para la presentación de información digital han sido el tubo indicador numérico relleno de gas y cátodo frío (NIT) y el tubo de rayos catódicos (CRT). El primero, se utiliza para presentar las salidas numéricas de dispositivos tales como instrumentos digitales y máquinas de calcular, el último, se utiliza para presentaciones de medidas alfanuméricas de ordenadores y sistemas similares que implican la presentación de grandes cantidades de datos.

El aumento de la complejidad y la capacidad de los sistemas digitales, hecha posible gracias a la moderna tecnología de los circuitos integrados, ha producido una creciente necesidad de dispositivos de presentación de datos. La utilización de técnicas de automatización y de ordenador en todas las formas posibles significa que la máquina tiene que proporcionar al hombre cada vez más información. Esta información tiene que estar en forma fácilmente comprensible ya que no se utiliza solamente por personal científico; por lo tanto, hay que presentar tanto palabras como números o símbolos.

Las dos desventajas fundamentales de los NIT y CRT en los modernos sistemas miniaturizados son su tamaño y las altas tensiones que necesitan. La necesidad actual se basa, por lo tanto, en unidades de presentación pequeñas y de baja tensión para datos de tipo numérico y alfanumérico. Cuando se necesita la presentación de una gran cantidad de datos, presentan ventaja los dispositivos que disponen de memoria.

ITT Components Group Europe es uno de los principales productores de tubos indicadores numéricos y de tubos de rayos catódicos, aunque éstos se diseñan principalmente para receptores de televisión. Los laboratorios de Investigación y de Aplicaciones, parte de ITT Components Group en Harlow han trabajado conjuntamente durante varios años en diversos tipos nuevos de dispositivos de presentación, y varios de éstos, basados en el diodo luminiscente, se están desarrollando en la etapa de producción en la División de Válvulas, parte de ITT Components Group en Paignton.

Las características singulares de los diodos luminiscentes abren todo un nuevo campo de aplicaciones para los diseñadores de sistemas. El objetivo de este artículo es el de revisar los factores importantes para los diseñadores de sistemas que deseen utilizar estos dispositivos como unidades de presentación numérica o alfanumérica.

Un punto clave a considerar es que el pequeño tamaño y el gran número de conexiones a muchas unidades de presentación de diodos luminiscentes hacen necesario comercializar módulos de presentación completos considerando el equipo electrónico adicional; la entrada de datos a estos módulos se realiza al nivel de potencia de lógicas normales para el sistema del usuario. El análisis muestra que el circuito electrónico forma una parte significativa del coste del módulo.

## Fundamentos de electroluminiscencia

Las lámparas con diodos electroluminiscentes se consiguen por la formación de unidades  $pn$  en un cristal sencillo adecuado de un material semiconductor, y en las lámparas se produce la emisión de luz por la recombinación radioactiva de electrones y huecos. En este caso, las regiones tipo  $n$ , en las que la conducción se realiza por el movimiento de electrones, y las regiones tipo  $p$ , en las que se realiza la conducción por huecos, se forman por difusión de impurezas o por técnicas de crecimiento epitaxial en un cristal sencillo de un material semiconductor. La recombinación de huecos y electrones se produce como resultado del paso de una corriente a través de la unión en la dirección de polarización directa de la corriente del diodo. Predominantemente, los electrones se inyectan en la región tipo  $n$ , donde son portadores minoritarios y en la que se produce la recombinación electrón-hueco. Cuando esta recombinación se produce en un proceso radiante, la energía emitida por la transición aparece en forma de luz en fotones cuya energía, y por tanto la longitud de onda, viene determinada por la diferencia de energías del electrón antes y después, de la recombinación. Esta diferencia queda definida por la anchura de la banda prohibida del material semiconductor. En algunos semiconductores, particularmente en los conocidos como materiales de banda prohibida directa (direct bandgap materials), la recombinación ocurre por un proceso radiante en grado suficientemente elevado para tomarlos como emisores prácticos de luz.

## Lámparas de diodos luminiscentes

Los semiconductores elementales germanio y silicio, son materiales de banda prohibida indirecta (indirect bandgap) y no sirven como emisores de luz prácticos. El prototipo de material para una emisión eficiente es el arseniuro de galio, un semiconductor compuesto con una banda prohibida del tipo directo

## Unidades de presentación de diodos

que produce una emisión en el margen del infrarrojo, con un pico de la longitud de onda a temperatura ambiente, de 0,9 micrómetros. El arseniuro de galio es un material bien conocido y se dispone fácilmente de diodos emisores de arseniuro de galio difundido, encapsulado en resina, con eficiencias de emisión del 2 %. Se han realizado otros diodos emisores de semiconductor compuesto y de semiconductor con cristales mezclados, con longitudes de emisión más largas y más cortas que 0,9 micrómetros [1 a 4]. Las longitudes de onda de emisión de algunos de los materiales de los diodos más comunes se muestran en la figura 1. De entre los muchos materiales que se han probado, han surgido dos hasta el momento como los más útiles para la emisión visible. Estos materiales — fosforo arseniuro de galio y fosforo de galio — son típicos, pero otros materiales pueden todavía surgir como útiles en el campo de las unidades de presentación.

### Lámparas de fosforo arseniuro de galio y conjuntos

El fosforo arseniuro de galio es un cristal mezcla de arseniuro de galio, que tiene una zona prohibida del tipo directo y de fosforo de galio, que tiene una región interbandas del tipo indirecto. Los compuestos son mezclables como solución sólida en todas las proporciones de los constituyentes. Hasta una composición del 40 % molar de fosforo de galio, el material actúa como un emisor eficiente, y a esta composición, produce luz en la longitud de onda de pico de 0,655 micrómetros, es decir, en la zona de los rojos.

El fosforo arseniuro de galio se forma como una capa tipo-n, por epitaxia en la fase de vapor, sobre substratos de arseniuro de galio, utilizando procesos similares en su naturaleza al crecimiento epitaxial por vapor del silicio que es mejor conocido. Una ventaja principal de utilizar fosforo arseniuro de galio y epitaxia en la fase de vapor es que pueden obtenerse obleas de gran superficie — actualmente hasta de 3 pulgadas cuadradas — lo que permite que el crecimiento y todo el proceso del dispositivo se lleve a cabo en grandes series con la consiguiente reducción del coste de fabricación.

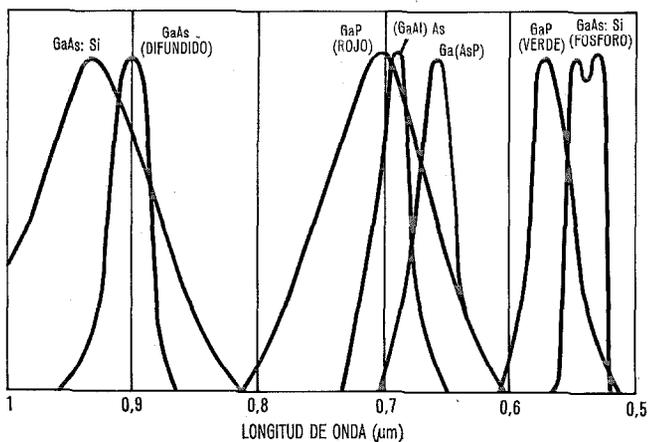


Fig. 1 Espectros de emisión de las lámparas semiconductoras más comunes.

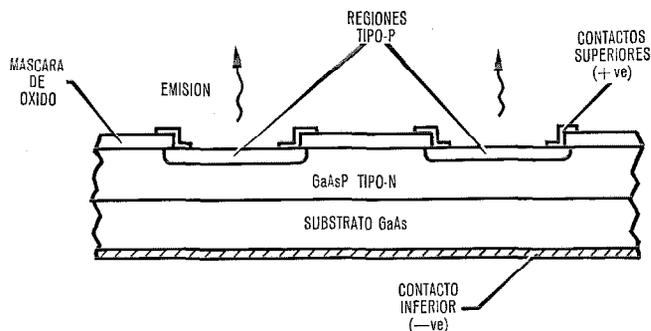


Fig. 2 Sección de una oblea de lámpara de fosforo arseniuro de galio planar.

Una capa enmascaradora de la difusión de silicio o de nitruro de silicio se deposita sobre la oblea mediante el „cracking“\* térmico de un compuesto orgánico volátil que contenga silicio o por deposición de una mezcla gaseosa que contenga silano ( $\text{SiH}_4$ ) utilizando una descarga de plasma por radiofrecuencia a baja presión, lo que resulta en una capa delgada, densa y muy adhesiva del material de enmascaramiento requerido que cubre la superficie de la oblea. Utilizando técnicas fotolitográficas, se graban ventanas en esta capa para definir las áreas de las que se requiere se produzca emisión de luz, y la difusión se realiza mediante vapor de zinc para producir las regiones tipo-p localizadas. Se suministra la oblea con un contacto global dorado sobre el reverso y con una serie de contactos de aluminio sobre el lado de la oblea en el que se ha formado el dispositivo. Las pastillas pueden cortarse de unos 0,6 mm de lado para el montaje como lámparas indicadoras individuales. Alternativamente, la lámpara y el conjunto de contactos pueden disponerse de forma que proporcionen, por ejemplo, un diagrama numérico de siete barras, o una matriz de  $5 \times 7$  lámparas en un chip único. Estos conjuntos de lámparas se recortan para darles la forma requerida. Con fosforo arseniuro de galio se pueden proporcionar lámparas planares individuales así como matrices de lámparas o barras iluminadas sobre un simple chip, para confeccionar unidades de presentación numéricas o alfanuméricas. Otra posibilidad es la de separar de la oblea barras iluminadas o lámparas que pueden ensamblarse sobre un sustrato aislante para presentar números o letras. Este último método es adecuado particularmente para producir caracteres de 6 mm de altura o más mientras que con las alineaciones de lámparas sobre un solo ship se pueden conseguir alturas de 3 mm o menos. La figura 2 muestra la sección transversal de un elemento de una alineación planar de lámparas y la figura 3 muestra varias pastillas semiconductoras, realizadas en STL, cada una con  $5 \times 7$  diagramas de lámparas y de interconexión, diseñadas para presentar caracteres alfanuméricos de  $3 \times 2$  mm de tamaño. La figura 9 muestra un módulo de palabra que utiliza estas alineaciones.

\* Proceso químico consistente en la división o rotura de la molécula. N. del E.

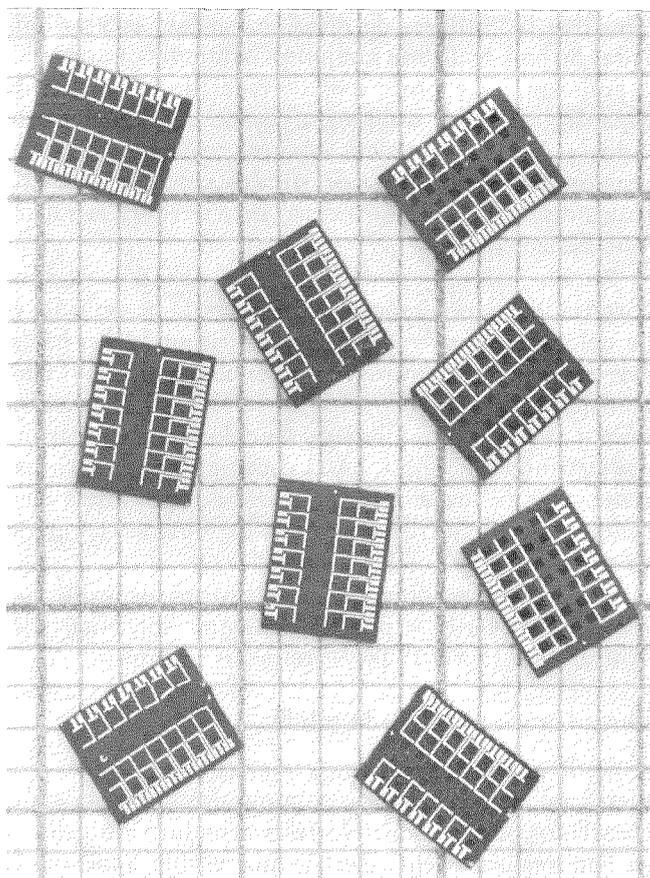


Fig. 3 Módulos semiconductores cada uno con un diagrama de  $5 \times 7$  lámparas y diagrama de interconexión diseñado para la presentación de caracteres de  $3 \times 2$  mm de tamaño.

Cada elemento de una alineación tiene la característica directa e inversa de un diodo normal, con una tensión de ruptura inversa de 3 a 12 voltios, una resistencia dinámica en los tamaños normales de elementos de cerca de 2 ohmios y una caída de tensión en sentido directo de 1,65 a 2 voltios.

Una característica importante de las lámparas de fosforo arseniuro de galio es la de que el semiconductor es capaz de absorber luz de la longitud de onda que emite. Por esta razón, las uniones se colocan someras — alrededor de 2 micrómetros. Sin embargo, la luz distribuida lateralmente desde un área emisora se absorbe dentro de una distancia muy corta. Por consiguiente, no existe intermodulación entre las lámparas, y las áreas emisoras de luz están muy bien definidas, lo que hace a este material ideal para la presentación de caracteres.

La eficiencia en potencia y la, aún más útil, eficiencia óptica de todas las lámparas semiconductoras dependen de la encapsulación, la cual va contra la luz generada dentro del cristal que tiene un alto índice de refracción, de 3,3 a 3,5. Cuando la luz alcanza la superficie semiconductor/aire, se transmite una pequeña porción y el resto sufre una reflexión interna total. Si la lámpara está en un substrato absorbente, como ocurre en el caso del fosforo arseniuro de galio, esta luz reflejada se pierde. Como resultado de la mejora del índice de refracción de la adaptación, se consigue

un factor de mejora de 3 en la eficiencia encapsulando la lámpara en una lente semiesférica de resina, y actualmente se puede mejorar con un factor de nueve utilizando vidrios con índice de refracción alto. Resulta esencial que la resina o vidrio esté en íntimo contacto con la superficie del semiconductor. El aumento en la salida se consigue no por un incremento en el brillo de la lámpara, sino por un aumento aparente en el área emisora debido al aumento de la lente, mientras que se mantiene aproximadamente el mismo brillo, lo que es un resultado de disminuir las pérdidas ópticas. Las lámparas de fosforo arseniuro de galio de tipo comercial suministradas con lente de resina semiesférica, tendrán una eficiencia de potencia de hasta 0,3 % aproximadamente a 0,655 micrómetros y una eficiencia óptica de 0,18 lúmenes por vatio aproximadamente. Las lámparas con agrupaciones de elementos sin lentes tienen eficiencias iguales a un tercio aproximadamente de las anteriores.

Con el fosforo arseniuro de galio, la salida óptica de la lámpara es casi directamente proporcional a la corriente de excitación desde 0,5 mA, por ejemplo, hasta la corriente a la que se produce un severo calentamiento del módulo. Este límite es establecido por el tipo de encapsulamiento y de disipación y varía desde 50 a 100 mA para las lámparas de los indicadores normales. Las lámparas con encapsulados especiales se pueden utilizar hasta 300 mA o más.

El tiempo de respuesta de estas lámparas es corto — alrededor de 10 nanosegundos — de forma que pueden modularse para muchos tipos de presentaciones. Existe también un alto grado de uniformidad de las características tensión-corriente-brillo en las lámparas sobre una oblea. Una combinación de estas dos propiedades ha conducido al desarrollo de alineaciones lineales de 100 o más lámparas planares, colocadas muy próximas, y utilizadas con óptica de exploración mecánica para la presentación visual o la presentación sobre película de información en tiempo real. Una aplicación particular es la de los conversores de imágenes infrarrojos de estado sólido. En STL se han realizado grandes alineaciones con  $\pm 25$  % de variación de salida óptica a través de la unidad. La variación no es perceptible para el ojo que tiene una respuesta aproximadamente logarítmica a la luz de estas intensidades.

Las pruebas de vida de las lámparas de fosforo arseniuro de galio indican una fiabilidad notable, con una vida de cerca de  $10^5$  horas o superior a 10 años hasta salida mitad, para las lámparas indicadoras en los cabeceros del tipo TO 18. Las lámparas encapsuladas en plástico tienen una vida más corta para una corriente de excitación dada debido a la disminución de disipación.

Las lámparas y alineaciones de fosforo arseniuro de galio se pueden utilizar muy eficazmente con un filtro rojo de paso estrecho para incrementar el contraste entre la lámpara o caracter iluminado y su entorno. Esto ocurre por la estrechez de las bandas de longitud de onda de la luz emitida. Se pueden obtener filtros de rojo que permiten el paso de casi toda la luz de la

## Unidades de presentación de diodos

longitud de onda emitida, pero que atenúan el resto de la luz visible. Así, la luz ambiente reflejada por la oblea de semiconductor y por las superficies que le rodean se puede suprimir casi totalmente y resaltar, por tanto, el contraste.

Se ha conseguido que las lámparas de GaAsP difundido emitan luz de color ambar y amarillo incorporándoles cantidades crecientes de GaP en la mezcla del cristal, pero son de una eficiencia considerablemente inferior a la de las lámparas rojas.

### Lámparas y conjuntos de fosforo de galio

En fosforo de galio, las mejores lámparas (emisoras de luz roja o verde) se realizan en la fase líquida del crecimiento epitaxial de las regiones de tipo *n* y *p*. Para el dispositivo emisor de luz roja, la capa de tipo *n*, dopada con telurio por ejemplo, se hace crecer en un sustrato de fosforo de galio a partir de una solución de fosforo de galio y telurio en galio líquido. En esta capa se hace crecer una capa tipo *p* a partir de una solución de fosforo de galio más óxido de zinc en galio. La unión resultante emitirá luz roja. Para una emisión de luz verde, las capas deben crecer de forma similar, la capa de tipo *n* conteniendo telurio y nitrógeno y la capa de tipo *p* conteniendo zinc y nitrógeno. En ambos casos, los chips de lámparas individuales se forman cortando unos 0,5 mm del módulo lateral de la oblea. Este módulo no tiene uniones planares pasivadas como es el caso de las lámparas de fosforo arseniuro de galio, pero actualmente es posible realizarlas casi tan estables como en el caso de las lámparas planares.

A las lámparas rojas, debido fundamentalmente a que contienen solamente una cantidad limitada de oxígeno en la capa tipo *p*, se les produce saturación de corriente — es decir, por encima de una cierta corriente hay poco incremento de luz al incrementar la corriente. Sin embargo, a bajas corrientes son la forma más eficiente de semiconductor emisor de luz visible y tienen aplicaciones particulares — por ejemplo, en algunos teclados telefónicos — en la que se requieren muchas lámparas y se dispone solamente de 2 a 5 mA por lámpara. Otra aplicación es el uso de lámparas rojas individuales en cavidades reflectantes con forma de barra para producir indicadores numéricos de 7 barras.

Mediante técnicas de difusión planar en fosforo de galio se han realizado lámparas de menor eficiencia en ambos colores. La capa tipo *n* crece en la fase líquida epitaxial y se definen las áreas emisoras de luz, como con fosforo arseniuro de galio, por difusión selectiva a través de ventanas en una capa enmascaradora. En el caso de emisión roja en el fosforo de galio, la propia oblea es transparente a la luz emitida y por tanto no es posible delimitar con exactitud las áreas de emisión mediante el proceso de difusión selectiva. Sin embargo pueden fabricarse lámparas individuales de difusión, pero es imposible iluminar regiones limitadas de la oblea para formar conjuntos de lámparas numéricos o alfanuméricos en una sola oblea. Ya hay disponibles

lámparas indicadores de difusión verde a escala limitada. Se han realizado conjuntos alfanuméricos verdes experimentales y prototipos de redes de excitación de capa delgada (film marking arrays) a base de esta tecnología. Todavía quedan algunos problemas de contención de luz en estas redes verdes, pero han sido salvados muchos empleando capas opacas sobre la superficie del conjunto.

En los dispositivos de luz verde, cuando se ha incorporado poco nitrógeno al material, la emisión es de color verde pero el brillo y la eficiencia son bajos. Incorporando más nitrógeno, se aumenta el brillo pero aumenta la longitud de onda de la luz emitida, llegándose a obtener una lámpara de color verde amarillo, convirtiéndose la oblea, hasta cierto grado, en transparente para la luz emitida. Utilizando muy altas concentraciones de nitrógeno se pueden obtener lámparas de color amarillo.

Las lámparas comerciales de fosforo de galio con luces roja y verde se pueden conseguir con eficiencias ópticas de 0,15 a 0,25 lm/W respectivamente.

### Otras lámparas de estado sólido

Se han realizado investigaciones sobre cierto número de semiconductores compuestos de cristales mezclados, distintos del fosforo arseniuro de galio, y se han realizado emisores de luz visible a partir de ellos. De entre todos ellos destacan el fosforo de indio y galio y el arseniuro de aluminio y galio.

El fosforo de indio y galio, realizado por proceso similar al del fosforo arseniuro de galio, tiene potencial para la emisión de luz en el margen del amarillo y del verde. Este material ha demostrado ser difícil de realizar y controlar; sin embargo, pueden realizarse lámparas indicadoras útiles.

Las lámparas emisoras de luz roja se han realizado con arseniuro de aluminio y galio. Son más fáciles de producir y no tienen mejor funcionamiento que las de fosforo arseniuro de galio por lo que no es probable que se utilicen ampliamente en el campo de las unidades de presentación. Hay, sin embargo, usos para ellas en formas especializadas para lasers de bombeo de cristal y posiblemente en comunicaciones por fibra óptica.

Una forma completamente diferente de lámpara de estado sólido ha mostrado recientemente buenos resultados como lámpara indicadora verde de gran brillo. Está basada en un diodo de silicio dopado con arseniuro de galio que emite una radiación infrarroja muy eficientemente a una longitud de onda comprendida entre 0,940 y 0,975 micrómetros. Se combina con él una nueva forma de fósforo (fósforo conversor) que absorbe radiación infrarroja y emite luz de color verde con una longitud de onda de 0,540 micrómetros. El fósforo absorbe dos fotones de la radiación infrarroja para producir un fotón de luz verde; como resultado de esto, la eficiencia de la emisión verde aumenta linealmente con la corriente de excitación, y el brillo de la emisión verde aumenta con el cuadrado de la corriente de excitación. Algunas versiones de esta lám-

para verde están ya disponibles comercialmente y es posible que se mejoren las lámparas hasta el punto de llegar a ser la mejor fuente de luz verde.

### Evaluación de lámparas

Es difícil a menudo para los ingenieros evaluar el funcionamiento de lámparas o alineaciones a partir de la información de los fabricantes.

Para aplicaciones visuales, la eficiencia de la conversión de potencia de una lámpara — vatios de luz de salida por vatio de potencia eléctrica de entrada — no es el criterio más útil. El ojo no es igualmente sensible en todas partes del espectro visible — es más sensible en el verde y menos sensible en el rojo. Cualquier radiación infrarroja de una lámpara, que pueda estar incluida en la salida medida cuando se calcula la eficiencia de una lámpara, es de hecho inútil para el ojo.

El brillo para una corriente dada tampoco es una buena medida en muchos casos. Esto se origina por dos hechos:

- A menudo se calcula el área más brillante de la superficie de la lámpara — usualmente un área microscópicamente pequeña de la superficie adyacente al contacto en la que la densidad de corriente es máxima.
- Mientras que la visibilidad de las lámparas de área grande depende de sus brillos, la visibilidad de las lámparas pequeñas depende más de la salida total de luz — es decir, es proporcional al brillo y al área. Por lo tanto, una indicación del brillo es útil en el contexto de las lámparas indicadoras y los elementos de alineaciones cuando es un brillo medio y se da también el área emisora efectiva.

Existen dos criterios casi independientes cuando se trata de considerar una lámpara: uno, es la medida de la eficiencia óptica de la lámpara como unidad y el otro, es el impacto óptico o utilidad en un entorno dado.

Al tratar del funcionamiento de una lámpara, la medida útil es la potencia óptica de salida por vatio de entrada. La unidad de potencia óptica efectiva es el lúmen; viene dado por el producto de una potencia óptica en vatios y un índice que varía con la longitud de onda, que es una medida de la efectividad de esa longitud de onda de luz en producir un estímulo en el ojo. Así, el funcionamiento de la lámpara como unidad puede juzgarse por la indicación de lúmenes de salida por vatio de entrada de la lámpara.

Sin embargo, cuando se considera el impacto óptico de una fuente emisora bajo alguna condición ambiente dada, hay una multitud de factores subjetivos que se hacen importantes y resulta, de hecho, muy difícil utilizar criterios medibles para comparar el funcionamiento de lámparas diferentes. El diagrama polar dará alguna idea del máximo ángulo de visibilidad de la lámpara. El contraste de brillo y color con el fondo y la agudeza con que se definen las áreas emisoras de luz son importantes. Existen efectos subjetivos fuertes también en los colores reales mismos que desafían la cuantificación. Además, se encuentra

a menudo que es preferible ver un área ligeramente mayor y de menor intensidad que la fuente muy pequeña y de mucho brillo que presenta la mayoría de las lámparas hechas con semiconductor. Esta mejora se consigue con las lámparas de fosforo arseniuro de galio, junto con un ángulo de visibilidad mejorado, mediante la incorporación de un agente dispersor de la luz en las lentes de resina.

Mientras que la información suministrada por los fabricantes es útil para realizar la selección entre lámparas del mismo tipo básico, cuando se trata de acoplar los requisitos de la corriente de excitación a la capacidad del sistema electrónico o de dar alguna otra indicación del tipo de lámpara que hay que elegir, no hay más alternativa que probar las diversas lámparas en las condiciones en las que van a utilizarse.

### Unidades de presentación numérica de luz guiada y de luz reflejada

El principio de que es a menudo más fácil para el ojo ver áreas relativamente grandes aunque de baja intensidad luminosa frente a áreas muy pequeñas de alta intensidad luminosa, se utiliza en ciertos desarrollos de indicadores numéricos de luz guiada o luz reflejada. Los indicadores son del tipo numérico de barras y la luz procedente de fuentes semiconductoras sencillas muy intensas o bien se inyecta en guías luminosas formadas por plástico ligeramente dispersor, para que pueda verse en la cara frontal de la presentación como simples barras, o bien se refleja y distribuye de forma que aparezcan como barras en el visor. Por ejemplo, pequeños diodos luminiscentes con un brillo medio de 3000 cd/m<sup>2</sup> aproximadamente, se utilizan para inyectar luz en una guía luminosa en forma de barra de mayor área dando un brillo de superficie del orden de 150—300 cd/m<sup>2</sup>. A pesar del brillo menor, son tan sencillas de leer como las numéricas en las que se observa directamente el diodo luminiscente (LED = Light emitting diode). Puesto que en estas presentaciones de luz dispersa se utilizan semiconductores emisores de luz de menor intensidad que en los tipos de visión directa, parecen ser más baratos y de más amplio uso.

### Circuitos para los diodos luminiscentes

#### Enlaces de entrada/salida

Para racionalizar los circuitos de entrada/salida de todas las presentaciones en forma útil, puede suponerse que una presentación numérica o alfanumérica empieza con una entrada codificada en binario a los niveles normales de las lógicas y termina con una presentación visible de la información.

Una entrada binaria de 4 hilos puede proporcionar hasta 2<sup>4</sup> ó 16 diferentes informaciones y es suficiente, por lo tanto, para admitir un tráfico compuesto por los números 0 a 9, en forma sucesiva, (o hasta 16 letras, símbolos o combinación de éstos). Una entrada de 6 hilos puede proporcionar hasta 2<sup>6</sup> ó 64 elementos diferentes de información, en forma sucesiva, y este

## Unidades de presentación de diodos

número es suficiente para incluir todos los números del 0 al 9, las letras del alfabeto y símbolos de uso común. Existen códigos binarios normalizados de 6 bits con 64 caracteres para este propósito.

En la salida habrá un conjunto de caracteres que pueden estar formados por números, letras, símbolos o combinaciones de ellos. Los caracteres se pueden formar de muy diversas formas; en la figura 4 se muestran tres ejemplos: a) matriz de puntos (se muestran  $5 \times 7$ ), b) segmentos de barra (se muestran 7 barras) y c) caracteres completos formados previamente colocados en progresión (como se utilizan en los tubos indicadores numéricos NIT) (NIT = Numerical Indicator Tube).

### Función intermedia

Las funciones básicas a realizar entre la entrada y la salida son: reconocimiento de código, generación de caracteres, guiado del carácter y excitación de la presentación. A menudo, se requiere también memoria local.

Se necesita un decodificador para reconocer el número de entre los 10 posibles (en el caso de entrada binaria a 4 hilos) o qué carácter de entre los 64 posibles (en el caso de entrada de 6 hilos) se está alimentando. Después de la identificación, es necesario generar el carácter correspondiente en la alineación. Se pueden formar estilos diferentes de caracteres: por ejemplo, el estilo de la matriz de puntos requiere (para formar el número 3 como en la figura 4a) la iluminación de una agrupación particular de 16 puntos de un total de 35; el generador de caracteres tendría que proporcionar la conmutación adecuada sobre una salida de 35 hilos para este caso. Una alineación de 7 segmentos de barra, figura 4b), necesitaría obviamente una salida modificada de 7 hilos en el generador. Para el tubo NIT, figura 4c), también se necesita la generación de caracteres, pero la operación se realiza por el fabricante del tubo que proporciona un grupo de caracteres formados que se pueden seleccionar directamente por la salida del decodificador. La función completa del decodificador y del generador de caracteres se puede realizar por una memoria de lectura solamente (ROM = Read Only Memory). Este dispositivo es el corazón de un sistema moderno de presentación

### Memoria de lectura solamente (ROM)

La figura 5 muestra las disposiciones entrada/salida para una ROM típica. La aplicación de un código bi-

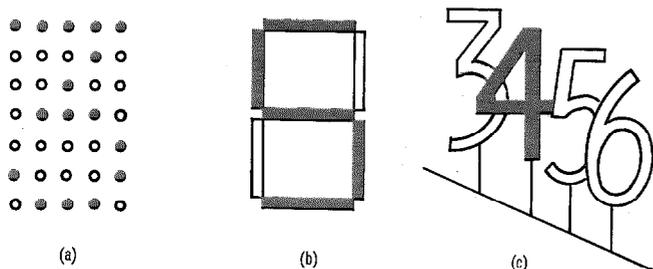


Fig. 4 Tipos de caracteres formados mediante técnicas diferentes.

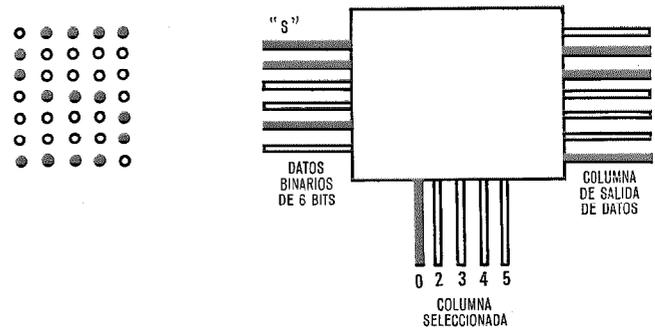


Fig. 5 Disposiciones entrada/salida de una ROM típica para la generación de caracteres de puntos de  $5 \times 7$ .

nario de 6 bits en los 6 hilos que se indican a la entrada de la ROM, a la parte izquierda, establece un diagrama particular de información dentro de la ROM correspondiente a la forma del carácter deseado; en el ejemplo, se aplica el código de la letra "S" y la ROM proporciona la información para que la matriz de puntos muestre la letra "S" según se indica a la derecha. Sin embargo, existen solamente 7 hilos de salida de la ROM y por consiguiente cada columna de la letra definida debe establecerse por turno y la selección se consigue excitando uno de los 5 hilos de selección que se muestran entrando a la ROM por la parte inferior. Se consiguen ROM también con salida en hilera, en cuyo caso, hay solamente 5 hilos de salida, pero 7 hilos de selección de hilera. Otros circuitos avanzados se pueden también añadir a las ROM tales como contadores chip y registradores de desplazamiento.

### Tiempo compartido

La sección intermedia descrita anteriormente es perfectamente satisfactoria para enlazar una entrada de caracteres modificados en binario con una unidad de presentación. Si se requieren dos o más canales de este tipo para una unidad de presentación multicarácter, el sistema requeriría tantas secciones intermedias como caracteres hubiera en la alineación. Para conseguir mayor economía en el equipo electrónico, el diseñador de módulos tiene que considerar las diversas formas en que la función ROM puede trabajar en tiempo compartido entre diversos caracteres.

En la figura 6 se muestra uno de tales métodos. Se utiliza aquí una memoria de caracteres separados para almacenar todos los bits de información necesarios para establecer la alineación total de caracteres. Cada uno de los códigos de caracteres puede sacarse del al-

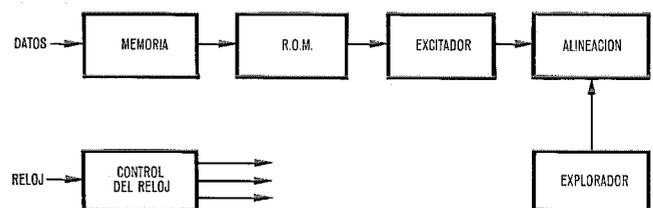


Fig. 6 Función ROM, tiempo compartido entre varios caracteres.

macén por turno, decodificarse después en un formato de caracteres por la ROM y, mediante un explorador adecuado, presentarlos secuencialmente en cada una de las posiciones de la alineación, constituyendo la palabra correspondiente. Un reloj sincronizador común asegura que la salida de caracteres y el explorador se mantienen en sincronismo entre sí. Puesto que en cualquier momento, estará solamente iluminado uno de los caracteres, es necesario explorar a un ritmo suficientemente rápido para evitar el parpadeo y dar a cada caracter suficiente potencia de impulso cuando está presente para asegurar un brillo medio satisfactorio. La información almacenada en la memoria de caracteres se realimenta a su entrada para conseguir un sistema de memoria de registradores de desplazamiento con recirculación.

#### Principio de la memoria de barras

Los sistemas de tiempo compartido tienen dos ventajas principales:

- El valor de los impulsos de corriente conmutados por los transistores del explorador es alto y aumenta con el número de caracteres. Por ejemplo, para una corriente media por punto de 5 mA y suponiendo un número medio de 15 puntos por caracter, la corriente de impulsos es  $(75 \times n)$  mA siendo  $n$  el número de caracteres.
- Tiene que cambiarse una parte significativa del circuito para variar el número de caracteres a presentar.

Ambas desventajas significan que es muy difícil reducir el circuito de excitación a una forma que sea barata de realizar y que se pueda utilizar con cualquier tamaño requerido de presentación. Se fabrican excitadores integrados para presentaciones numéricas de 7 segmentos pero requieren sistemas de conexión relativamente complicados cuando se utilizan como parte de una presentación multidigital.

Se ha desarrollado, sin embargo, una solución [5, 6] para este problema. Este nuevo concepto se denomina la memoria de barras (memory strip).

Mediante la asociación de cada elemento de la presentación (es decir, cada punto en una matriz o cada barra en un sistema de 7 barras) con una célula de la memoria se elimina la necesidad de pulsar el sistema. Si, además, esta célula de la memoria forma parte de un registrador de desplazamiento, se consigue entonces un sistema modular que puede integrarse inmediatamente. Puesto que se trabaja ahora con bajas corrientes, se pueden utilizar las técnicas MOS con los beneficios de las resistencias de salida en el chip para proporcionar limitadores de corriente para los diodos luminiscentes.

Así los circuitos integrados pueden ahora suministrar corriente directamente a los diodos luminiscentes y pueden incorporar información de memoria y de direccionamiento de los datos. Asimismo, puesto que se requiere una sola conexión de salida del decodificador, se puede simplificar el empaquetado. La figura 7 muestra un diagrama de bloques del sistema.

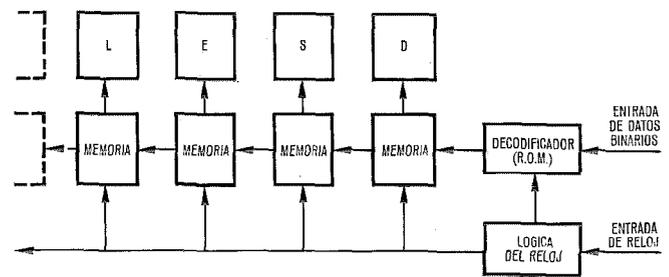


Fig. 7 Diagrama de bloques del sistema básico.

Como se indica, el decodificador convierte la información binaria de entrada en un código serie para pasarlo a la presentación. El circuito de reloj proporciona las señales de organización para el decodificador y una señal de reloj normalizada para los registradores de desplazamiento.

El direccionamiento de la información es muy sencillo ya que es solamente una conexión de entrada y una de salida para cada caracter. De esta forma resultan posibles las grandes presentaciones multilínea de diodos luminiscentes. Si es necesario, se puede hacer posible la reescritura de una parte solamente de la presentación mediante una pequeña cantidad de puertas.

#### Generadores de caracteres

##### Formación de símbolos

La figura 4 muestra ejemplos de los diferentes tipos de formatos de símbolos utilizados en las presentaciones alfanuméricas. Existen caracteres formados, de los que los NIT son un ejemplo común, pero que aparecen también en algunas presentaciones que utilizan tubos de rayos catódicos que forman un caracter en un solo golpe. Alternativamente, con la llegada de las ROM, las matrices de puntos que utilizan puntos redondos y cuadrados han llegado a ser más comunes, utilizando el formato  $7 \times 5$  más generalmente, con  $9 \times 7$  también en uso, siempre que se quiere mejorar forma y definición. Las presentaciones formadas por segmentos toman diversas formas y se utilizan también ampliamente como por ejemplo la de 7 barras de la figura 4b), con la que se pueden representar los números y algunas letras.

##### Pruebas ergonómicas

Existen muchas referencias relativas a los aspectos ergonómicos, ópticos y eléctricos del diseño de generadores de símbolos para dar una lista aquí, sin embargo, la referencia [7] proporciona una buena información. El brillo relativo al ambiente, color y tamaño son las características fundamentales y las restricciones para la selección con presentaciones de diodos luminiscentes ya se han discutido.

El efecto del diseño de símbolos sobre el coste del módulo de presentación es un punto importante y puede considerarse en dos partes:

## Unidades de presentación de diodos

- Coste de la presentación en cuanto afecta a la elección de matriz de puntos o presentaciones con segmentos.
- Coste de los circuitos asociados que depende del número de puntos de direccionamiento que requiere la presentación.

ITT ha estado financiando el trabajo de un Instituto Politécnico de Londres en diversos aspectos del diseño de generadores de símbolos. Un ejemplo de este trabajo se muestra en la figura 8 en la que los tres generadores numéricos representan una matriz de puntos normalizada de  $5 \times 7$ , una nueva matriz de puntos de  $3 \times 5$  y una normalizada de 7 barras. La matriz de  $3 \times 5$  es más barata de excitar que la de  $5 \times 7$  y puede ser más aceptable en apariencia y menos ambigua que la normalizada de 7 segmentos.

### Módulos prácticos de diodos luminiscentes

Para mostrar el progreso realizado en el diseño de módulos vamos a revisar a continuación dos ejemplos.

Un nuevo concepto de presentación que ha sido posible gracias al diodo luminiscente alfanumérico, es el módulo de palabra. Se desarrolló inicialmente para un sistema de control de tráfico aéreo, pero tiene usos en muchas otras aplicaciones en las que el hombre tiene que intervenir con sistemas electrónicos.

El módulo de palabra consiste en una presentación alfanumérica, de 6 caracteres por ejemplo, asociado muy de cerca con un conmutador según se muestra en la figura 9. La consola de control de los operadores contiene muchos de dichos módulos además de otro equipo como parte de un sistema interactivo completo. El módulo representado en la figura 9 era un sistema MkI de tiempo compartido cuyas tarjetas de circuito se muestran en la figura 10. Por razones económicas la memoria y la ROM estaban intercambiadas de forma que solamente se utilizaba una ROM y cada módulo de palabra tenía su propia memoria de recirculación. Cada módulo de palabra está autocontenido y una vez cargado con una palabra, funciona independientemente de la unidad de control central.

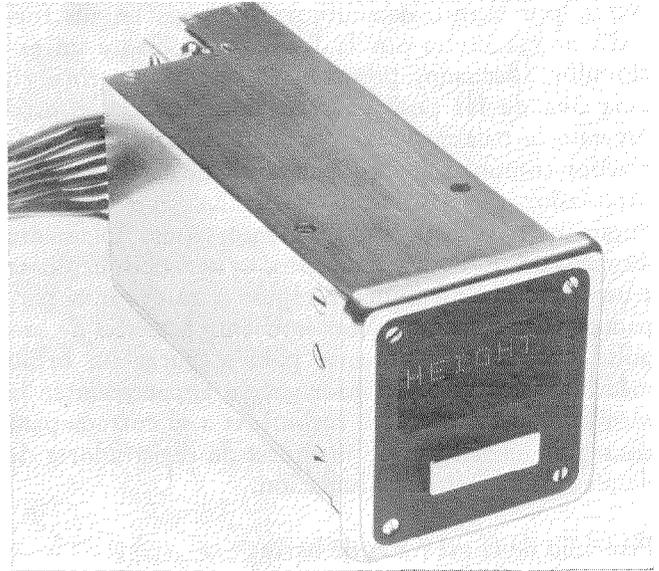


Fig. 9 Módulo de palabra de 6 caracteres y conmutador.

El circuito MkII utiliza el concepto de memoria de barras, lo que reduce el coste del módulo de palabra en 2 ó 3 veces, reduce el volumen del módulo en más de un orden de magnitud y hace posible contener cualquier número de caracteres en un módulo. Tiene poco efecto sobre el coste de la unidad de control central.

Por conveniencia, el registrador de desplazamiento MOS básico ha sido elegido para un dispositivo de 18 bits. Se requieren dos en serie para abastecer a un carácter formado con diodos luminiscentes en una matriz de puntos de  $5 \times 7$ . Los dos circuitos integrados se montan por encima y debajo del conjunto monolítico de diodos luminiscentes sobre el mismo sustrato cerámico y se interconectan mediante las técnicas normales de los circuitos integrados. Los estratos cerámicos se colocan entonces sobre un circuito impreso con barras ómnibus para alimentación, reloj, etc. En un módulo de palabra, se puede montar la presentación en el propio espacio del conmutador.

### Conclusiones

Aunque hasta ahora el campo de las presentaciones con diodos luminiscentes está ampliamente dominado por dispositivos realizados con fosforo arseniuro de galio, existen dos materiales semiconductores luminiscentes principales y todo un margen de presentaciones realizadas con ellos. Aunque las especificaciones de los fabricantes son útiles para comparar el funcionamiento de diseños de presentaciones y de lámparas casi idénticas, se requieren efectos fuertemente subjetivos para realizar la mejor selección cuando se trata de probarlos en el entorno en el que van a utilizarse.

El coste de los circuitos de excitación es una parte importante del coste de utilizar alineaciones numéricas y alfanuméricas. Importantes reducciones en el coste y en el número de terminales a manejar se pue-

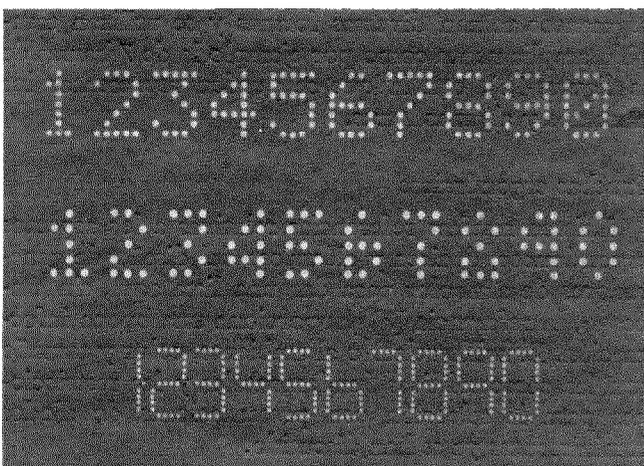


Fig. 8 Ejemplos de diseño de caracteres: arriba, matriz de puntos normalizada de  $5 \times 7$ ; medio, nueva matriz de puntos de  $3 \times 5$ ; abajo, diagrama normalizado de 7 segmentos.

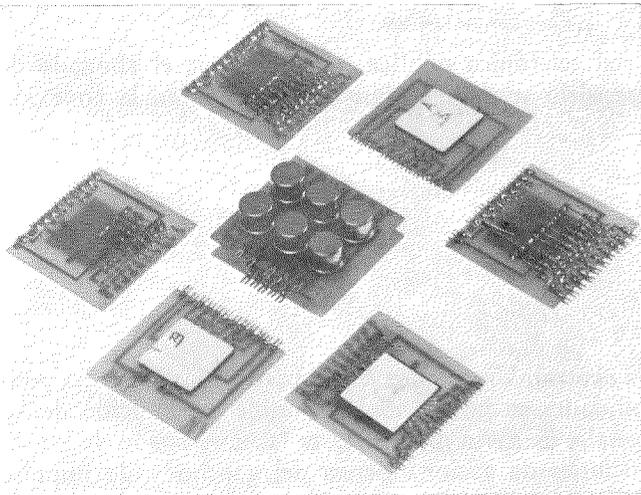


Fig. 10 Circuitos impresos para un sistema de tiempo compartido utilizando la presentación que se muestra en la figura 9.

den realizar asociando memorias de circuitos integrados de tipo corriente con el dispositivo de presentación propiamente dicho; este es el caso, en particular, de las presentaciones alfanuméricas.

Las alineaciones de diodos luminiscentes están encontrando ya muy grandes volúmenes de aplicación en calculadores de bolsillo y sobremesa. El mercado está creciendo en lectores de datos y de ordenador, instrumentos de medida digitales, alineaciones marcadoras de películas, indicadores de conectado/desconectado y sintonía. Muchas nuevas aplicaciones se contemplan y, debido a la escala creciente de la industria de las presentaciones con diodos luminiscentes (LED), estas aplicaciones quedarán limitadas única-

mente por la imaginación y creatividad de los fabricantes de equipos y presentaciones.

#### Referencias

- [1] A. A. Bergh y P. J. Dean: Light-emitting diodes; Proceedings of the IEEE, volumen 60, N° 2, 1972.
- [2] M. R. Lorenz y M. H. Pilkuhn: Semiconductor-diode light sources; IEEE Spectrum, volumen 4, N° 4, 1967.
- [3] H. P. Maruska y J. I. Panlove: Efficiency of Ga(As) electroluminescent diodes; Solid State Electronics, volumen 10, 1967, págs. 917—925.
- [4] C. J. Nuese y otros: Gallium arsenide-phosphide, crystal diffusion and laser properties; Solid State Electronics, volumen 9, 1966, págs. 735—749.
- [5] P. B. Page: Improvements in or Relating to Display Devices; patente británica 1273667. P. J. A. McKeown, P. B. Page: Alphanumeric Arrays; pat británica 50079/71.
- [6] P. B. Page: Driving LED's Along the Right Road; Electron, 27 Septiembre 1973, págs. 59—65.
- [7] Proceedings of IEE Conference "Displays" en la Universidad de Tecnología, Loughborough, Septiembre 1971.

**Peter Bernard Page** nació en 1934 en Londres, Inglaterra. Alcanzó el título de Chartered Engineer en 1964 y el grado de M. Phil. en investigación en 1968 por el C.N.A.A. Después de una etapa de entrenamiento en el British Post Office durante seis años y en una de las principales compañías de control de procesos durante cuatro años, se incorporó a ITT Components Group Europe en su División de Cristales de Cuarzo, donde trabajó sobre equipos de prueba especializados y posteriormente en osciladores de cristal miniatura compensados en temperatura. En 1968 pasó a ser Principal Engineer en el Laboratorio Central de Aplicaciones de reciente creación, donde se especializó en técnicas de circuitos de presentación de datos. En 1971, ascendió a Director del Laboratorio lo que cubre un amplio margen de actividades en la investigación de nuevas oportunidades de negocio.

**J. R. Peters** se graduó en la Universidad de Londres en química y física. Ha estado dedicado a varios campos dentro de la industria eléctrica y de semiconductores, especializándose desde 1962 en la tecnología de dispositivos de los compuestos de semiconductores de los grupos III—V. Actualmente es ingeniero principal de investigación en Standard Telecommunication Laboratories, responsable de la investigación de dispositivos emisores de luz en el espectro visible y en infrarrojo.

# Envío de señales del abonado a la central una vez establecida la conexión telefónica

Algunos de los nuevos servicios que se introducirán en la red telefónica pública requieren que el abonado dé órdenes a la central mientras la conexión exista. Para conseguirlo se debe incluir un receptor en la conexión existente.

H. BRAND

R. MOSCH

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, Alemania

## Introducción

Desde hace ya algún tiempo se ha venido introduciendo un cambio fundamental en la conmutación telefónica, caracterizado extrínsecamente sobre todo por el amplio uso de componentes electrónicos, que ha resultado en una fuerte centralización de las funciones de control y cuyo ejemplo más acusado es el control por programa almacenado. La nueva técnica ofrece gran número de posibilidades de traspasar los límites establecidos por la técnica clásica con sus componentes electromecánicos. Para el abonado es mucho más importante el hecho de que los sistemas de conmutación de la nueva generación permiten gran número de nuevos servicios [1, 2] que pueden resultar sumamente atractivos, especialmente en lo que se refiere a la marcación con teclado. Estos servicios adicionales deben ofrecerse también a los abonados con aparatos de disco, en la medida en que esto es viable y razonable. Desde hace algunos años ha venido manteniéndose una viva discusión internacional [3, 4] que debiera resultar en el establecimiento de procedimientos operacionales uniformes, para que el abonado pueda, cuando se encuentre de viaje, manejar el teléfono de igual forma, si es posible, en todo el mundo que en su país. En relación con estos problemas, ya se ha determinado [5] que sería necesaria una señal más para poder utilizar plenamente las posibilidades de nuevos servicios que ofrecen las 12 teclas del aparato de abonado, sobre todo para el "servicio simple de datos".

Este artículo analiza la forma conveniente de nueva señal requerida. Nos referiremos principalmente a sistemas de conmutación de control muy centralizado, como el de los sistemas de la nueva generación. Se tiene en cuenta, por otra parte, que la conexión en la red de conmutación se efectúa por medio de contactos; se llama la atención sobre las consecuencias resultantes del paso a redes de conmutación electrónica por división en el espacio o en el tiempo. Este descripción se refiere básicamente a las redes telefónicas públicas, pero también es aplicable en todos los puntos esenciales a las centralitas privadas.

Con objeto de dejar las ideas muy claras, en la primera sección se analizan las diversas relaciones únicamente desde el punto de vista de las funciones puras de programación; estas consideraciones permiten establecer las condiciones de señales inequívocas. La segunda sección expone luego hasta qué punto las necesidades ya existentes exigen medios físicos técnicos (equipo) para señalar entre el aparato de abonado y

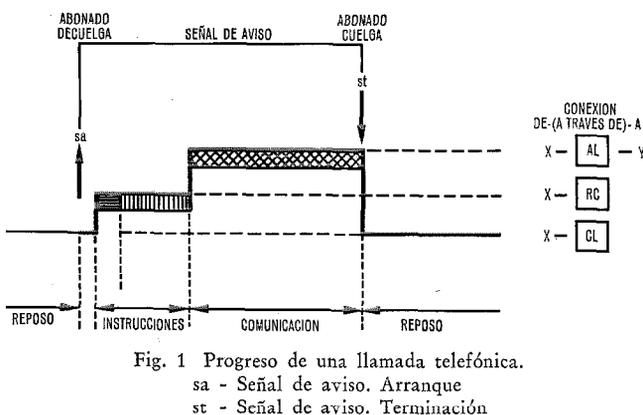
la central. Un examen sistemático de las restantes posibilidades en las secciones "Posible constitución de las señales de aviso del tipo 2" y "Comparación de las soluciones de accionamiento del gancho y de impulso calibrado de c.c." proporciona una respuesta clara al problema de la búsqueda de la forma más conveniente para la nueva señal.

## El abonado envía una señal a la central

Fases características de una conexión en la red telefónica

Toda conexión en una red telefónica empieza con un "diálogo" entre el abonado y la central. Sin embargo, el número de unidades receptoras que se necesitan en la central debe ser limitado, por razones económicas, de manera que el abonado puede tener que esperar un corto tiempo, que depende de las condiciones de tráfico del sistema, antes de poder ser atendido. Por tanto, al descolgar el abonado X envía primero a la central (Fig. 1) una "señal de aviso" ("sa") que recibe el circuito de línea (Fig. 2) correspondiente a su línea. Tan pronto puede disponer la central de una unidad receptora y quedar así lista para el "diálogo", informa al abonado mediante una señal acústica, el tono de marcar, y conecta su línea a un "receptor de disco" (Fig. 2).

Esta operación da comienzo a la "fase de instrucciones" en la que el abonado X indica a la central la conexión que desea establecer marcando el número de guía del abonado Y. Cuando se ha completado el envío de esta información se establece la conexión entre los abonados X e Y a través de un alimentador (Fig. 2) y, al mismo tiempo, se libera el receptor de disco. Con esto concluye la fase de instrucciones.



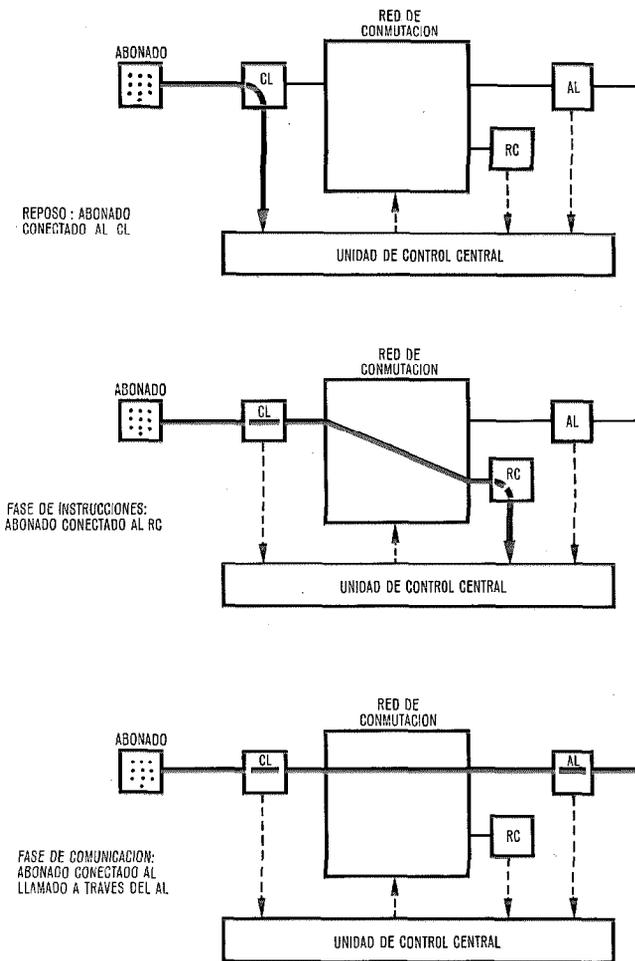


Fig. 2 Fases características de una conexión.

Ab - Aparato de abonado      RC - Receptor de cifras  
 CL - Circuito de línea      AL - Alimentador

La etapa siguiente, "fase de comunicación", que corresponde en una conexión telefónica al período de conversación, comprende el intercambio de información entre los abonados X e Y.

Si el abonado X quiere terminar la llamada, envía otra "señal de aviso" ("st") a la central colgando su microteléfono. La central repone entonces la conexión quedando la línea de abonado otra vez en estado de reposo. Las dos señales de aviso "sa" y "st", forman evidentemente un par de señales que determina toda conexión iniciada directamente por el abonado. Por razones que se explican más adelante, las dos señales de aviso aquí descritas se denominarán "señales de aviso del tipo 1".

#### Diversas funciones de transferencia de señales

Si el equipo de conmutación permite no sólo el establecimiento de conexiones telefónicas normales, como se ha supuesto en el apartado anterior, sino que ofrece además otros servicios al abonado, esto representa para la central otras funciones adicionales de transmisión de señales. La nueva situación puede caracterizarse adecuadamente mediante la siguiente lista:

#### Señales de aviso del tipo 1

##### Tipos de instrucciones

- Información de destino
- Información de tratamiento.

##### Tipos de comunicación

- Conexión de conversación
- Transmisión simple de datos (servicio simple de datos).

#### Señales de aviso del tipo 2

##### Observaciones:

Na hay cambio en cuanto a las "señales de aviso del tipo 1": se utilizan, como se ha indicado antes, para caracterizar el principio y el final de cada conexión.

En una conexión normal las "instrucciones" del abonado a los sistemas de conmutación se limitan a la "información de destino", que basta para el establecimiento de la conexión con otro abonado. Cuando por ejemplo se desea establecer una llamada de consulta (con retención para la consulta) o se quiere preparar la re-llamada automática a un abonado llamado ocupado, el abonado que llama debe poder dar "instrucciones de tratamiento" adecuadas. Este término comprende todas las instrucciones precisas para la realización de los servicios adicionales además de la "información de destino".

Además de la "conexión de conversación" que solía ser el único "tipo de comunicación" de la red telefónica, la "transmisión simple de datos" (servicio simple de datos) tendrá en el futuro una cierta importancia. El abonado envía datos mediante las teclas del aparato de teclado, que servirá así para más que enviar instrucciones a la central. Esta doble función del aparato telefónico de teclado debe tenerse en cuenta al especificar las diversas señales, para evitar que se produzca alguna incompatibilidad.

En muchos servicios nuevos, el abonado debe poder enviar instrucciones adicionales a la central durante la fase de comunicación. Hay que volver a tomar un receptor de cifras con una "señal de aviso del tipo 2" (esta señal especial de aviso se llama, por lo tanto, "señal de segunda toma"). La figura 3 muestra este proceso en la combinación de una llamada con una lla-

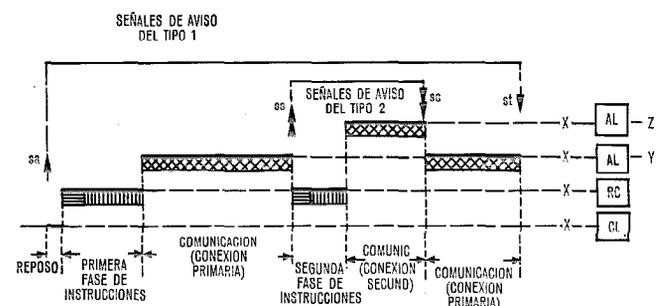


Fig. 3 Progreso de una comunicación con llamada de consulta.

ss - Señal de segunda toma  
 sc - Señal de cambio

## Envío de señales

mada de consulta. Esta señal de aviso "ss" inicia una segunda fase de instrucciones durante la cual el abonado envía la nueva "información de destino" (número de guía del abonado Z al que se desea hacer la llamada de consulta) y la "información de tratamiento" (llamada de consulta). Esta segunda fase de instrucciones es seguida por la segunda fase de comunicación, es decir la llamada de consulta al abonado Z. Cuando el abonado X quiere dar por terminada la llamada de consulta, envía otra "señal de aviso del tipo 2", que podría llamarse "señal de cambio" ("sc"); de esta señal y de la información de tratamiento (en este caso "llamada de consulta") recibida durante la segunda fase de instrucción la central deduce que debe interrumpir la conexión con el abonado Z y establecer de nuevo la conexión con el abonado Y, que está esperando. Las dos "señales de aviso del tipo 2", es decir la "señal de segunda toma", "ss", y la "señal de cambio", "sc", forman también un par de señales que determinan el proceso de la "llamada de consulta" (= "conexión secundaria") introducida dentro de la "conexión primaria". Para las dos "señales de aviso del tipo 2" puede ya afirmarse que basta utilizar una única señal, ya que la central puede discernir por el estado de la conexión si se trata de una "señal de segunda toma", "ss", o de una "señal de cambio", "sc".

Esta señal especial es el objeto concreto del presente estudio.

### Conjunto de señales disponibles

El conjunto de señales de que dispone el abonado para enviar a la central está determinada por las características internacionalmente normalizadas de los aparatos de disco giratorio normales:

#### Aparato de disco giratorio

- 2 "señales de gancho" (colgado y descolgado)
- 10 señales numéricas (correspondientes a las cifras decimales 1, 2, 3 ... 9, 0).
- Lo mismo ocurre con el aparato de teclado normal.

#### Aparato de teclado

- 2 "señales de gancho"
- 10 señales numéricas (cifras decimales 1, 2, 3 ... 9, 0)
- 2 señales especiales (\* y #).

Las señales numéricas y las especiales corresponden a un total de 12 teclas.

### Empleo de las señales disponibles en las diversas funciones de transmisión de señales

#### Combinaciones posibles

Se combinan primero las diversas funciones de señalización con los grupos de señales del conjunto de señales disponibles indicado en "Conjunto de señales disponibles" (tabla 1).

### Progreso típico de las conexiones con empleo de nuevos servicios

Los nuevos servicios, con sus numerosas posibilidades de variación, pueden asignarse a ciertas cate-

Tabla 1 - Combinaciones posibles.

Función	Grupo de señales
Señales de aviso del tipo 1	"Señales de gancho" (2)
Instrucciones	
Información de destino	Señales numéricas (10) Señales numéricas (10)
o	
Información de tratamiento	Señales especiales (2) o Señales numéricas (10) y señales especiales (2)
Tipos de comunicación	
Conexión de conversación	
Transmisión simple de datos	Señales numéricas (10) y señales especiales (2)
Señales de aviso del tipo 2	a convenir

ría si se consideran progresos típicos de llamadas. En lo que sigue se describen brevemente las cuatro categorías que difieren de las demás por precisar una señal de aviso del tipo 2. Para ilustrar los procesos se considera en cada caso un servicio determinado.

### Protección contra intervención en plena fase de comunicación (Fig. 4 a)

Si el abonado desea protección contra la intervención después de haber ya empezado la fase de comunicación, debe enviar primero a la central una "señal de segunda toma", "ss", (señal de aviso del tipo 2) para indicar que necesita de nuevo un receptor de cifras.

Cuando hay disponible un receptor (lo que se indica mediante el tono de marcar), el abonado puede enviar la instrucción adicional, que en este caso consiste en una simple información de tratamiento. En cuanto la central ha recibido totalmente esta información se vuelve automáticamente a la fase de comunicación. De ahí en adelante la conexión queda protegida contra la intervención.

### Llamada de consulta (retención para consulta) (Fig. 4 b)

En la figura 3 ya se ha mostrado y explicado el progreso de una llamada de consulta. Se repite aquí a fin de aclarar mejor las semejanzas y diferencias con relación a otras categorías. En la segunda fase de ins-

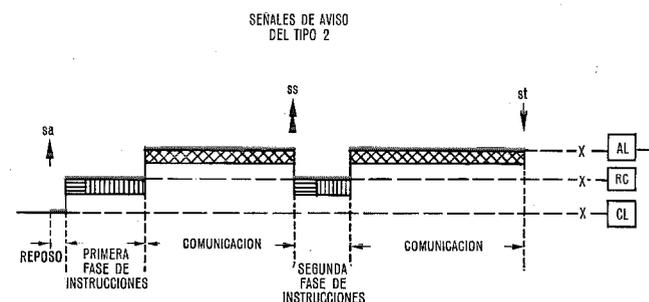


Fig. 4 a Protección contra la intervención en el curso de una conexión.

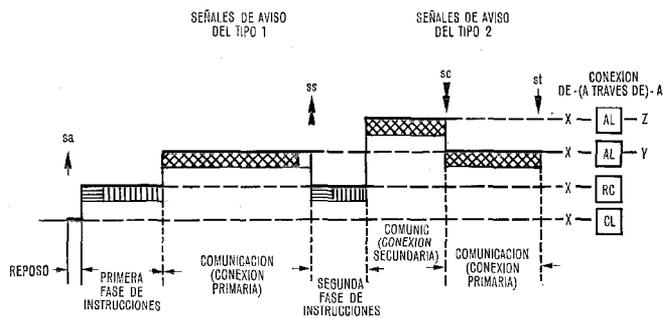


Fig. 4 b Llamada de consulta.

trucciones se envía información de tratamiento e información de destino relativas a la forma en que debe tratarse la "conexión secundaria" (al abonado Z).

Notificación inmediata del cómputo (Fig. 4 c)

Este servicio está basado en una de las muchas posibilidades de aplicación del mismo: antes de colgar el abonado al acabar la fase de comunicación, envía una "señal de segunda toma", "ss", para tomar un receptor de cifras y pide la notificación, en forma de mensaje, del cómputo total correspondiente a esa comunicación. Cuando se ha recibido totalmente las instrucciones, se rompe la conexión con el abonado Y y se conecta un dispositivo informador (Z\*). Cuando el abonado cuelga (señal de aviso "st") se rompe la conexión.

En este caso las instrucciones para un proceso secundario inmediato se registran durante la fase de instrucciones que se superpone a la conexión primaria.

Re-llamada automática (Fig. 4 d)

Si después de haber enviado las instrucciones de conexión con un abonado Y el abonado X recibe tono de ocupado por estar aquél ocupado, toma un receptor de cifras (señal de segunda toma "ss") y pide a la central que establezca automáticamente la conexión con el abonado Y tan pronto como éste quede libre. En este caso, de una conexión existente resulta un proceso secundario posterior, independiente y automático.

Necesidad de disponer de señales de aviso del tipo 2 inequívocas

En las figuras 4 a a 4 d puede verse si sirve como señal de aviso del tipo 2 o no una señal de las del grupo indicado en "Conjunto de señales disponibles".

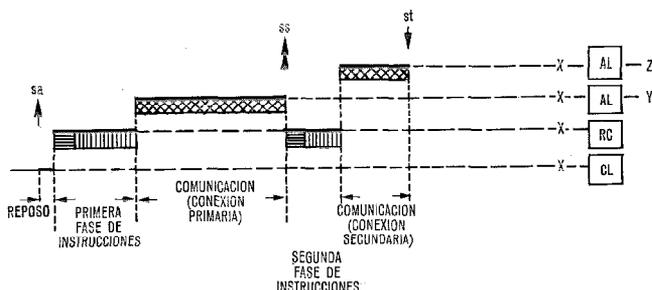


Fig. 4 c Notificación inmediata del cómputo.

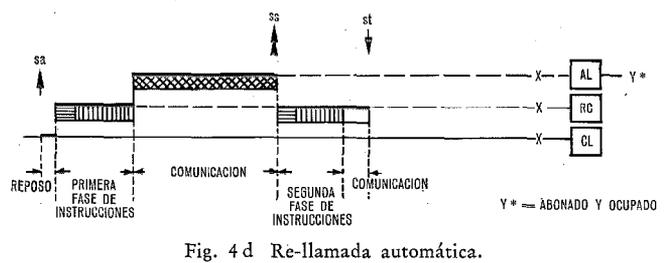


Fig. 4 d Re-llamada automática.

Debe notarse lo siguiente:

a) La señal de segunda toma "ss" se envía siempre durante la fase de comunicación. Si hay ya establecida una comunicación hablada puede usarse cualquier señal disponible especial o numérica sin riesgo de provocar una falsa interpretación. Sin embargo, si la conexión corresponde al "servicio simple de datos", no puede emplearse ninguna de esas señales como señal de segunda toma "ss".

b) La otra señal de aviso del tipo 2, la señal de cambio "sc", se envía también en la fase de comunicación, por lo que cuanto se ha dicho sobre la señal de segunda toma es también aplicable aquí. La diferencia estriba en que el abonado envía a veces la señal de cambio antes de tiempo, cuando ha cometido un error en el envío de información y desea entonces interrumpir el proceso secundario para volver al primario. Si se empleara una de las señales numéricas o especiales como señal de cambio "sc", entonces en el caso descrito la central interpretaría inequívocadamente esta señal como parte de las instrucciones del abonado, y su reacción sería sorprendente para el abonado. (Es de notar, en relación con esto, que en algunas centralitas privadas solía utilizarse un código de una cifra, generalmente el "1" enviado desde el aparato para iniciar y terminar una llamada de consulta; debido a las dificultades descritas con relación a la interrupción de la llamada de consulta, esta solución apenas se emplea actualmente). Por este motivo es absolutamente necesario disponer de una señal independiente para las señales de aviso del tipo 2 (segunda toma y cambio) a fin de garantizar una señalización inequívoca en cualesquiera condiciones.

Métodos de señalización

Se ha demostrado en "Empleo de las señales disponibles en las diversas funciones de transmisión de señales" que se necesita como señal de aviso del tipo 2 una señal independiente que debe distinguirse claramente de las señales numéricas y especiales. El problema inmediato es la definición de la señal necesaria. Con este objeto analizaremos en detalle las señales ya establecidas.

Señales de aviso del tipo 1

Las señales de aviso "sa" y "st" están constituidas normalmente por el principio y el final de una señal continua de c.c. que origina el abonado con el gancho del aparato telefónico. De esta sencilla forma se con-

sigue la posibilidad de recibir la señal de aviso en cualquier momento, lo que es absolutamente necesario para este tipo de señales. Sin embargo, es especialmente importante que las condiciones de señalización sean siempre inequívocas y que, en consecuencia, perturbaciones esporádicas sólo puedan dar lugar a un cierto retraso en la recepción de la señal y no a un error permanente.

La señal de aviso "sa" se recibe siempre en el circuito de línea correspondiente en la central al abonado (Fig. 2). A partir de ese instante la central debe estar dispuesta en todo momento a recibir la señal de aviso "st", de manera que cuando el abonado cuelga se detecta esto inmediatamente. Tan pronto la línea de abonado tiene acceso a un receptor de cifras debe poderse recibir en él también la señal de aviso. Lo mismo ocurre con el alimentador a través del cual se establece la conexión con el otro abonado durante la fase de comunicación.

### Señales numéricas y señales especiales

#### Señales de disco

Con el disco pueden obtenerse diez señales diferentes para, por ejemplo, enviar la información de destino. Las señales se componen de trenes de impulsos de c.c. Generalmente se envían a un ritmo de 10 impulsos por segundo y, a veces, de 20. Por tanto, se emplea para ello el mismo canal de señalización en c.c. que se usa para la transmisión de las señales de aviso. (A efectos de este estudio carece de importancia el hecho de que este canal sirve también para alimentar el micrófono del aparato telefónico). Las señales de disco y las de aviso de distinguen por el momento en que se producen. La señal de aviso "st" (abonado cuelga) sólo puede reconocerse como tal después de una demora que es igual o mayor que la duración máxima de un impulso de disco. De "Conjunto de señales disponibles" se deduce que no pueden obtenerse señales especiales con un aparato de disco.

#### Señales de teclado

La marcación con teclado en c.c. caracterizada por un menor costo en el aparato de abonado y en los receptores de cifras se emplea generalmente sólo en centrales privadas [5]. Hay varios motivos para esto, pero no es del caso exponerlos aquí.

Actualmente se utiliza la selección por teclado a frecuencia vocal en la red telefónica pública empleando generalmente el código multifrecuencia "uno entre cuatro" en la forma que recomienda el CCITT [6]; las ocho frecuencias de señalización van de los 697 Hz a los 1633 Hz, o sea están dentro de la banda de conversación. Pueden formarse así en total 16 combinaciones de frecuencias. Sin embargo, en el aparato de teclado corriente para uso público sólo se emplean 12 de ellas, 10 para cifras y 2 para señales especiales \* y #.

Pero la mencionada recomendación del CCITT no especifica si la señalización de teclado debe basarse en

un método de "frecuencia vocal únicamente" o puede combinarse con señales auxiliares de c.c. en alguna forma (disminución de la corriente de bucle, señal de c.c. indicadora, etc.).

En los primeros tiempos de la señalización de teclado se consideraron estas señales auxiliares realmente porque se pensaba al principio que sólo de esta manera podía conseguirse suficiente inmunidad contra la palabra en los receptores de señalización de teclado. Pero luego se ha averiguado que también puede conseguirse un grado muy elevado de inmunidad contra la palabra en los receptores de señales a base sólo de frecuencias vocales [7], por lo que no es preciso emplear señales auxiliares de c.c. con ese fin.

No es ésta, sin embargo, la única razón de que actualmente apenas se utilicen señales auxiliares de c.c. en la selección por teclado a frecuencia vocal. Otra razón es que crean algunos problemas. Exigen equipo más costoso, especialmente receptores, y los transitorios de esas señales de c.c. reducen el tiempo disponible para analizar las señales de frecuencia vocal [8], lo que resulta necesariamente en un empeoramiento de las condiciones de señalización. Esto es especialmente crítico cuando se emplea el aparato de teclado para "servicio simple de datos", otro aspecto a considerar es la acumulación de señales ulteriores que origina niveles de ruido inadmisiblemente altos en los canales vecinos.

También aparecen todos estos problemas, naturalmente, si se emplea una señal auxiliar de c.c. para provocar la "conexión provisional" de un receptor de cifras (se conecta un receptor de FV con la señal auxiliar y se libera inmediatamente después de haber interpretado la señal de FV). Una investigación a fondo demostró que esta posibilidad de reducir drásticamente la cantidad necesaria de receptores de cifras, aunque atractiva en principio, no es una solución muy satisfactoria; el coste de los circuitos de conexión muy rápida necesarios a ambos lados de los receptores compensa en gran parte lo que se ahorra en receptores. Además, las condiciones de tiempo se deterioran aún más de lo debido a la señal auxiliar de c.c., y finalmente el número de abonados afectados por la avería de un sólo receptor crece más que proporcionalmente.

Tampoco puede usarse como señales de aviso del tipo 2 señales de c.c. combinadas con señales de FV como auxiliares ya que, como resulta de "Necesidad de disponer de señales de aviso del tipo 2 inequívocas", las señales de aviso deben ser inconfundiblemente diferentes de las señales numéricas y especiales.

#### Posible constitución de las señales de aviso del tipo 2

Las condiciones que determinan una señal adecuada son las siguientes:

- Las dos señales de aviso del tipo 2, "ss" y "sc", pueden ser del mismo tipo.
- Esta señal debe diferir inequívocamente de todas las señales de instrucciones (señales numéricas y especiales) y de las señales de aviso del tipo 1.

- La central debe poder recibir la señal durante cualquier fase de la llamada; tanto los alimentadores como los receptores de cifras deben ser capaces de recibir la señal.
- Si es posible, la señal debe ser susceptible de utilizarse tanto con aparatos de disco como de teclado.
- Cuando la señal se reciba en la central debe ser posible distinguir si procede del abonado que llama o del llamado.
- La generación de la señal en el aparato de abonado debe ser lo más económica posible.
- Igualmente, el equipo receptor de la central debe ser también económico.
- La carga de tráfico del equipo de conmutación aumentará sólo en un mínimo porcentaje a causa de la señal.
- La señal debe ser insensible a la conversación.
- El envío de la señal desde el aparato telefónico no debe exigir ninguna habilidad especial.
- Deben tenerse en cuenta los métodos operativos ya existentes (llamadas de consulta en centrales privadas).

Pueden utilizarse como señales de aviso del tipo 2:

- una señal de FV,
- una señal de c.c.,
- una señal de FV con una señal auxiliar de c.c.

En el análisis que sigue de estas diversas posibilidades sólo se consideran las características más importantes, a fin de obtener una idea clara.

Salvo en un caso (accionamiento del gancho, aparato "Señal de c.c."), todas las soluciones tienen en común que precisan de una tecla o botón adicional.

#### Señal de frecuencia vocal

Por razones ya expuestas, no debe emplearse ninguna de las señales del teclado de FV. Ni están disponibles las cuatro combinaciones de frecuencias que no se emplean en el aparato normal de teclado, ya que requieren equipo especial de abonado también conectado a la red telefónica.

Por consiguiente, habría que elegir para la señal de aviso una nueva frecuencia de señalización (además de las ocho frecuencias especificadas para la selección por teclado!). Sin embargo, una señal de frecuencia vocal es muy poco adecuada, en general. El elevado coste de generación de la señal en el aparato telefónico y el aún más alto de recepción de la misma en los alimentadores constituyen una desventaja muy seria. Además, existe la dificultad de conseguir inmunidad suficiente contra la conversación y de determinar de qué abonado procede la señal. Poco hay, pues, en favor de esta solución y mucho en contra, en cambio.

#### Señal de c.c.

En principio, hay varias posibilidades. Sin embargo, si por cualquier razón se emplea un método de selección por teclado con señal auxiliar de c.c., no puede utilizarse entonces este tipo de señal de c.c. como señal de aviso del tipo 2, porque se violaría con ello el principio de emplear una señal inconfundible (véase "Señales de teclado").

Por supuesto, las señales de c.c. sólo pueden transmitirse hasta donde llegue el canal de c.c. En los primeros sistemas con red de conmutación electrónica (conexión por división en el tiempo, posiblemente incluso las soluciones electrónicas de división en el espacio) este canal de c.c. terminará siempre en un transformador en el circuito de línea. Todas las señales de c.c. que se envían por la línea de abonado a la central durante el progreso de una llamada deben recibirse en el circuito de línea, es decir en un órgano extremadamente periférico, donde incluso pequeñas diferencias de coste afectan al coste total de una manera muy considerable debido al gran número de esos órganos. Esto debe tenerse en cuenta ya en esta etapa, porque también están implicados los aparatos telefónicos, y éstos no son tan sencillos de cambiar.

Por tanto, la sencillez del equipo receptor es un factor importante en la discusión que sigue de los diversos tipos de señales de c.c.

#### Reducción de la corriente de bucle

Puede hacerse en el aparato telefónico a bajo coste. Sin embargo, el extremo receptor presenta problemas porque hay que distinguir entonces tres estados de señalización en el canal de c.c. Esto se traduce en una considerable disminución del alcance de señalización, consecuencia difícilmente aceptable.

#### Interrupción de la corriente de bucle en un sentido

Se emplea a veces este tipo de señalización con las centrales privadas. Se inserta un diodo en la línea de modo que se interrumpa la corriente de bucle; invirtiendo la polaridad de la alimentación, se garantiza que la central recibe esta señal particular y que no se trata de una interrupción total del bucle, como la que ocurriría al colgar.

También con esta solución se tiene un bajo coste en el aparato telefónico, pero el del equipo receptor es muy alto, principalmente por la inversión de polaridad. Esto elimina también este tipo de señal.

#### Señal de c.c. con vuelta por tierra ("botón de tierra")

En muchos tipos de centrales privadas se emplea una señal de c.c. de este tipo para iniciar y terminar las llamadas de consulta y para otras funciones semejantes, o sea como señales de aviso del tipo 2. La vuelta por tierra que se necesita puede conseguirse normalmente sin problema alguno para las líneas de extensión, que suelen ser cortas. Por otra parte, en la red telefónica pública se pretende usar en el futuro, por varias razones, exclusivamente líneas de abonado equilibradas, por lo que el "botón de tierra" queda también descartado.

#### Impulso de c.c.

Finalmente, la señal de aviso del tipo 2 puede tomar la forma de un impulso de c.c., es decir de una breve interrupción de la corriente de bucle. La duración del impulso debe ser lo bastante larga para per-

mitir al equipo receptor distinguirlo de los impulsos del disco; por otra parte, debe aumentarse la demora de reposición mencionada en "Señales de disco" a fin de que no pueda confundirse con la señal de aviso "st" que se da al colgar el teléfono.

Este impulso especial de c.c. puede tomar dos formas conocidas, que difieren esencialmente en la manera de generarlo.

— "Accionamiento del gancho". Se genera el impulso accionando momentáneamente el gancho del aparato telefónico. (Este sistema se emplea principalmente en las redes de la ATT.)

— "Impulso calibrado de c.c." Lo produce el abonado oprimiendo una tecla o botón adicional. Sin embargo, su duración está determinada con una estrecha tolerancia por un circuito temporizador automático [5].

Empleando un impulso de c.c. como señal de aviso del tipo 2 pueden cumplirse en gran parte las condiciones enumeradas al principio de esta sección.

Una cierta desventaja del impulso de c.c. como señal de aviso del tipo 2 es que puede simularse con un accionamiento sumamente corto del gancho; es bien sabido que puede simularse de esta forma incluso un impulso de disco. La probabilidad de que pueda producirse accidentalmente esta falsa señal se reduce en la misma proporción en que se disminuye el límite superior de duración del impulso de c.c. utilizado para la señal de aviso.

#### Señal de FV con señal auxiliar de c.c.

Si por alguna razón se emplea una señal auxiliar de c.c. con la selección por teclado a FV, la señal de aviso del tipo 2, también compuesta de una señal de FV y otra de c.c., debe diferir de todas las señales de teclado por lo menos en uno de sus componentes, a fin de que sea inconfundible. Hay que escoger otro tipo de señal de c.c. o bien añadir nuevas frecuencias para la componente de FV, como se indicó en "Señal de frecuencia vocal".

Con el sistema de frecuencias vocales exclusivamente, por otro lado, puede utilizarse también como señal de aviso del tipo 2 una de las combinaciones de frecuencias disponibles, siempre que vaya acompañada de una señal auxiliar de c.c. para distinguirse así de las señales del teclado.

Estas soluciones proporcionan total inmunidad contra la conversación y permiten distinguir la procedencia de la señal. Sin embargo, estas características tan ventajosas van acompañadas de un alto coste, sobre todo en la central, donde hay que dotar a todos los receptores de cifras y alimentadores, de equipo receptor caro. Por este motivo esta solución es poco viable en la práctica.

#### Elección del método

Las diferencias entre las soluciones descritas en los apartados "Señal de frecuencia vocal" a "Señal de FV con señal auxiliar de c.c.", en especial por lo que se refiere al coste, son tan grandes que se ve sin dificul-

tad alguna que la forma más ventajosa que puede tomar la señal de aviso del tipo 2 es el impulso de c.c. En la sección siguiente se analiza cuál de las dos variedades debe ser preferida: el "accionamiento del gancho" o el "impulso calibrado de c.c."

#### Comparación de las soluciones de "accionamiento del gancho" y de "impulso calibrado de c.c."

Ambas soluciones están basadas en el mismo principio de señalización, pero son muy diferentes en sus detalles. Las diferencias más importantes son las siguientes:

- la forma de originar la señal,
- la duración del impulso y su margen de tolerancia,
- la incidencia del coste en el aparato telefónico.

Con el "accionamiento del gancho" se especifican los límites de duración inferior y superior por ejemplo en 200 ms y 1200 ms, respectivamente. El "impulso calibrado de c.c.", por otra parte, puede obtenerse con tolerancias relativamente estrechas y, por tanto, puede ser más corto; en general, debe bastar un margen de 100 a 300 ms.

En la tabla 2 se comparan ambas soluciones. Sólo se incluyen las características que son netamente diferentes. A la mejor solución para cada característica indicada se le asigna un "1", y a la otra un "0".

Tabla 2 - Comparación de las dos soluciones en continua.

Características	Solución	
	Accionamiento del gancho	Impulso calibrado de c.c.
a) Bajo coste en el aparato telefónico	1	0
b) No se requiere habilidad especial para originar la señal	0	1
c) Poco riesgo de envío accidental de la señal	0	1
d) Baja carga adicional de tráfico para la central	0	1
Total	1	3

#### Observaciones

a) El hecho de que el "accionamiento del gancho" no suponga coste alguno adicional para el aparato telefónico hace aparecer esta solución como muy favorable en principio.

b) Sin embargo, la habilidad que exige del abonado el "accionamiento del gancho" debe considerarse como un inconveniente importante.

c) Resulta, además, una mayor probabilidad de envío erróneo de la señal, lo que, si se hace inconscientemente, provoca reacciones inesperadas del sistema y puede molestar enormemente al abonado, aparte de dar lugar a tomas innecesarias de equipo de la central. Con el impulso calibrado de c.c. "no hay riesgo de liberación involuntaria por un accionamiento dema-

siado prolongado del gancho. Incluso es muy pequeña la probabilidad de simulación por accionamiento momentáneo involuntario del gancho, puesto que el impulso calibrado de c.c. puede ser relativamente corto y tener unas tolerancias muy estrechas.

d) El tiempo de reposición considerablemente más largo (varios segundos como media) que exige la solución del "accionamiento del gancho" supone una carga de tráfico decididamente mayor para el sistema telefónico, ya que este largo tiempo de reposición es el mismo para todas las conexiones (puede, además, resultar muy molesto para los abonados porque les impide originar inmediatamente otra llamada). Desde luego pueden tomarse medidas en el equipo de control de la central para que el tiempo de reposición dependa de si el abonado está utilizando o no un servicio que exija el empleo de una señal de aviso del tipo 2. Pero, si bien ésta reduce la carga de tráfico de las vías de comunicación, supone un aumento de coste y de carga de la unidad de control. Así pues, en ambos casos el resultado final es un mayor coste.

### Conclusión

La evaluación que permite la tabla anterior es, por supuesto, una comparación cualitativa y no cuantitativa, ya que ésta sería muy difícil de hacer debido a la multiplicidad de problemas implicados. No obstante, el resultado señala correctamente la tendencia, en especial a la luz de las observaciones indicadas.

Para las señales de aviso del tipo 2 necesarias para la introducción de nuevos servicios ("segunda toma" de un receptor de disco durante una llamada y también "cambio") la utilización de un "impulso calibrado

de c.c." es la solución definitivamente preferible, que tiene además la ventaja de poder emplearse lo mismo con aparatos de disco que con aparatos de teclado.

### Referencias

- [1] CCITT, Study Group II, DEP, Study of existing or planned services in each country, Estocolmo, Temp. Doc. N° 1.
- [2] H. Oden: Neue Leistungsmerkmale in der Telefonie? Der Ingenieur der Deutschen Bundespost 2 (1965), págs. 48—58.
- [3] G. Zeidler: Neue Leistungsmerkmale in der Fernsprechtechnik — Vorteil oder Belastung für den Telefonbenutzer? NTZ 3 (1972), págs. 142—147.
- [4] G. Zeidler: Desirability of new service features from the standpoint of the telephone user. 6th International Symposium on Human Factors in Telephony, Estocolmo.
- [5] H. Oden: Selección por teclado — Una característica de los sistemas modernos de conmutación, Comunicaciones Eléctricas, Vol. 45 (1970), N° 1, págs. 62—68.
- [6] CCITT, Libro Blanco, Vol. VI. — Rec. Q 23.
- [7] L. Gasser, E. Ganitta: Speech Immunity of Push. Button Tone Signaling Systems Employing Tone Receivers with Guard Circuit, Electrical Communication, Vol. 39 (1964), N° 2, págs. 220—243.
- [8] G. Rahmig: Niederfrequenz-Übertragungstechnik, Verlag Berliner Union GmbH, Stuttgart, Verlag W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart, Berlín, Köln, Mainz, págs. 217—239.

**Heinz Brand** nació en 1941 en Jüterbog, Alemania. Estudió telecomunicación y proceso de datos en las Universidades Técnicas de Aachen y Stuttgart. En 1970 completó sus estudios y obtuvo su diploma. El mismo año ingresó en Standard Elektrik Lorenz AG en Stuttgart como ingeniero de desarrollo.

**Rudolf Mosch** nació en Leipzig, Alemania, en 1914. Estudió telecomunicación en la Technische Hochschule de Dresden y se graduó en 1939. En los siguientes años trabajó en los campos de radiofrecuencia y control remoto. En 1949 ingresó en la antigua Mix & Genest y ahora ITT. Después de siete años de trabajo en transmisión telefónica alámbrica pasó a conmutación telefónica y fue jefe del departamento de investigación básica durante muchos años. Actualmente es director de departamento y consejero técnico del director de desarrollo de las líneas de productos Sistemas de conmutación y Equipo de abonado. Rudolf Mosch es miembro de la NTG (Sociedad de Ingenieros de Telecomunicación) en la VDE.

# Recientes mejoras y tendencias de desarrollo en el diseño y fabricación de cables telefónicos aislados con plástico

Los avances en la tecnología de cables telefónicos aislados con plástico están reduciendo los costes de adquisición y funcionamiento del sistema, y mejorando sus características y fiabilidad en las redes de cables telefónicos del área local, abonado a central.

Standard Telephones and Cables Limited, Londres, Reino Unido  
K. I. KINCAID

## Introducción

En artículos anteriores [1], [2], se ha descrito las tendencias de desarrollo en la tecnología de cables para comunicaciones, y, en particular, el uso de conductores de aluminio y aislamiento de polietileno celular. El propósito del presente artículo es poner al corriente al lector sobre los cambios más significativos introducidos en los últimos dos años, particularmente los relativos a conductores de cables aislados con plástico para áreas locales. Se indican también las posibles tendencias para desarrollos futuros.

La red de distribución de cables telefónicos en área local del British Post Office, se puede considerar constituida por dos secciones principales: una sección desde la central al cuadro de interconexión, y otra desde el cuadro de interconexión al abonado.

Hasta hace poco tiempo, el cable standard aislado con plástico suministrado para la primera parte de la red estaba constituido por cable con conductor de cobre aislado con polietileno sólido montado en construcción unitaria, mientras que para la última parte de la red, los cables fueron suministrados con conductores de cobre o aluminio y aislamiento de polietileno celular montado en construcción concéntrica, estando los cables rellenos con petroleum jelly (un petrolato).

Durante los dos últimos años, los conductores de aleación de aluminio han desplazado a los conductores de aluminio puro en el terminal de abonado de la red, y los discos radiales finos de polietileno celular han desplazado al aislamiento de polietileno sólido en el lado de la central al cuadro. Estos dos y otros desarrollos serán discutidos posteriormente con más detalle.

## Conductores de aleación de aluminio

Durante los pasados 7 años, el British Post Office ha comprado y utilizado cantidades considerables de cable con conductores de aluminio puro con grado de dureza eléctrica de 3/4 (dureza E.C. 3/4), de conductividad nominal de 61 por ciento [2]. Estos cables se fabrican en gamas de 1 a 100 pares con conductores de calibre 24 AWG\* (0,51 mm de diámetro), aislado con polietileno celular de baja densidad. Los cables multipares fueron llenados completamente con petroleum jelly y recubierto de extremo a extremo con polietileno negro de peso molecular alto y densidad media. Generalmente hablando, una vez instalado se ha demostrado que las características de estos cables son

perfectamente satisfactorias. Sin embargo, comentarios de la instalación han revelado algunas dudas acerca de las propiedades de manipulación de los cables, y en realidad los problemas de manejo actuales fueron experimentados en trabajos de instalación particulares, por ejemplo, terminación en cuadros de interconexión. Esto dió lugar a una resistencia del usuario de la explotación, y a una confianza insuficiente para admitir aluminio de calibre 24 AWG y grado de dureza 3/4 E.C. para ser especificado en cables aéreos autosoportados o armados con hilo de acero, debido a las condiciones de vibración más onerosas experimentadas con cables aéreos, y los requerimientos físicos de las operaciones de fabricación de cables armados con hilo de acero.

En un intento para resolver estos problemas, los fabricantes de cables del Reino Unido han proseguido desarrollando cables con el conductor de aleación de aluminio con objeto de lograr mejores propiedades mecánicas (de manipulación), si es posible sin reducción significativa de la conductividad del material conductor.

La solución ideal para el problema de manejo de los cables con conductor de aluminio, sería el desarrollo de un conductor de aleación de aluminio con propiedades mecánicas análogas a las de un conductor de cobre eléctricamente equivalente. En este sentido la propiedad física que más contribuye a los problemas de manejo experimentados con aluminio de dureza E.C. 3/4 es su carencia de elongación antes de la fractura comparado con el cobre recocido (aproximadamente 1 % para un conductor de 24 AWG y dureza E.C. 3/4 comparado con 22 % para cobre de 26 AWG). El recocido de aluminio E.C. de 24 AWG, aparte de ser prácticamente muy difícil, produce un conductor de intolerablemente baja resistencia a la tracción, causando problemas de fabricación y manejo. De esta forma la solución del problema se ha concretado en dos actividades principales:

a) Se necesitaría un material de aleación de aluminio que, convenientemente tratado con calor (recocido), diese un conductor con una elongación a la rotura significativamente mejorada sin una pérdida importante en la conductividad o en la resistencia a la tracción, y

b) Habría que desarrollar un proceso para facilitar el recocido del material conductor de 24 AWG con objeto de lograr y controlar la combinación deseada de propiedades físicas.

La solución del primer problema impone una eva-

\* American Wire Gauge (escala americana de calibre de los hilos).

luación sistemática de los materiales fácilmente disponibles, lo que pronosticaba buenas propiedades finales con la posibilidad de un tratamiento sencillo, y de una composición tal que no introduzca un incremento de coste apreciable sobre el conductor de aluminio E.C.

La solución al segundo problema presentaba más inconvenientes, puesto que el equipo apropiado para el recocido por resistencia o inducción de aleación de aluminio no estaba disponible comercialmente en una forma experimentada. Mientras que la adopción de un proceso de recocido en "lotes" fuera de la línea de producción fue una posibilidad evidente, se presintió que el proceso óptimo sería similar al utilizado para el tratamiento de conductores de cobre para cables telefónicos, facilitando el estirado del hilo, recocido, y aislamiento para proceder en una sola operación continua. El desarrollo de tal proceso implicó la superación de problemas bien conocidos de formación de chispas, ensanchamiento y control asociado con el recocido de conductores de aluminio de pequeño calibre en una operación continua a alta velocidad.

Como resultado de dos años de esfuerzo combinado entre Standard Telecommunication Laboratories (STL), centro de investigación británico de ITT y Standard Telephone and Cables (STC), compañía británica de ITT, se desarrolló un proceso de recocido y se fabricó una unidad apropiada para facilitar el recocido continuo de la aleación de aluminio de 24 AWG. Este desarrollo permitió a STC comenzar una fabricación regular de cables conductores de aleación de aluminio, usando un proceso de recocido "en línea", en febrero de 1973. STC fue la primera compañía fabricante de cables del Reino Unido en introducir tal proceso de fabricación de estos cables.

Los cables que en la actualidad se están produciendo han sido diseñados para satisfacer las exigencias de la especificación CW 218 del British Post Office. Los cables hasta 100 pares inclusive se fabrican con conductores de aleación de aluminio aislados con polietileno celular de baja densidad. Los cables se llenan con petroleum jelly y se recubren completamente con polietileno negro de densidad media. La tabla 1 compara las propiedades básicas del conductor de aluminio E.C. suministrado anteriormente con las del nuevo conductor de aleación de aluminio. Se muestra también el conductor de cobre de calibre 26 AWG (0,4 mm).

Tabla 1 - Comparación de propiedades de los conductores.

Propiedad	Cobre recocido 26 AWG	Aluminio E.C. dureza 3/4 24 AWG	Aleación aluminio recocido 24 AWG
Carga de rotura a la tracción media aproximada (N)	31,4	31,4	26,7
Alargamiento medio aproximado de rotura (porcentaje)	22	1	12
Conductividad relativa (porcentaje)	100 (nominal)	61 (nominal)	59,5 (aproximado)

Esta tabla muestra que se ha conseguido una considerable mejora en el alargamiento sobre el aluminio E.C. de dureza 3/4, con solamente pequeñas y tolerables reducciones de la carga de rotura y de la conductividad. En realidad, la reducción de conductividad es tal que la resistencia del conductor previamente especificada para el E.C. de dureza 3/4 se puede conseguir con un diámetro de conductor correspondiente a la cota superior de la tolerancia de diámetro especificada. La tabla 2 indica una comparación de los requerimientos especificados para los cables de aluminio E.C. suministrados anteriormente y los de aleación de aluminio actuales.

Tabla 2 - Especificación para conductores de aluminio E.C. y aleación de aluminio - 24 AWG.

Propiedad	Aluminio E.C. dureza 3/4 (Especif. CW 218 B del B.P.O.)	Aleación de aluminio recocido (Especif. CW 218 E del B.P.O.)
Diámetro del conductor	0,5 mm nominal 0,51 mm máximo	0,51 mm nominal 0,52 mm máximo
Resistencia del conductor a la tracción	124 MN/m <sup>2</sup> resistencia a la tracción nominal	22 N fuerza de tracción final mínima
Alargamiento de rotura del conductor	No especificada	5 % mínimo
Resistencia media del conductor	150 Ω/km máximo	149 Ω/km máximo

Muchas y variadas pruebas de laboratorio se han desarrollado en un intento de simular las condiciones de manipulación a que están sometidos los cables durante los trabajos de instalación, y la mayor parte de estas pruebas indican que se puede lograr una mejora en el manejo por cambio de un aluminio E.C. de dureza 3/4 a una aleación de aluminio de propiedades adecuadas. Una de estas pruebas, diseñada y realizada por STC, consiste en repetir una fuerte flexión en cables de construcción similar pero utilizando diferentes materiales conductores. El dispositivo de prueba se muestra en la figura 1. La mejora conseguida en el manejo del cable conductor de aleación sobre el cobre conductor de aluminio E.C., según se simuló para esta prueba particular, se puede ver de los resultados de la prueba en la figura 2.

Se pueden esperar para el futuro otras aplicaciones adicionales de los conductores de aleación de aluminio y en realidad el conductor de aleación de aluminio de 0,7 mm ha sido introducido en la especificación CW 218 E por el British Post Office con vistas a un desplazamiento de los cables con conductor de cobre de 0,5 mm (24 AWG) en el lado de abonado de los cuadros. Estos cables han sido diseñados para una exigencia específica de transmisión y no tendrán valores de resistencia equivalentes a las de los cables de cobre de 24 AWG existentes.

En el cuadro, del lado de la central, existe la posibilidad de sustitución de los conductores de cobre por

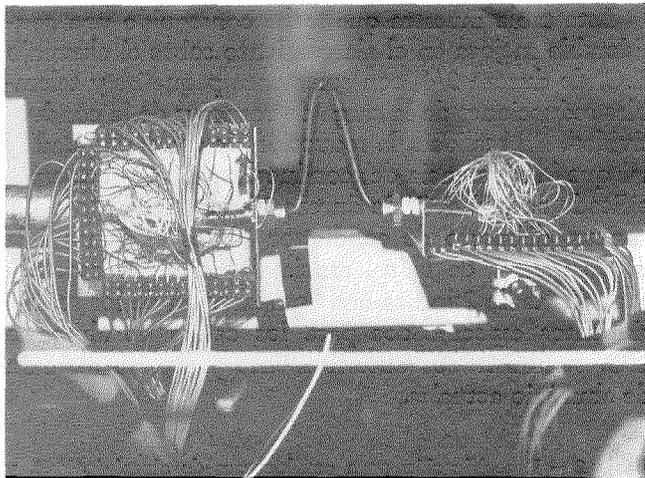


Fig. 1 Dispositivo para pruebas de flexión de cable para comparar la característica de manipulación de los cables con diferentes materiales conductores.

aleación de aluminio, pero está todavía sin resolver en esta parte de la red el asunto de llenado de los cables de aleación con petroleum jelly o gas presurizado. El relleno con petroleum jelly implicaría una penalización en el tamaño si se quiere mantener la capacidad del par y, teniendo en cuenta que el sistema existente en el British Post Office está presurizado en los cuadros, sería necesario incluir conductos huecos dentro

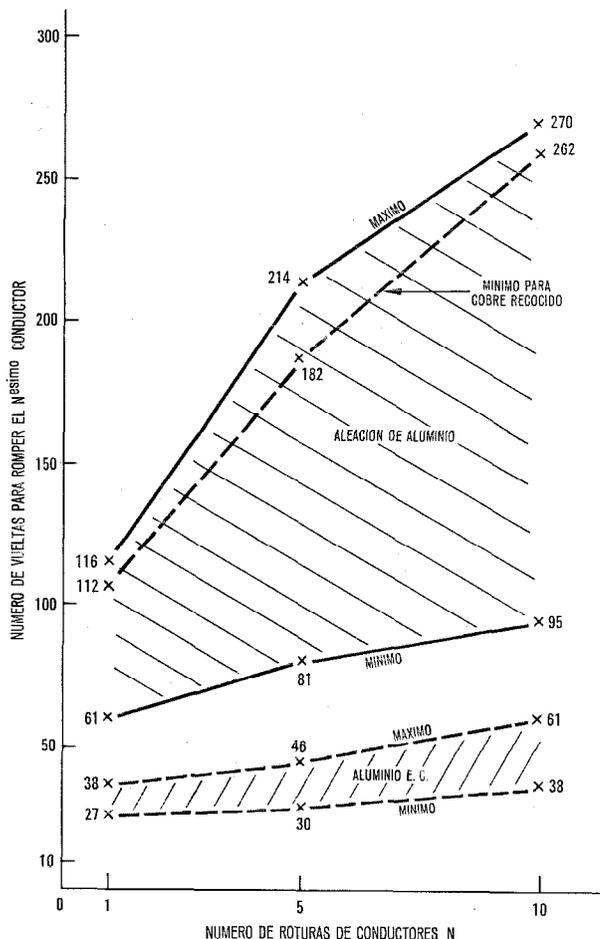


Fig. 2 Resultados de las primeras pruebas utilizando el dispositivo para pruebas de flexión con cables de 20 pares y calibre de 24 AWG.

del "llenado" en la composición del cable para permitir el paso de la presurización a los tipos de cables existentes (ver figura 3). La tabla 3 establece una comparación teórica entre los cables de aleación de aluminio y cobre relleno y no relleno.

### Aislamiento con piezas finas radiales de polietileno celular

Como se ha establecido previamente, el cable normal aislado con plástico suministrado para la parte de la red que enlaza el cuadro con la central, ha sido, hasta muy recientemente, conductores de cobre aislados con polietileno sólido de baja densidad, con los cables montados sin relleno protegidos por una barrera de aluminio/polietileno contra la humedad aplicada longitudinalmente y unida a la cubierta exterior de polietileno. Continuando el desarrollo de técnicas de extrusión y manipulación para la fabricación de conductores con aislamiento celular, en los dos últimos años se ha alcanzado una seguridad suficiente para permitir la sustitución del aislamiento de polietileno sólido por discos finos polietileno celular. La introducción de polietileno celular permite aislamientos más finos para ser usados sin degradación de las características de transmisión. Esto reduce el tamaño del cable y da lugar a cables con mayor capacidad de pares en conductos de tamaño normal. El efecto sobre las dimensiones de los cables se puede observar en los ejemplos anotados en la tabla 4.

Actualmente se están fabricando cables hasta 4800 pares con calibre 28 AWG con una capacidad máxima por par de 43 nF/km (0,086 μF/milla) y un diámetro máximo de cable de 76 mm (3 pulgadas).

En la actualidad estos cables con aislamiento celular no se están llenando con petroleum jelly. Está recibiendo ahora especial atención el problema de la presurización comparado con el de llenado con petroleum jelly en la parte de la red correspondiente al área de la central. La decisión estará determinada por factores técnicos y económicos, teniendo en cuenta que la sistema existente en el Reino Unido está presurizado en los cuadros de distribución. Actualmente el British Post Office está evaluando varios esquemas de cables pequeños experimentales que utilizan cobre de diámetros grandes en los pares, aluminio E.C. y cables multipares de aleación de aluminio relleno con petroleum jelly. Algunos de los cables experimentales de aluminio han sido terminados directamente en el re-

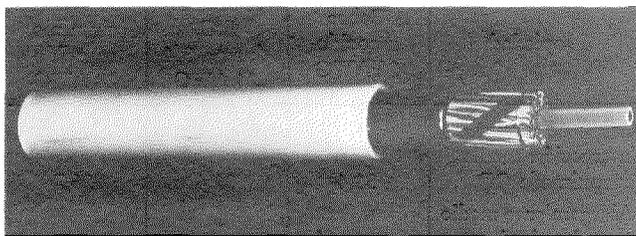


Fig. 3 Cable de 100 pares y calibre 24 AWG con conductores de cobre, aislamiento de polietileno celular y relleno de petroleum jelly, incorporando un tubo hueco de nylon para el paso de la presurización a los cables convencionales.

Tabla 3 - Comparación de cables con conductor de aleación de aluminio y cobre relleno y no relleno.

Tipo de Cable	(1) Cobre 26 AWG 1000 pares	(2) Cobre 26 AWG 1000 pares	(3) Cobre 26 AWG 1000 pares	(4) Aleación de aluminio 24 AWG 1000 pares	(5) Aleación de aluminio 24 AWG 1000 pares	(6) Aleación de aluminio 24 AWG 1000 pares	(7) Aleación de aluminio 24 AWG 1000 pares	(8) Aleación de aluminio 24 AWG 1000 pares	(9) Aleación de aluminio 24 AWG 1000 pares
Diámetro nominal del conductor mm	0,4	0,4	0,4	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Aislamiento	Polietileno sólido	Polietileno celular	Polietileno celular	Polietileno sólido	Polietileno celular	Polietileno celular	Polietileno sólido	Polietileno celular	Polietileno celular
Diámetro nominal del conductor aislado mm	0,78	0,78	0,64	0,98	0,98	0,78	0,78	0,78	0,64
Cable relleno o no con petroleum jelly	No relleno	Relleno e incluyendo conducto de aire de 5 mm de diámetro	No relleno	No relleno	Relleno e incluyendo conducto de aire de 5 mm de diámetro	No relleno	No relleno	Relleno e incluyendo conducto de aire de 5 mm de diámetro	No relleno
Capacidad media nominal del par en nF/km	50	50	50	50	50	50	65	65	65
Diámetro máximo estimado del cable mm	52	57	47	62	67	52	52	57	47

Notas: 1. Las columnas (1), (2) y (3) comprenden datos de cables de cobre, con aislamiento sólido no rellenos, con aislamiento celular rellenos con petroleum jelly, y aislamiento celular no relleno.  
 2. Las columnas (4), (5) y (6) proporcionan igual información para cables de aleación de aluminio con una resistencia del conductor y capacidad del par equivalentes.  
 3. Las columnas (7), (8) y (9) proporcionan la misma información para cables de aleación de aluminio con resistencia y diámetro del cable equivalentes.

partidor principal usando conexiones enrolladas del hilo. También algunos de estos cables rellenos han sido equipados con conductores huecos de nylon (Fig. 3) para permitir el paso de la presurización a los cables convencionales. Se constata que hasta ahora la experiencia de las pruebas de explotación realizadas ha sido muy prometedora.

Como anticipo de un más rápido cambio a construcciones totalmente rellenas, han continuado las investigaciones en STL para hacer compatibles varios materiales de llenado y polímeros para aislamiento [3].

### Cables de cloruro de polivinilo (PVC) para cableado de centrales

El diseño de cables aislados con PVC y recubiertos con PVC para uso en centrales telefónicas ha permanecido relativamente estacionario durante los últimos

años, los cambios más significativos se han producido en términos de racionalización y en el uso de calibres de conductores más pequeños. Sin embargo, durante los dos últimos años, ha aumentado la atención a las propiedades de retardo del fuego en estos cables. Una considerable investigación se ha realizado para mejorar las propiedades de no propagación del fuego en los materiales de PVC usados para aislamiento y recubrimiento. Se pueden conseguir mejoras importantes mediante una composición de PVC adecuada, pero tales mejoras representan generalmente una penalidad en el coste.

Uno de los mejores métodos de prueba para la comprobación de la inflamabilidad del PVC es la prueba del índice de oxígeno (ASTM D 2863-70). Esta prueba mide la concentración mínima de oxígeno, por medio de una mezcla de oxígeno y nitrógeno sur-

Tabla 4 - Comparación de cubiertas de cables aislados con polietileno sólido y cubiertas de cables aislados con paredes finas de polietileno celular

Tipo de cable	Cobre 19 AWG 100 pares	Cobre 19 AWG 100 pares	Cobre 24 AWG 1200 pares	Cobre 24 AWG 1200 pares	Cobre 28 AWG 2400 pares	Cobre 28 AWG 2400 pares
Diámetro nominal del conductor (mm)	0,9	0,9	0,5	0,5	0,32	0,32
Aislamiento	Polietileno sólido	Polietileno celular	Polietileno sólido	Polietileno celular	Polietileno sólido	Polietileno celular
Máxima capacidad media especificada del par nF/km	59	59	53	53	53	53
Diámetro máximo especificado del cable mm	36,3	32,5	68,8	61,0	62,0	55,5

giendo lentamente, para apenas mantener la combustión. La mayor parte de los fabricantes de cables pueden suministrar actualmente cables fabricados utilizando materiales de PVC con índices de oxígeno entre 28 y 32 con un sobrecoste respecto a los cables de PVC convencionales.

Un cambio radical en el Reino Unido ha sido el paso del aislado con PVC, trenzado textil, e hilos de conexión barnizados, a una construcción con aislamiento de PVC recubierto de nylon. Este cambio ha necesitado el uso de un compuesto especial de PVC bajo la cubierta de nylon con objeto de cumplir con las pruebas de flameado especificadas.

### Conclusiones

Para cable de exterior se puede predecir la extensión de la aplicación de conductores de aleación de aluminio en conjunción con aislantes celulares y llenados con petroleum jelly. Para cables de PVC de interior, se pondrá mayor atención a la resistencia a las llamas que en los actuales.

### Agradecimiento

El autor agradece sinceramente las contribuciones de muchos colegas de STC y STL a los esfuerzos de desarrollo descritos en este artículo.

### Referencias

- [1] D. C. Alexander: Modernas tendencias en la fabricación de cables de telecomunicación; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 46 (1971), N° 1, págs. 71—72.
- [2] K. I. Kincaid, D. K. Smith: Conductores de aluminio para cables telefónicos con aislamiento de polietileno, Comunicaciones Eléctricas, Vol. 46 (1971), N° 1, págs. 73—80.
- [3] S. G. Foord: Bloqueo continuo de agua en los cables de comunicación; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 48 (1973), N° 3, págs. 288—292.

**Ken I. Kincaid** nació en Plymouth, Inglaterra, en 1940. Se graduó en ingeniería eléctrica en la Universidad de Gales, Cardiff, en 1962, y entró en la División de Cables Telefónicos de Plástico de Newport de STC para trabajar en control de procesos. Dejó la compañía en 1966 para ingresar en Cables AEI donde trabajó en la especificación y puesta en servicio de instalaciones de fabricación de cables. Regresó después a STC en Newport donde es ahora ayudante del ingeniero jefe.

# Notas de investigación

## Dispositivo para prueba de antenas de banda ancha

A. J. LOMBARDI

M. S. POLGAR, Jr.

ITT Defense Communications, Nutley, N. J., Estados Unidos de América

En ITT Defense Communications, de Nutley, New Jersey, se está trabajando con un equipo para prueba de antenas de banda ancha allí diseñado. Ya hace tiempo que existía un problema de medida de antenas que impedía realizar medidas repetibles y exactas en la banda de 100 a 1000 MHz. Las actividades de ITT Defense Communications en el campo de las antenas para 1000 MHz y frecuencias más bajas, incluyen estructuras verticales para submarinos, barcos de superficie y otros vehículos.

Los principales problemas se deben a reflexiones incontroladas y ondas de superficie que distorsionan el diagrama de radiación medido. Las variaciones ocasionales de las condiciones de reflexión, así como las de los parámetros eléctricos del suelo, impedían la calibración a largo plazo de un montaje para prueba de antenas, condición necesaria de todo buen montaje que tenga esa finalidad.

El montaje tipo arco para prueba de antenas mostrado en las figuras 1 y 2 se diseñó para eliminar una serie de problemas de medida que habían dificultado seriamente la realización de medidas satisfactorias en antenas de prueba también se incluyó la posibilidad de medir el rendimiento y la ROET (Relación de voltajes de onda estacionaria) de antenas que trabajen en frecuencias de hasta sólo 2 MHz.

Las características más notables del montaje son:

- Plano reflector de tierra de 39 metros de diámetro.
- Arco semicircular de madera de 19,5 metros de altura que guía una antena radiante en el plano de elevación.
- Disco giratorio, de 4,6 metros de diámetro, centrado en el plano de reflexión de tierra, para medidas en el plano azimutal.



Fig. 1 Dispositivo para prueba de antenas de banda ancha.  
Vista general.

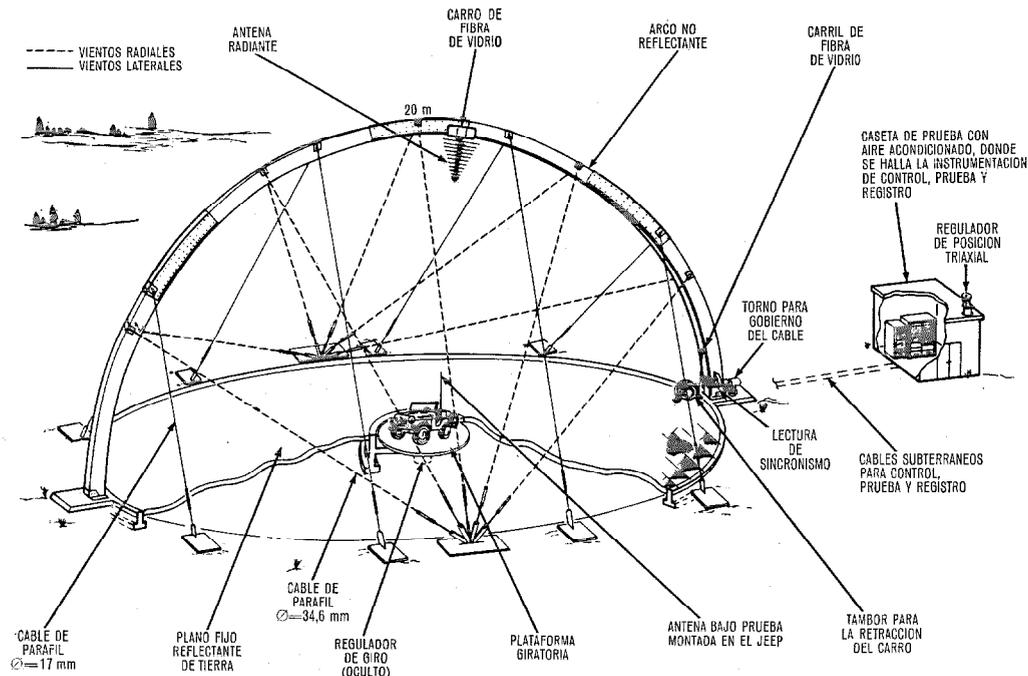


Fig. 2 Aspectos particulares del dispositivo.

— Cables radiales que conforman una extensión de 18 metros del plano de reflexión de tierra, para medidas en la banda de HF.

— Caseta para los instrumentos de prueba, donde se controlan y registran todas las medidas.

El dispositivo para prueba de antenas evita las dificultades inherentes a todo trabajo realizado con una multiplicidad de equipos de prueba, agravados por la falta de repetibilidad de los resultados obtenidos en diferentes momentos por diferentes personas, sin equipos normalizados. Prácticamente todas las pruebas de antenas se han llevado a cabo con equipo diseñado y construido específicamente para un proyecto concreto. Esto ocasionaba numerosos diseños de equipos para prueba de antenas especiales que normalmente quedaban anticuados apenas finalizado el proyecto.

En 1970 se puso de manifiesto la necesidad de disponer de un equipo versátil para prueba de antenas, al ver que las pruebas realizadas en antenas de submarinos exigían considerable tiempo de puesta a punto de los aparatos de prueba existentes y la falta de seguridad, repetibilidad y flexibilidad, necesarias para toda prueba eficaz. Se autorizó el diseño y construcción de este nuevo dispositivo a fin de superar los inconvenientes citados.

#### Funcionamiento del montaje

La prueba incluye la sujeción de una antena radiante, tal como una antena de cuadro, dipolo o antena de período logarítmico, al carro de fibra de vidrio que se mueve a lo largo de la cara interna del arco hasta su cúspide. El carro se mueve a una velocidad de 25 cms/seg, arrastrado por un cable de acero de 4 mm de diámetro. El cable discurre por una serie de poleas y se mueve gracias a un motor trifásico de 1 hp, a

60 Hz y 230 voltios con una capacidad de tracción de 3100 N aplicado a un tornillo. El motor está colocado en la base del arco y funciona por control remoto desde la caseta. Para que el recorrido del carro no sea superior a los 95°, el motor lleva incorporados unos limitadores eléctricos. El retorno del carro a la base se realiza gracias a otro cable RG-142 B/U reforzado que permanece enrollado en un tambor accionado por resorte. El tambor ejerce sobre el cable una tracción máxima de 156 N cuando éste está en la cúspide del arco. Esta es la posición en la que se produce sobre el cable mecánico la tensión más baja, debido a que la componente tangencial de la acción de la gravedad sobre el carro es mínima en ella, y la tracción de 156 N del cable de radiofrecuencia es suficiente para mover el carro y mantener a dicho cable de RF dentro de las poleas.

El control del carro, situado en la caseta de prueba, se sitúa exactamente en cualquier ángulo de elevación deseado. Alternativamente se puede hacer que el carro se mueva de forma continua desde un extremo al otro de su recorrido. Un indicador de esfera de dos velocidades situado en la consola de control de la caseta de prueba señala el verdadero ángulo de elevación del carro. La velocidad de movimiento del carro no se puede variar de forma continua, pero sí en tres escalones mediante el cambio de diámetro de la transmisión del motor.

La antena en prueba va fijada a un soporte sólidamente montado sobre el disco giratorio situado en el centro del plano de tierra. La consola de la caseta de prueba dispone de controles bidireccionales de velocidad variable que actúan sobre la plataforma giratoria. Las señales de la antena en prueba retornan a la caseta de prueba por líneas coaxiales con dieléctrico de espuma, de bajas pérdidas.

La plataforma giratoria azimutal va provista de una junta giratoria coaxial que permite libertad total de giro. También hay un cable de 16 conductores para múltiples usos entre la caseta de prueba y la plataforma rotatoria azimutal. Este cable se utiliza para otras diversas señales de control e indicación que pueden utilizarse a lo largo de la prueba.

La consola de control de la caseta de pruebas está totalmente equipada para la banda de frecuencias 2—2000 MHz. Está provista de registradores de curvas en coordenadas polares y rectangulares, dos receptores, acoplador direccional, divisores de potencia, contador de frecuencias, generador de señales, voltímetro vectorial, y circuitería de conmutación. La circuitería de conmutación de la consola de control va dotada de lo necesario para ecualizar el nivel de señal, con lo que se elimina la necesidad de gastar tiempo en calibraciones por separado para cada diagrama de radiación.

#### Construcción del arco

El arco está hecho a base de madera de pino meridional, tratada con preservador (antipútrido) de pentaclorafenol. Las tablas van encoladas una a continuación de otra para formar una tabla continua de un cuarto de arco y laminadas en moldes previos de 19,5 metros de radio, inmovilizándolas hasta que se endurece el adhesivo (un material impermeable a base de melamina). Los cuatro segmentos del arco se encolan entonces y se ensamblan mediante chapas y tornillos de empalme.

A ambos lados de la cara interna del arco van situados sendos ángulos de fibra de vidrio, que son los carriles no metálicos por los que discurre el carro de la antena radiante. Los carriles cubren  $95^\circ$  desde la base hasta la cúspide del arco.

Para guiar al cable mecánico y al de radiofrecuencia especialmente armado, hay 20 poleas a lo largo de la cara interior del arco, separadas entre sí 1,5 metros aproximadamente. Los cables hacen subir y bajar al carro gracias al torno motorizado y a la rueda de retracción.

#### Modificación del arco

Para evitar oscilaciones galopantes cuando hay vientos superiores a 75 km/h, es necesario reforzar la estructura del arco mediante cables radiales convenientemente colocados. Se evaluaron varias configuraciones de cables, utilizando para ello un programa de ordenador denominado STRUDL, para determinar sus resonancias verticales naturales.

La adición de este sistema de vientos radiales a los ya existentes introdujo más nodos, duplicando la velocidad crítica, hasta alcanzar los 155 km/h.

#### Vientos

El arco está soportado en su posición vertical por nueve vientos no metálicos a cada lado del mismo, cuatro de los cuales tienen un diámetro de 17 mm y están

tensados a 3320 N. Tiran en ángulo recto del plano del arco.

Los otros cinco vientos tienen un diámetro de 34,6 mm y están tensados a 6600 N. Tiran radialmente desde un arriostamiento único situado en la periferia del plano de tierra.

Estos vientos no metálicos son de Parafil, con núcleo de poliéster y envoltura de polietileno, y son adecuados para bajas tensiones.

Las pruebas realizadas han demostrado que el alargamiento a largo plazo producido por un esfuerzo constante del Parafil es más bajo que el del acero. Debido a esta característica no es preciso repetir el tensado inicial que normalmente se realiza dos semanas después de la instalación.

#### Caseta de pruebas

La caseta de pruebas está construida a base de bloques de hormigón. Las medidas interiores son 4,6 m  $\times$  4,6 m  $\times$  3,4 m. Una de las esquinas del tejado se diseñó de tal forma que pudiera soportar cargas concentradas de 26500 N de tal forma que se puedan montar antenas pesadas u otras estructuras. La caseta está situada a unos 15 metros del apoyo norte del arco. Esta proximidad permite que los operadores vean totalmente el arco y el carro de la antena en cualquier instante, si bien la caseta está suficientemente alejada como para impedir cualquier efecto eléctrico adverso sobre las medidas de la antena. Las ventanas que dan al arco están orientadas de tal forma que se reducen al mínimo los efectos deslumbrantes del sol. Además de todos los controles electrónicos y del equipo de registro, la caseta contiene un pupitre, una mesa de trabajo y un mínimo espacio para almacén. El interior de la caseta está dispuesto de tal forma que cuatro técnicos puedan realizar confortablemente sus trabajos sin interferirse.

La esquina reforzada va dotada de un regulador de posición de 3 ejes para uso en varias medidas de antenas, especialmente en la región de las microondas. Junto con este regulador de posición se utiliza un controlador separado que permite realizar dos pruebas a la vez, siempre que no se manejen las mismas frecuencias.

#### Plataforma giratoria

En el centro del plano de tierra va situada una plataforma giratoria de 4,6 metros de diámetro. La armazón metálica va forrada por un contrachapado de 19 mm de espesor que, a su vez va recubierto de una lámina de cobre de 0,76 mm. Una abertura circular de unos 15 cm de diámetro, con su tapadera, permite el acceso a los cables por encima y por debajo de la plataforma.

Un regulador de posición azimutal Scientific Atlanta de la serie 5100 soporta la estructura y facilita la rotación continua. La carga vertical total que puede soportar con seguridad el posicionador es de unos 130.000 N.

Carro

Para reducir al mínimo las reflexiones eléctricas y el peso, el carro está hecho con fibra de vidrio epoxy. Se le ha diseñado de tal forma que pueda soportar una carga de varios miles de N, suficiente para la mayoría de las antenas radiantes. En la figura 3 puede verse el carro portando una antena ortogonal de período logarítmico.

Lectura de la elevación

El mecanismo síncrono de lectura se diseñó pensando en que cumpliera unas especificaciones especiales. Consta de una polea especialmente dimensionada, un conjunto de reductores de engranajes con relación 9:1 y un transmisor síncrono tipo 23TX6. Todo el conjunto está cerrado por juntas tóricas de estanqueidad que le protegen contra las inclemencias del tiempo. Durante el período de funcionamiento el mecanismo síncrono permanece asegurado a la base del carro. El cable de 4 mm de diámetro que gobierna al carro y a su antena asociada ocupa 90° de la polea del mecanismo síncrono y la mueve, dando así una verdadera indicación de la situación del carro a lo largo del arco.

Esta información se transmite a los síncronos receptores situados en el interior de la caseta, conectados a los registradores de coordenadas polares y rectangulares. Por tanto, cuando se está midiendo el diagrama de radiación de una antena, el carro y su antena están sincronizados con el registrador de coordenadas polares, proporcionando así el verdadero desplazamiento angular de la antena en prueba.

Instrumentación

La instrumentación para medida de antenas incluye todos los accesorios necesarios para un adecuado registro y calibrado de los diagramas de radiación de una antena. En la figura 4 puede verse una fotografía de los tres bastidores que se necesitan para cubrir la banda de frecuencia de 2—1100 MHz.

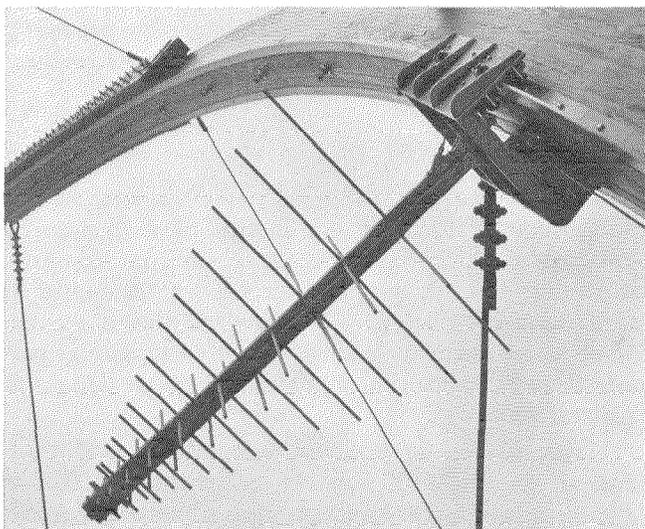


Fig. 3 Detalle del carro, portando una antena ortogonal de período logarítmico.

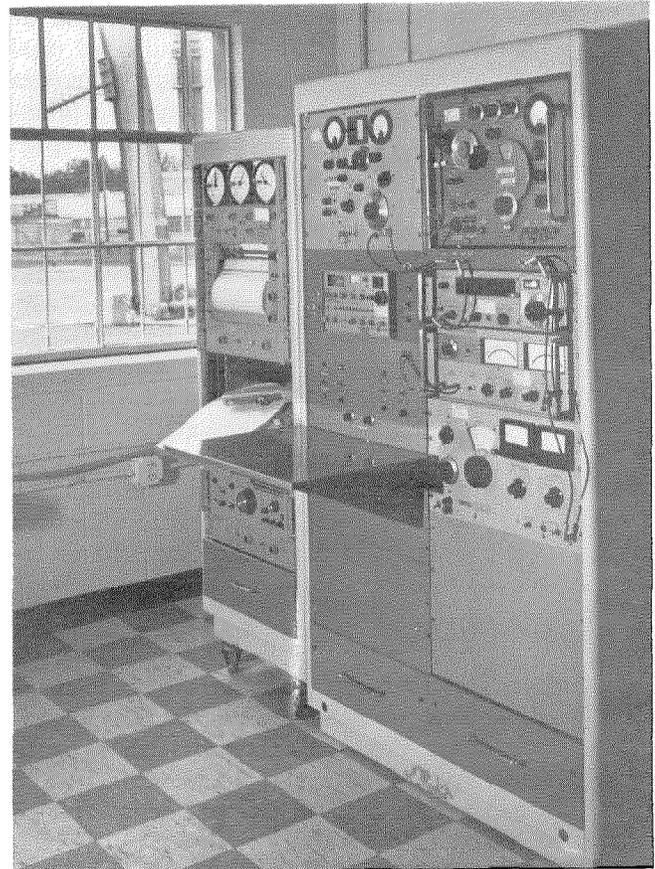


Fig. 4 Bastidores con instrumentación, situadas en el interior de la caseta de prueba.

En la figura 5 se muestra un diagrama de bloques de la instrumentación de prueba. Una característica propia de este equipo es la de poder calibrar directamente cada señal recibida y cada diagrama de radiación medido.

Para calibrar el margen de la antena se sigue el método de sustitución. La antena en prueba sustituye a otra antena tipo consistente en un monopolo en cuarto de onda con polarización vertical. Mediante el conmutador de función calibrar-radiar de la instrumentación se mide la pérdida de inserción (pérdida relativa) con cada antena tipo. Las medidas de pérdida de inserción se realizaron con numerosos monopolos en cuarto de onda. Las medidas en la banda de 2 a 30 MHz se realizaron con 30 monopolos diferentes. En la mayoría de las frecuencias se repitieron las medidas, con el fin de elevar la calidad de las mismas. Se utilizaron antenas tipo con diferencias entre sí de 25 MHz para cubrir la banda de 150 a 450 MHz, y de 50 MHz para la de 900 a 1150 MHz. En la figura 6 se pueden ver los valores típicos de las pérdidas de inserción.

El conmutador de función de la figura 5 tiene dos posiciones, calibrar y radiar. Con el conmutador de función en la posición de calibrado, se introduce en el receptor una señal de magnitud conocida, determinada por los atenuadores de RF 1 y 2. Se esta forma se establece un valor de referencia. Las posiciones de los ate-

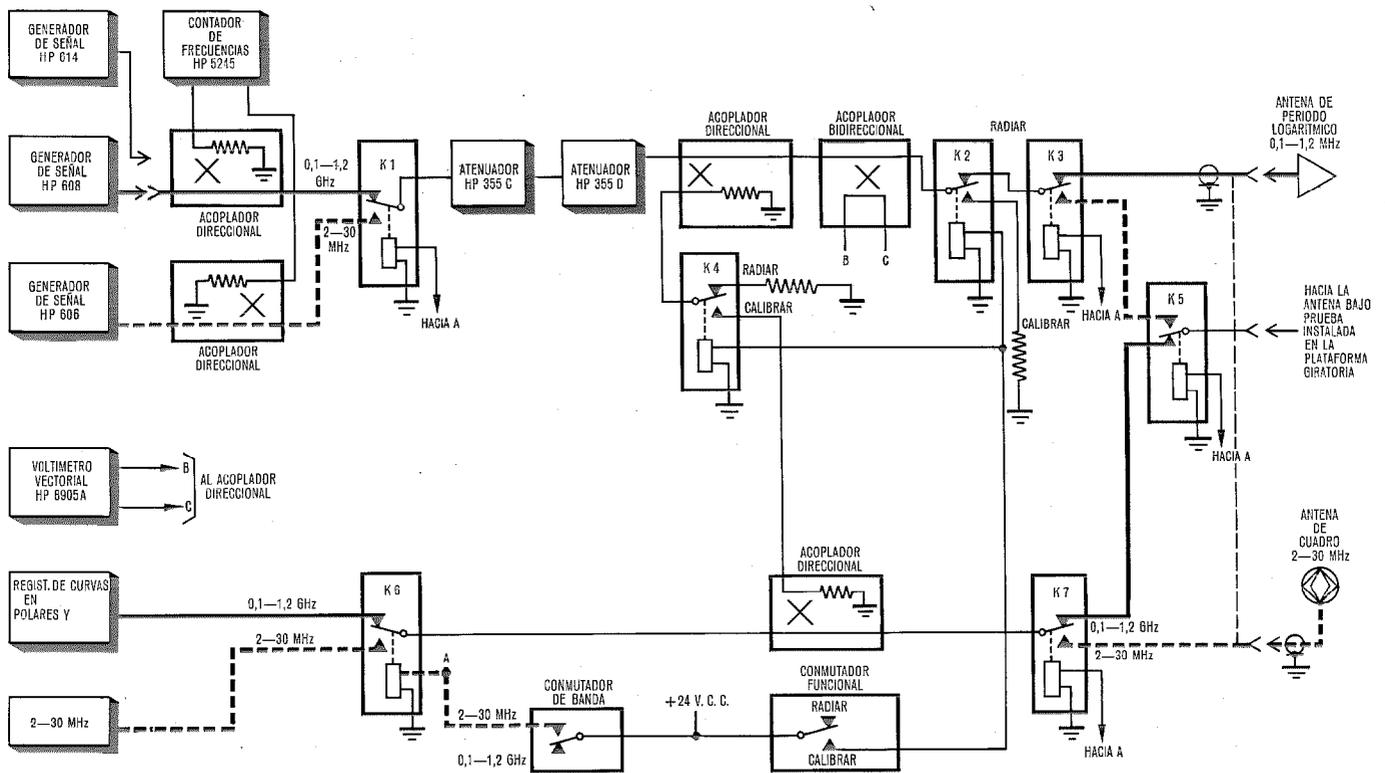


Fig. 5 Diagrama de bloques de la instrumentación de prueba.

cuadores de RF se han obtenido previamente en la calibración del montaje de prueba de antena. El conmutador de función se coloca ahora en la posición de radiación y se reajustan los atenuadores de RF 1 y 2 a fin de obtener el mismo nivel de señal que durante la calibración. La diferencia entre las posiciones de los atenuadores de RF durante la calibración y la radiación arroja un valor de pérdida de inserción que, comparado con los datos de prueba de la calibración previa, permite obtener la ganancia de la antena.

La precisión de esta medida de la ganancia depende de la exactitud de los datos de calibración, de la capacidad de reposicionado y de la precisión de los atenuadores RF, y de la degradación que los cables RF intro-

duzcan en las características de las antenas radiantes y de las que están en prueba. La prueba de calidad y de calibración periódica del atenuador RF limita este error a menos de 0,2 dB. El error debido a la degradación que introducen los cables de interconexión se mantiene inferior a 0,2 dB realizando casi a diario una medida de pérdida de inserción "back-to-back".

Estas medidas de pérdida de inserción se realizan con un cable coaxial de 26 metros de longitud, instalado entre la conexión de la antena radiante y las conexiones de la antena en prueba. Estas medidas, que también se muestran en la figura 6, se utilizan para vigilar cualquier tipo de cambio que se produzca en los componentes y cables empleados en la realización de las medidas de ganancia.

En la medida de calibración actual con antenas tipo, el mayor error detectado alcanza un valor de 1 dB.

Uno de los empeños constantes estriba en la mejora de la precisión de cada medida. En este sentido, regularmente se comprueban la pérdida de inserción de componentes y cables, de todas las formas analizadas. En cada caso, se revisa periódicamente, bien la banda de frecuencia particular que interesa, o bien todo el margen de frecuencias. Se están investigando métodos para reducir la variación cuando se calibra con antenas tipo. La magnitud de la variación observada depende de la frecuencia a la que se esté realizando la medida. Así, mientras a algunas frecuencias se observa una variación de  $\pm 0,2$  dB, a otras es de  $\pm 1$  dB. Hasta ahora no se ha podido correlacionar estas variaciones

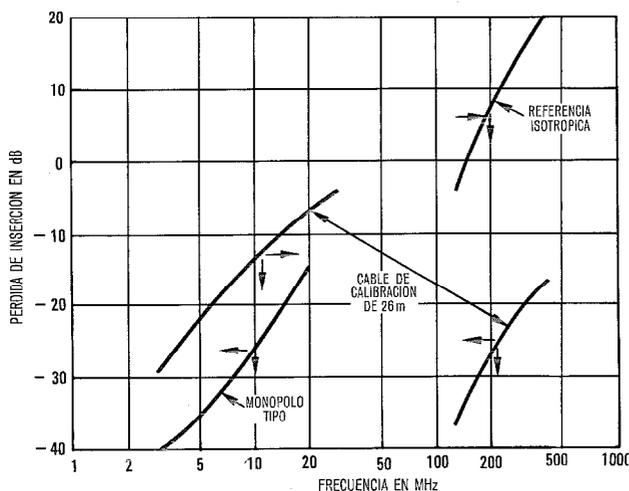


Fig. 6 Medidas de pérdida de inserción.

con ninguno de los cambios observados durante las operaciones de calibración.

La precisión de la configuración existente es adecuada para los tipos de antenas que se están probando. En un futuro inmediato se prevé que podrá realizarse una mejora de al menos 0,5 dB.

### Programa de ordenador "STRUDL"

El anagrama STRUDL significa "lenguaje de diseño estructural" (Structural design language) y es la denominación de una serie de programas de ordenador formulada para resolver problemas de ingeniería de estructuras. Los programas fueron desarrollados por el Departamento de Ingeniería Civil del Instituto de Tecnología de Massachusetts.

El STRUDL subdivide el objeto a analizar en mu-

chos segmentos pequeños e independientes, simplificando así el cálculo. Este método permite el cálculo exacto de muchas estructuras complicadas. El método aquí utilizado divide el arco en 10 segmentos iguales. Cada viento se considera como un segmento y para el conjunto se utilizan 21 juntas o nodos.

### Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento a los siguientes miembros de ITT Defense Communications, por su ayuda encaminada a conseguir que el dispositivo de prueba de antenas sea una realidad: H. A. French, J. S. Singleton, P. R. Conigliari.

Igualmente son de agradecer las contribuciones de las siguientes personas a la preparación de este artículo: H. M. Raven, J. Kramer, J. Chalupa.

---

## Erratas

En el artículo "Aspectos de Transmisión del Sistema de Comunicación Total (TCS) de S. Stewart, del volumen anterior 48/4, pág. 436, en la fórmula que expresa la atenuación de diafonía capacitiva se ha deslizado el error de que el símbolo radical abarca a numerador y denominador, cuando realmente debe afectar solamente al numerador; por consiguiente la expresión correcta es:

$$A_n = 20 \log \frac{\sqrt{(1/\omega C)^2 + (Z/2)^2}}{Z/2}$$

---

En la Nueva Realización titulada "Nuevos centros económicos internacionales en España", pág. 486, se ha omitido por error un renglón en el párrafo tercero. La redacción correcta de este párrafo es:

"La instalación inicial tiene una capacidad de 900 enlaces internacionales que utilizan código de señalización CCITT n° 4 y 236 enlaces bidireccionales con código de señalización CCITT n° 5. A finales de este año se espera poner en servicio una nueva cadena que utilice código de señalización HF-R2. Se han previsto ampliaciones para alcanzar una capacidad final de unos 5000 enlaces internacionales."

---

En el artículo "Organización y objetivos del Sistema TCS" de J. Reines, E. G. Platt y M. C. Byckowski, se han detectado las siguientes:

- pág. 404, 2ª columna, línea 3: "ahorros en los costes de instalación y un mejor control" debe ser suprimida (es repetición de la 7ª que está adecuadamente situada);
- pág. 404, 2ª columna, línea 18: "con un hilo simple de transmisión a tierra", debe leerse "con un hilo simple de transmisión y tierra".

Lamentamos las molestias que hayan sufrido los lectores por estos errores.

## Nuevas realizaciones

**Equipo de prueba basado en la utilización de ordenadores, desarrollado en el Centro de Investigaciones ITT de Standard Eléctrica, S.A.**

En el Centro de Investigaciones ITT de Standard Eléctrica, S.A. de España, se está desarrollando una familia de equipos de prueba basado en la utilización de ordenadores. Dos de estos equipos están por ahora en la fase de prueba de campo. Son el ATME y el COBMAIN®. Ambos utilizan el miniordenador ITT 1650.

El primero, llamado ATME (automatic transmission test equipment = equipo automático para pruebas de transmisión) se va a utilizar para probar las principales características de transmisión de los circuitos interurbanos de larga distancia, de tal forma que se asegure el mantenimiento de una óptima calidad de servicio de las llamadas interurbanas. El segundo equipo COBMAIN® (abreviatura de computer based maintenance: mantenimiento basado en el uso de ordenador) automatiza el mantenimiento de las centrales normales de barras cruzadas de ITT, Pentaconta®, ahorrando bastantes hombres-hora de mantenimiento y mejorando el grado de servicio.

Ambos equipos, desarrollados en el Centro de Investigaciones de Standard Eléctrica, en España, y fabricados por Standard Eléctrica en Madrid, están ahora en la fase de prueba de campo, con la colaboración de CTNE (Compañía Telefónica Nacional de España). Estas pruebas servirán para asegurarse de que el equipo recientemente desarrollado cumple los objetivos de diseño. Las series de pruebas de campo también servirán para descubrir posibles mejoras en el diseño.

La primera prueba del COBMAIN® se llevó a cabo en la central Pentaconta® de Coslada (Madrid). El período de prueba comenzó en abril del pasado año. Esta primera prueba sirvió para demostrar la viabilidad del COBMAIN® como herramienta de mantenimiento. Posteriormente dió comienzo un 2º grupo de pruebas de campo en condiciones aún más rígidas. Una se llevó a cabo en la central interurbana Aragón de Madrid y la otra en la central secundaria de Salamanca. Estas dos últimas pruebas continuarán a lo largo de este año, esperando que proporcionen una exhaustiva evaluación del COBMAIN®.

El ATME se ha diseñado para llevar a cabo dos tipos de pruebas. En su primera fase de desarrollo, actualmente en instalación, el ATME trabajará en circuito cerrado sobre la central secundaria de Avila. Para completar la prueba, se instalará un 2º ATME en la central secundaria de Salamanca, de tal forma que aquélla se pueda llevar a cabo en los enlaces Salamanca-Avila.

Estas pruebas, que se extenderán a lo largo del año comprobarán la efectividad del ATME y gracias a ellas se podrá realizar una completa evaluación del equipo.

Se construirá un dispositivo final para pruebas de sistema, combinando COBMAIN® y ATME, con la unidad de control compartida (el miniordenador 1650).

Standard Eléctrica, S.A., España

### **ITT anuncia la nueva unidad electrónica opcional perforadora/comprobadora ITT 3410.**

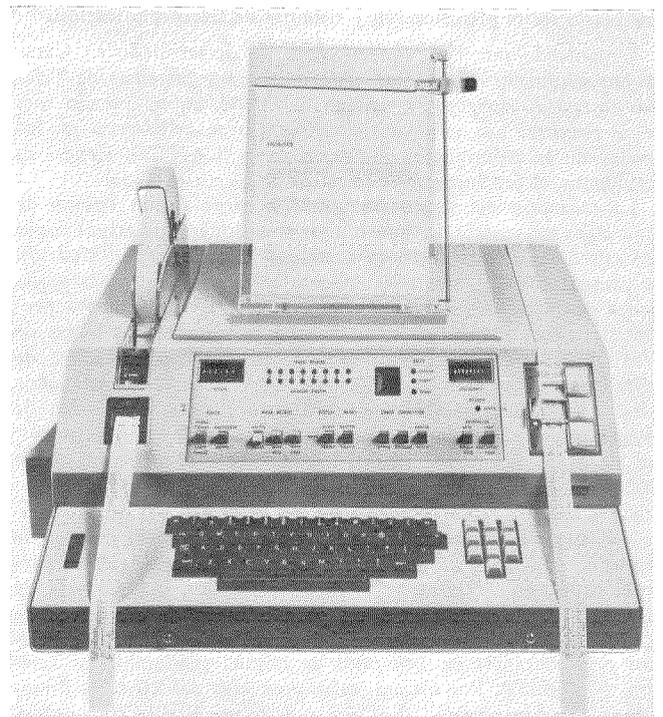
ITT Creed Limited, fabricante de la primera comprobadora de cinta de papel que apareció en Gran Bretaña, ha lanzado también al mercado británico la nueva perforadora/comprobadora electrónica, modelo ITT 3410.

Se trata de un sistema versátil que permite la edición y duplicación de cintas de papel, pudiendo asimismo detectar y eliminar los errores de la operadora. El nuevo teclado electrónico permite alcanzar velocidades de manipulación de la entrada superiores a 20 caracteres por segundo, con presentación gráfica de los caracteres en curso.

Se ha incorporado tecnología moderna a la unidad con indicadores de diodos fotoemisores y circuitería micrológica DTL.

Estos complicados circuitos van montados sobre tarjetas de

® Marca registrada del sistema ITT.



La perforadora/comprobadora electrónica ITT 3410. El 3410 es un sistema versátil dentro de una sola unidad opcional destinada a perforar, comprobar, editar y copiar cinta perforada de 8 pistas.

circuito impreso, alojados en la base del equipo, y realizan todas las operaciones de interconexión y comparación.

Las únicas actividades mecánicas son las directamente relacionadas con la perforación y lectura de la cinta, para lo cual la unidad lleva incorporadas los medios técnicos ya probados en modelos anteriores, realizados sobre la base de la tecnología de última hora, a fin de reducir el ruido y prolongar la vida del dispositivo.

Entre otras características se encuentran las de poder obtener copias selectivas controladas por código automático, y la posibilidad de hacer saltos durante la comprobación, así como de saltar automáticamente los códigos de anulación y borrado.

La perforadora/comprobadora electrónica ITT 3410 se fabrica en la factoría de Brighton de ITT Creed y está previsto realizar las primeras entregas en marzo o abril.

ITT Creed Limited, Reino Unido

### **Comunicación por satélite para actividades costeras en el Mar del Norte.**

La ESRO (European Space Research Organization) encargó a Dornier System GmbH un estudio sobre la conveniencia de instalar un satélite geoestacionario como medio de comunicación para todas las actividades costeras que se realizan en el Mar del Norte. Aproximadamente la mitad del trabajo que se llevará a cabo con motivo de este estudio caerá dentro del sector de las comunicaciones donde SEL actuará como única empresa subcontratada.

Los esfuerzos crecientes que están realizando en el Mar del Norte en la búsqueda de aceites minerales y gas natural, así como la aparición de nuevos campos de producción, inducirán a la instalación de nuevos medios de comunicación en un próximo futuro. Una red basada en la utilización de satélites proporcionaría la necesaria capacidad de comunicación, de una manera sencilla, a todos los puntos relacionados con los negocios del petróleo y el gas, tales como plataformas de perforación, barcos, unidades de producción, bases costeras y barcos de abastecimiento.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

**Seminario sobre planificación y sistemas de telecomunicación.**

Organizado por ITT Venezuela, se ha desarrollado en Caracas un seminario entre Planificación Básica y Sistemas de Telecomunicación, durante la semana del 19 al 24 del pasado mes de noviembre. Las sesiones del seminario se celebraron en los locales de la Administración Venezolana (CANTV), siendo su Presidente, el Sr. Sucre, quien realizó la apertura oficial.

La dirección del seminario corrió a cargo de un equipo de ingenieros pertenecientes tanto a las Divisiones Operativas como al Centro de Investigación de Standard Eléctrica, S.A. (Madrid). Se presentaron 23 ponencias sobre planificación de redes y sistemas de transmisión y conmutación. Entre las ponencias presentadas sobre planificación las había que trataban los temas de previsión, planificación de redes nacionales, optimización de redes telefónicas con ruta alternativa, programa de ordenador para la planificación de redes rurales, expansión económica de planta exterior, de planta interior, desarrollo de un plan nacional de transmisión y planificación de sistemas de transmisión PCM para redes metropolitanas.

La asistencia, en conjunto, fue de unas 100 personas distribuidas entre las diversas sesiones, con una asistencia media por sesión de unas 25 personas. La mayor parte de los asistentes pertenecían a los Departamentos de Planificación e Ingeniería de la CANTV. Además asistió un gran número de directivos de CANTV. También y por especial invitación de CANTV, asistieron representantes de Teléfonos de Bogotá (Colombia) y Telecom (Colombia). Por último, asistieron jefes del Ejército, directivos de la Universidad de Caracas y personal directivo encargado de las telecomunicaciones de algunas compañías petrolíferas.

Todas las ponencias presentadas originaron considerables discusiones. Se organizaron también grupos de trabajo con un reducido número de expertos con la finalidad de profundizar más en ciertas materias escogidas, así como para discutir problemas particulares de la red de Venezuela.

Las reacciones de que tenemos constancia indican que los objetivos del seminario se han cumplido satisfactoriamente.

Standard Eléctrica, S.A., España

**Aparato telefónico avanzado tipo 73 D.**

ITT KIRK está entrando en el mercado escandinavo con un aparato telefónico avanzado que ofrece a las administraciones unas mejores calidades de transmisión al precio del aparato normal. Esto se ha conseguido gracias a un transductor dinámico desarrollado por STL, combinado con una red de transmisión totalmente electrónica.

La carcasa del 73 D es la del Assistant S de ITT (de ensamble sin tornillos) modificado por un timbre de gran sonoridad



Fig. 1 Aparato Kirk 73 D.

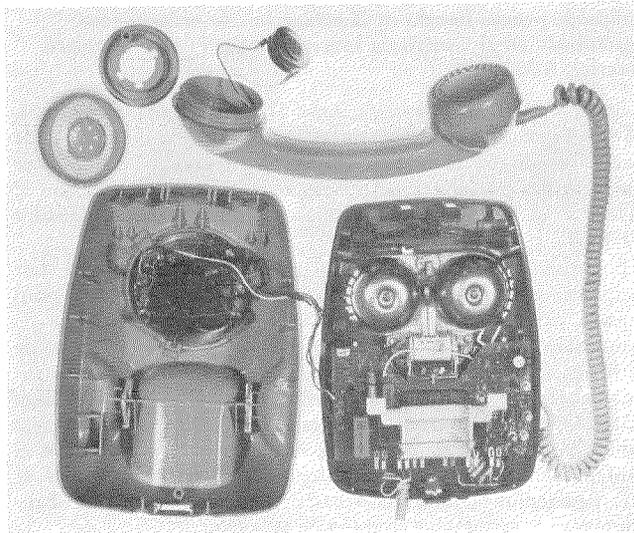


Fig. 2 Vista interior del aparato Kirk 73 D.

y por un nuevo diseño del dial que incluye marcas de identificación para ciegos. El microteléfono va equipado con dos transductores dinámicos idénticos de pequeño tamaño, con lo que su masa no supera los 220 g.

Los transductores están magnetizados a un nivel predeterminado y conectados a amplificadores de transmisión y recepción con una elevada realimentación. Esto permite que los equivalentes de referencia del aparato permanezcan dentro de estrechos límites. Este aparato es del tipo de salida constante, lo que significa que los equivalentes son independientes de la corriente de alimentación. Los equivalentes de envío y recepción, con la línea a cero, son +4 dB y -4 dB respectivamente, respecto al NOSFER.

La red de transmisión no tiene transformadores, mientras que un circuito híbrido electrónico permite que se realice una buena atenuación del efecto local con diferentes tipos de cable. La impedancia del aparato es de 600 ohms, con un pequeño ángulo positivo, y actúa de esta forma igual que los aparatos anteriores equipados con transformador. La resistencia en corriente continua del aparato crece cuando lo hace la resistencia de alimentación, hasta un máximo inferior a 350 ohms para 2400 ohms de la de alimentación. La resistencia en corriente continua del aparato permanece estable durante la vida del mismo.

El funcionamiento del aparato es independiente de la polaridad de la batería. El circuito electrónico está protegido contra los transitorios de la central y contra las sobrecargas producidas por rayos, mediante un circuito especial con un zener que absorbe una energía de 8 julios a 2000 voltios.

Standard Telecommunication Laboratories,  
Reino Unido KIRK Standard Elektrik, Dinamarca

**El Radar de seguridad aérea de ITT Gilfillan se guarda como una joya en la exposición del Smithsonian Institute.**

El día 16 de noviembre de 1973 se presentó en público el ASR-1 (Airport Surveillance Radar) en la exposición del Control de Tráfico Aéreo del Smithsonian Institute. Este sistema de radar fue el primero especialmente diseñado para ser utilizado en aeropuertos civiles.

La ITT Gilfillan, una División de International Telephone and Telegraph Corporation, comunicó que su aparato de Radar ASR-1, conservado ahora en el National Air and Space Museum (en el edificio de las Artes y las Industrias) fue el primero en proporcionar a los controladores de tráfico aéreo de los terminales de todas las naciones una continua "vista de pájaro" de todos los aviones situados en el área de sus respectivas jurisdicciones.

El sistema de radar ASR-1 permitió al personal de las torres de control de tráfico de los años 40 "ver" electrónicamente todos los aviones situados en un círculo de 70 km de radio alrededor del aeropuerto. Esto significaba una cobertura de más de 15.000 km<sup>2</sup> y permitía a los controladores "fijar" con exactitud la posición de los aviones en vez de fiarse de la "posición estimada" radiada por el piloto.

Alentado por la afortunada experiencia militar en el control del tráfico aéreo de una determinada zona mediante radar durante los últimos años de la Segunda Guerra Mundial, la Civil Air Authority (hoy FAA) pidió prestados cuatro radares militares del tipo "aproximación controlada desde tierra" (Ground Controlled Approach) para realizar pruebas con ellos en los aeropuertos de Indianápolis, Washington, D.C., Chicago y Nueva York. Estas pruebas demostraron concluyentemente que la vigilancia con radar no solamente proporcionaba un factor adicional de seguridad sino que facilitaba el flujo de tráfico. En 1948, el GCA se satisfacía con un incidente que alcanzó gran publicidad. El aparato 6505 de las Fuerzas Aéreas, que transportaba al Presidente Truman, fue encaminado hacia el aeropuerto nacional de Washington mediante una aproximación guiada por radar, bajo unas condiciones de visibilidad muy pobres, y pudo así realizar un aterrizaje feliz.

Como continuación de las operaciones de prueba, el CAA otorgó un contrato a Gilfillan Bros. Inc., para el diseño y producción de sistemas de radar con destino a los ocho aeropuertos civiles más ocupados de los Estados Unidos.

El ASR-1 surgió como un radar seguro y de buen funcionamiento. La primera instalación se realizó a comienzos de 1950 en el aeropuerto internacional de los Angeles. Tras la instalación, se oyó comentar a un funcionario del CAA con un com-

pañero que el ASR-1 era el mejor equipo de observación que el CAA había tenido jamás. En cuanto a la fiabilidad: por ejemplo, en el aeropuerto internacional de Logan, en Boston, sólo se produjeron 7 horas y media de interrupción involuntaria durante 8000 horas de funcionamiento, o sea menos del 0,1 %.

Además de las instalaciones realizadas por el CAA, el ASR-1 se instaló también en el aeropuerto de Orly, París, y cerca de Ciudad del Cabo (Sud-Africa).

Aunque con el paso de los años el ASR-1 ha sido ya sustituido por sistemas de radar más modernos realizados sobre la base de tecnología más avanzada, puede decirse que constituyó un importante hito. Revolucionó los procedimientos de control de tráfico aéreo en las zonas contiguas a la terminal y contribuyó al desarrollo de la aviación.

ITT Gilfillan, Estados Unidos de América

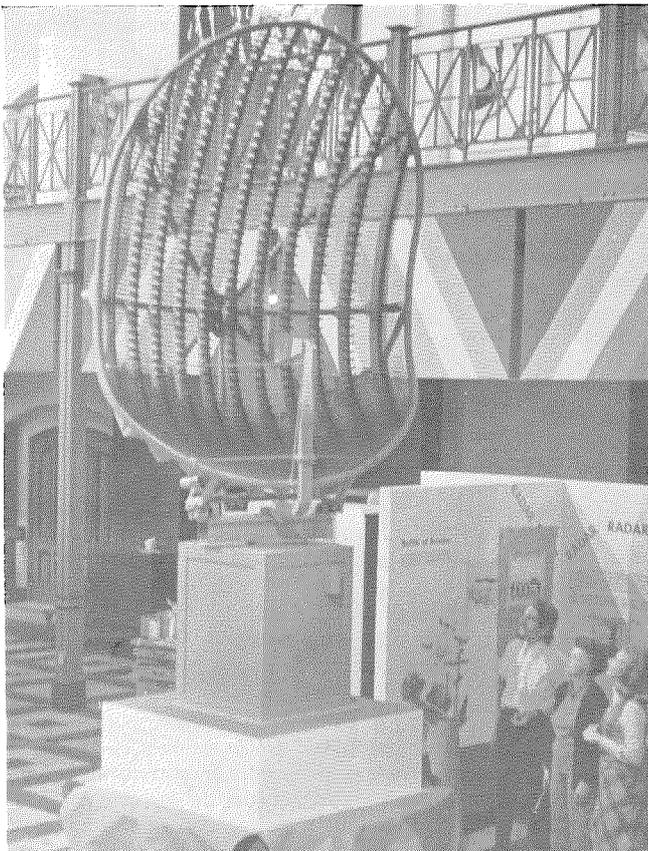
#### SEL suministra al cuartel general de la policía de Trier un sistema de conmutación de mensajes controlado por ordenador.

Se ha puesto en servicio oficialmente, en el cuartel general de la policía de Trier, el sistema de conmutación de mensajes DS 4/16 suministrado e instalado por SEL, tras un período de prueba de cuatro semanas durante el mes de noviembre en el que no se produjo complicación alguna. Este sistema, completamente electrónico y controlado por ordenador, garantiza una rápida conmutación de mensajes en la red especial de la policía. Trabaja en conexión con centrales automáticas de teletipos basadas en la técnica convencional de relés y, de esta forma, ofrece las ventajas de la operación con ordenador a los abonados de aquéllos. En la actualidad hay 32 líneas telegráficas conectadas al sistema en Trier, incluyendo las líneas directas con las centrales automáticas TWV 02 de los cuarteles generales de la policía de Mainz y Koblenz. A través de ellas, el sistema DS 4/16 de Trier también reencamina automáticamente mensajes entre Mainz y Koblenz, cuando se estropea la conexión directa.

El sistema DS 4/16 está controlado por un ordenador de alta capacidad de proceso, tipo ITT 1650. Durante el funcionamiento, el sistema reconoce las prioridades conferidas previamente a los mensajes y puede enviarse a uno o varios usuarios, o bien a un grupo predeterminado de ellos a la vez. El sistema permite la utilización simultánea por parte de todos los usuarios. En el centro de conmutación hay un impresor que deja constancia de cada mensaje conmutado, dando el nombre del usuario que llama, el del llamado, la fecha y la hora, así como información relativa a la situación operativa de las líneas. Los mensajes que no se pueden enviar inmediatamente debido a que las líneas están ocupadas o perturbadas, se encaminan hacia la posición de rebosamiento del centro de conmutación. Entonces, una operadora reexpide esos mensajes tan pronto como el panel de presentación de datos indica que los usuarios a los que van dirigidos están desocupados. Los mensajes con máxima prioridad liberan automáticamente a los usuarios ocupados. El sistema DS 4/16 de Trier ofrece algunos servicios más, basados en un paquete de programas especialmente desarrollado para su aplicación en la red especial de teletipos de la policía alemana.

Dado que cada vez se requieren más los servicios de la policía, es necesario automatizar sus sistemas de comunicaciones. Su red especial de teletipos utiliza centrales telegráficas manuales o semiautomáticas, con relés electromecánicos. Dado que es imposible reemplazar a la vez todos los sistemas de conmutación por sistemas controlados por ordenador, SEL indica con su solución un camino hacia una gradual transición, mediante la integración de estos sistemas en la red existente. El sistema DS 4/16 es adaptable, en cualquier momento, a futuras misiones. Por ejemplo, se podrán conectar equipos de abonado que funcionen con diferentes velocidades y códigos, tales como unidades presentadoras de datos u otras terminales, a los sistemas de conmutación de mensajes controlados por ordenador. De esta forma, la policía podrá utilizar su red actual de teletipos como parte de un sistema estatal de recogida y distribución de datos.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana



EL RADAR ESCRUTADOR DEL CIELO, fue presentado el día 16 de noviembre de 1973 en la nueva exposición de dispositivos para control de tráfico aéreo celebrada en la Smithsonian Institution. El radar para vigilancia de aeropuerto ASR-1 (Airport Surveillance Radar-1) fue el primero especialmente diseñado para su utilización en aeropuertos civiles. Lo diseñó, durante los pasados años 40, ITT Gilfillan, una división de la International Telephone and Telegraph Corporation. El ASR-1 está permanentemente expuesto en el Air Science Museum.

## Nuevas realizaciones

### La marina de los Estados Unidos encarga a la ITT Defense Communications Division el desarrollo y producción de antenas para submarinos.

La ITT Defense Communications Division anunció recientemente en Nutley (New Jersey) que el Naval Ship Systems Command, Washington, D.C. Navy, le ha adjudicado importantes contratos para el desarrollo y fabricación de antenas universales para submarinos.

Uno de los contratos se refiere al diseño y desarrollo de un modelo de ingeniería de antena para varios tipos de comunicaciones, con destino al modelo Trident de submarino.

El otro contrato abarca la producción de antenas igualmente versátiles AN/BRA-34 para submarinos. Numerosos submarinos de la flota de los Estados Unidos van equipados con antenas producidas por la ITT Defense Communications Division. La compañía abrió el camino del desarrollo y producción de antenas universales para submarinos, donde las restricciones de espacio y peso hacen que el diseño compacto, la fiabilidad a largo plazo y un mantenimiento mínimo se conviertan en cuestiones de primera magnitud.

La ITT Defense Communications Division, miembro del ITT Defense-Space Group, también diseña, desarrolla y fabrica sistemas de conmutación y de transmisión para comunicaciones, terminales de tierra para satélites militares y sistemas y equipo para comunicaciones espaciales.

ITT Defense Communications Division,  
Estados Unidos de América

### Nuevas centrales Metaconta® 10 C interurbanas y locales.

#### Centrales interurbanas Metaconta® 10 C para Bélgica

El día 28 de septiembre se ha puesto en servicio la primera central interurbana Metaconta® 10 C en Wavre, Bélgica.

Esta primera central de la serie puede manejar inicialmente 1350 circuitos que se ampliarán hasta 2550 a comienzos de 1975.

La central de Wavre está funcionando como centro de una zona con siete centrales Rotary 7 D y una central local 10 C para parte del tráfico rural, interurbano e internacional.

El control de los sistemas interurbanos Metaconta® 10 C se realiza con ordenadores ITT 3200.

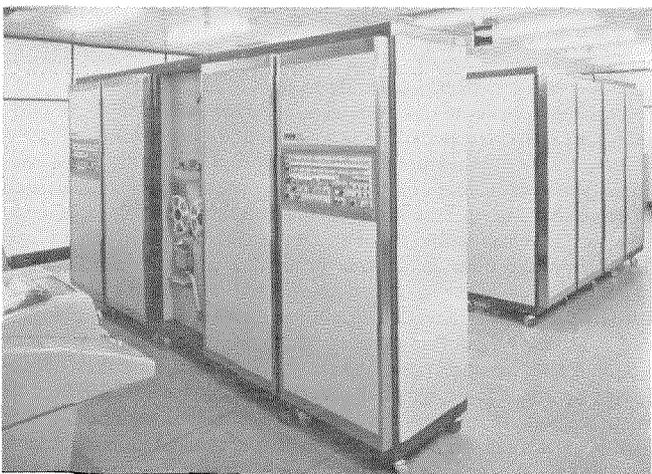
La Administración belga ha encargado ya 11 centrales interurbanas, lo que totalizará una puesta en servicio de 35.000 circuitos para finales de 1976.

En lo referente al mercado exterior, Australia (28.000 circuitos) y Yugoslavia (54.000 circuitos) tendrán este sistema funcionando en 1974.

#### Centrales locales Metaconta® 10 C

Las centrales locales Metaconta® 10 C están ahora bien establecidas en el mercado.

® Marca registrada del sistema ITT.



Configuración del procesador central ITT 3200 de la central interurbana Metaconta® 10 C de Pitt Street, Sidney, Australia.

Sólo en Bélgica, en 1973, hay unas 40.000 líneas en servicio y se han recibido encargos por otras 90.000 líneas para 1974 y 50.000 para 1975. El mercado de exportación es aún creciente, teniendo ya en mano encargos procedentes de Yugoslavia (14.000 líneas), Hong-Kong (44.000), Noruega (8000), Taiwan (30.000) y Bermudas (6000).

Bell Telephone Manufacturing Co., Bélgica

### El proyecto Skagerrak.

En septiembre de 1973, representantes de Norwegian Electricity Board (NVE) y el director gerente de STK, firmaron en Oslo, Noruega, un contrato para el suministro de "los cables Skagerrak". El contrato supone un importantísimo encargo para el suministro de la más larga conexión energética submarina de muy alta tensión del mundo y comprende dos cables para corriente continua a 250 kV de 130 km cada uno. La capacidad de transmisión, que en una primera etapa va a ser de 500 MW, se incrementará posteriormente hasta 1000 MW, gracias a dos nuevos cables.

Los cables de Skagerrak constituirán un importante enlace entre los dos países, lo que facilitará la cooperación entre las administraciones de electricidad de Dinamarca y Noruega para resolver sus demandas mutuas de energía eléctrica en los años venideros.

STK (bajo un contrato de desarrollo firmado con el NVE) ya ha producido, tendido y probado un cable prototipo en el Hardangerfiord, a profundidades de 550 m. Terminaba así con éxito esta prueba piloto, que, junto con la dilatada experiencia de STK en la producción de cables de muy alta tensión, incluidos los cables submarinos, dio como resultado el mayor contrato jamás firmado en relación con un proyecto de cable de muy alta tensión (incluyendo también la edificación de una nueva factoría de cables de STK).

Gracias al contrato Skagerrak, STK adquirirá más experiencia y de esta forma estará más preparada para ayudar a las autoridades en el desarrollo de nuevos proyectos de transmisión de energía bajo el mar, algunos de los cuales ya están en marcha. Su posición de líder entre los productores de cable submarino para alta tensión se fortalecerá, y las nuevas técnicas utilizadas junto con las mejoras en los equipos productivos situarán a STK en una excelente posición para cometer también el suministro de grandes cables submarinos en los mercados de exportación.

Standard Telefon og Kabelfabrik, Noruega

### Simulador para el Airbus A 300 B.

En septiembre de 1972, se puso en funcionamiento el simulador de entrenamiento del Airbus A 300 B, desarrollado por LMT bajo contrato otorgado por la Airbus Industrie Company en enero de 1971.

En una primera fase se utilizó como simulador de estudio, y ahora se le complementa con un nuevo equipo, a fin de que pueda ser utilizado para entrenamiento de la tripulación desde comienzos de 1974.

Este simulador, cuyo propósito es el de servir para entrenamiento de la tripulación en todas las condiciones de vuelo, va equipado con todos los modernos medios de entrenamiento. De esta forma satisface los requisitos actuales de entrenamiento, es decir que se pueda obtener una gran fidelidad en la simulación y una muy completa formación de la tripulación sin complicar el trabajo del instructor.

Comprende las siguientes unidades:

a) Una cabina de piloto, incluyendo los puestos de la tripulación y de los instructores, sujeta a una plataforma móvil con 6 grados de libertad. Los puestos de la tripulación son rigurosamente idénticos en tamaño y aspecto interno a la cabina auténtica del Airbus A 300 B.



Simulador para la aeronave Airbus A 300 B.

Los puestos de los instructores van equipados con un sistema de presentación de datos a base de tubos de rayos catódicos y están situados junto a los puestos de los pilotos, de tal forma que los instructores puedan observar cuidadosamente el comportamiento de la tripulación.

b) Un puesto de operador de radio, con dos registradores de rumbo en gran y pequeña escala, un registrador de aproximación y otro de parámetros.

c) Un conjunto formado por dos procesadores CII, con una memoria de 112.000 palabras, y varios periféricos tales como discos magnéticos, impresores de líneas y una interconexión especialmente desarrollada por LMT. Cada acción de la tripulación y de los instructores sobre los dispositivos de control se transmite a dicho conjunto, que la analiza, y devuelve los datos resultantes a los diversos instrumentos, unidades presentadoras, dispositivos de control y sistemas de restablecimiento del entorno.

d) Equipos auxiliares: generadores eléctricos e hidráulicos, y acondicionamiento de aire.

El simulador comprende también los siguientes medios educativos:

— Reproducción: esto hace posible el registro continuo, en la memoria del ordenador, de las operaciones ejecutadas durante el curso de entrenamiento. Ello permite al instructor solicitar en cualquier momento la reproducción de los últimos cinco minutos de vuelo simulado.

— Grabador de voz: permite grabar las conversaciones entre la tripulación y el instructor, e introducir en el circuito de radio de la tripulación una grabación de un tráfico real de radio.

— Evaluación automática del piloto: a lo largo del curso de entrenamiento, el ordenador puede contabilizar y almacenar en su memoria datos tales como valores extremos de unos cuantos parámetros, valores eficaces, etc. Estos datos se publican después del curso de entrenamiento y pueden ser utilizados por el instructor para realizar el resumen final.

Le Matériel Téléphonique, Francia

#### Primer contrato con Polonia.

Entre las actividades de apertura de nuevos mercados para exportaciones, Standard Eléctrica, S.A., debe destacar su participación en la Feria de Otoño de Canton, por invitación de las autoridades chinas, así como en el VII Congreso de Comercio Iberoamericano y Filipino celebrado en Sao Paulo entre los días 17 y 19 de octubre de 1973.

Dentro de esta misma política es de destacar el primer contrato obtenido por SESA en los países del Este de Europa, que cubre un pedido de cable telefónico, recibido de Elektrim, Polonia.

Standard Eléctrica, S.A., España

**Un sistema de instrumentación de radar por laser para la Armada, entregado en el plazo previsto, ha pasado satisfactoriamente las pruebas.**

El día 1 de noviembre 1973 se llevó a cabo, con todo éxito, una demostración del sistema de instrumentación de radar por laser en la Estación de Ingeniería de Sistemas de Armamento Naval, situada en Port Hueneme, California.

El contraalmirante John Thomas, jefe delegado de operaciones de la Comandancia de material naval, de Washington, D.C., presenció la demostración del sistema que determinó la posición de una plataforma de pruebas moviéndose a lo largo de la costa.

Los resultados fueron excelentes, y el departamento de proyectos de la Armada quedó altamente impresionado por el funcionamiento del sistema de ITT Gilfillan.

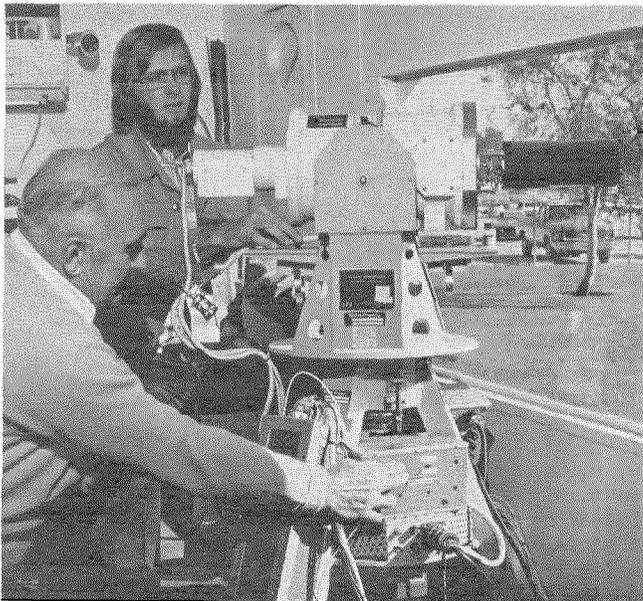
En abril de 1973, la Armada contrató con ITT Gilfillan, "el desarrollo, fabricación, instalación y vigilancia del funcionamiento de un sistema de instrumentación de radar por laser para la defensa contra proyectiles antibarcos (ASMD — Anti-Ship Missile Defense)". Con objeto de probar la realizabilidad de este concepto de instrumentación, sin desarrollar enteramente equipos nuevos, se modificó un sistema de radar por laser previamente fabricado por ITT para la NASA y se le convirtió en un sistema prototipo.

El equipo se completó y entregó el 27 de agosto de 1973, cinco meses después de que se diese la orden de empezar.

El sistema viene a demostrar la realizabilidad de utilizar instrumentación para determinar exactamente la verdadera posición y rumbo de un barco mientras se encuentra en un campo de prueba. El sistema seguirá a un barco en un espacio de 3 millas náuticas, determinará la posición exacta del mismo con una aproximación de 6 por 20 metros y dibujará su trayectoria con una precisión de 0,3 grados. Las pruebas de homologación de la ASMD requieren toda esta información.

El sistema de instrumentación global consta de dos subsistemas: el radar por laser situado en la costa y el equipo que hace de blanco en el barco. El radar por laser mide el espacio ocupado por el barco y los ángulos de azimut y altura del equipo que actúa como blanco, que a su vez, mide los ángulos vertical y horizontal relativos formados por un sistema de coordenadas de referencia situado en el barco y el haz del laser procedente de la orilla. Esta información, junto con el cabeceo y el balanceo del barco, se introduce continuamente en un ordenador para determinar, en tiempo real, la posición exacta del barco y su dirección.

Junto al transceptor se monta una cámara de Televisión que



Los especialistas de diseño de ITT Gilfillan Terry Flom y Dean Coombes (en primer plano) realizan las medidas de calibración final del sistema de instrumentación de radar por laser.

se utiliza como ayuda del radar por laser para la localización visual. Durante la localización del blanco, se introduce el barco dentro del campo usual de la televisión, por control manual. La cámara y el transceptor de radar por laser se alinean de tal forma que los ejes de sus miras estén paralelos. Cuando se haya situado el barco en el centro del campo visual de la cámara de TV, el radar puede tomar contacto con el blanco situado en aquél.

Antes, las medidas y cálculos necesarios para determinar la posición y rumbo de un barco, se realizaban manualmente, tardándose aproximadamente cuatro días para convertir los datos en resultados exactos. El nuevo sistema de instrumentación, con su continua salida de datos, reducirá el tiempo de prueba de la Armada a sólo cuatro horas. Actualmente la Armada está considerando la posibilidad de que ITT Gilfillan le proporcione un nuevo sistema de instrumento de radar por laser y de comunicaciones ópticas para 1974.

ITT Gilfillan, Estados Unidos de América

**Un contrato concedido a ITT para el suministro de presentadores de datos en apoyo del control de tráfico aéreo.**

La Lockheed Electronics Company ha concedido a la División Aeroespacial y de Optica de la la International Telephone and Telegraph Corporation un subcontrato referente a un equipo de radar con ordenador.

La División de ITT suministrará subsistemas prototipo para entrada y presentación de datos, que se utilizarán en las instalaciones de radar con ordenador de la Federal Aviation Administration situadas en los aeropuertos de los Estados Unidos. El sistema terminal de radar automatizado, llamado ARTS-2, se utilizará para mejorar las posibilidades del control de tráfico aéreo en los aeropuertos con densidad media y baja.

El contrato firmado por ITT con Lockheed para el suministro



Terminal de pantalla de aeropuerto ITT "Brite" para un nuevo sistema automatizado.

Controladores del tráfico aéreo de la Federal Aviation Administration evalúan, en condiciones funcionales, el recientemente instalado Sistema Terminal de Radar Automatizado (ARTS-2 = Automatic Radar Terminal System), utilizando el ITT Bright Radar Indicator Tower Equipment (BRITE), con presentación alfanumérica, fabricado por la División Aeroespacial/Optico en Fort Wayne, Indiana. El BRITE proporciona a los controladores una pantalla de radar de gran claridad en todo el margen de luz ambiental de la cabina de la torre del aeropuerto. Las unidades de ITT forman parte del nuevo sistema interconectado con ordenador que es más pequeño, más simple y menos caro, y está diseñado para aeropuertos de densidad media. En el equipo ITT BRITE aparecen los datos en proceso, bajo la forma de números, letras y símbolos, que, en las pantallas de los controladores de tráfico aéreo, representan la identidad del avión y su altitud. Como este dato, a través de la interconexión con ordenador, se proporciona automáticamente los datos y la carga de trabajo de los controladores de tráfico se reduce enormemente, aumentando la seguridad del espacio aéreo.

tro de subsistemas presentadores de datos contiene tal variedad de opciones que abarca hasta 208 sistemas de producción.

La División que ITT tiene en Fort Wayne proporcionará inicialmente 16 subsistemas de dos diferentes configuraciones prototipo de presentación de datos para el conjunto del sistema integrado. Una es la consola de tubos de rayos catódicos de 16 pulgadas (CRT) con presentación de letras y números (alfanumérica) para su uso en las salas de control de aproximación por radar (IFR), la otra, para utilización en la torre de control del aeropuerto, es una pantalla de televisión de elevada intensidad con presentación alfanumérica. Ambas configuraciones se instalarán en un sistema prototipo ARTS-2, en Wilkes-Barre, Pa.

La División de Óptica y Aeroespacial ha aportado destacadas contribuciones a la mejora de los equipos del control de tráfico aéreo, tales como las pantallas de radar ITT BRITE y las series de transmisores, receptores y transeceptores ITT 3000 para VHF/UHF, con destino a los controladores tierra-aire de la Federal Aviation Administration, así como para los controladores militares.

ITT-Aerospace/Optical Division,  
Estados Unidos de América

### BTM ha completado la primera red de telecomunicaciones totalmente integrada que se instala en Formosa.

Formosa (Taiwan) acaba de entrar en una nueva era de las telecomunicaciones. Recientemente se puso fin a la primera red de telecomunicaciones totalmente integrada que enlazará todas las principales ciudades de la costa oriental de Formosa, introduciendo a estas áreas de fuerte desarrollo en una nueva era de las comunicaciones. El nuevo sistema, que cubre una extensión de 478 kms entre Taipei y Kaohsiung, fue suministrado por las asociadas a ITT, Bell Telephone Manufacturing Company (BTM) y Standard Elektrik Lorenz (SEL), e instalado en cooperación con la Taiwan Telecommunications Administration (TTA).

Se trata de la red comercial de microondas más larga de Formosa, e introduce por primera vez la televisión en las ciudades de las islas orientales, proporcionando también medios amplios y de alta calidad para las transmisiones telefónicas, telegráficas y de datos, vitales para los complejos industriales en expansión.

En marzo de 1971 se concedió un importantísimo contrato para este proyecto a Bell Telephone Manufacturing Company (BTM), de Amberes, que combinó sus recursos y personal técnico con los de la asociada alemana a ITT Standard Elektrik Lorenz AG (SEL), de Stuttgart, para suministrar el complejísimo equipo que había de ser instalado en algunos de los más accidentados terrenos de Formosa. Se terminó el proyecto en menos de un año, casi dos meses antes de lo previsto.

El contrato con BTM, que es el mayor jamás concedido a una compañía belga en Formosa, comprendía el suministro de un sistema de microondas de 960 canales (4 + 1), con un total de 10 vanos principales y dos ramas laterales, con 14 estaciones que prestan servicio a las cinco ciudades más importantes. Adicionalmente, hay tres ramales y dos enlaces de corto trayecto de 300 canales cada uno para interconectar los centros rurales más pequeños con el sistema principal. El sistema fundamental de la costa oriental tiene 960 canales telefónicos, y tres canales para televisión en blanco y negro o en color, incluido el sonido. Para conseguir que el nuevo sistema soporte los tifones y demás condiciones climáticas extremas, se han aunado todos los recursos y personal técnico de la Taiwan Telecommunications Administration (TTA) con los de un grupo de especialistas en ingeniería perteneciente a diversas compañías del sistema ITT.

ITT también ha realizado proyectos similares en otros muchos países de diversas partes del mundo, con orografía accidentada y extremadas condiciones ambientales, como por ejemplo en Hong-Kong, Malasia, Tailandia y Filipinas, en lo que a Asia se refiere.

Este es el segundo proyecto de telecomunicaciones importante que ITT da por terminado en Formosa a lo largo de 1973. En agosto, Standard Telephones and Cables Ltd. (STC), de Londres, puso en servicio en el aeropuerto internacional Shung Shan de Taipei (de la Civil Aeronautics Administration) un sis-

tema automático para datos (ADX), suministrado e instalado por dicha asociada a ITT. Este ADX es uno de los sistemas de información con ordenador más avanzado de cuantos se utilizarán en los aeropuertos asiáticos.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

### Proceso de datos en el "Servicio Automático de Números Cambiados"

Si el número que le corresponde en la guía a un abonado telefónico cambia, cualquier otro abonado que llama al antiguo número escucha (tal como se hace actualmente) un aviso hablado que le comunica cual es el nuevo número correspondiente al abonado al que pretende llamar. Para simplificar este procedimiento, SEL desarrolló, en cooperación con otras compañías, y bajo contrato con la Deutsche Bundespost (Administración Postal de la Alemania Federal) un equipo para el aviso automático de los números de la guía telefónica que han cambiado.

En las centrales locales se identifica la línea de abonado conectada al servicio interceptado cuando origina una llamada hacia ese número, pasando esta "dirección" a una posición central de aviso. Desde allí, la dirección se encamina codificada a través de enlaces para datos hasta un ordenador de gran tamaño que extrae de su memoria el nuevo número de la guía asociado con un código local y lo envía de nuevo a la posición central de aviso. Aquí se controla un equipo anunciador de tal forma que, a base de los trozos de frases y de números contenidos en 16 pistas de palabras, se monta la información necesaria para el abonado que llama.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

### Corte de una central de entrenamiento Metaconta® 10 C.

BTM, de Bélgica, ha cortado una central de entrenamiento Metaconta® 10 C, para uso de los técnicos que allí van a entrenarse, tanto belgas como extranjeros.

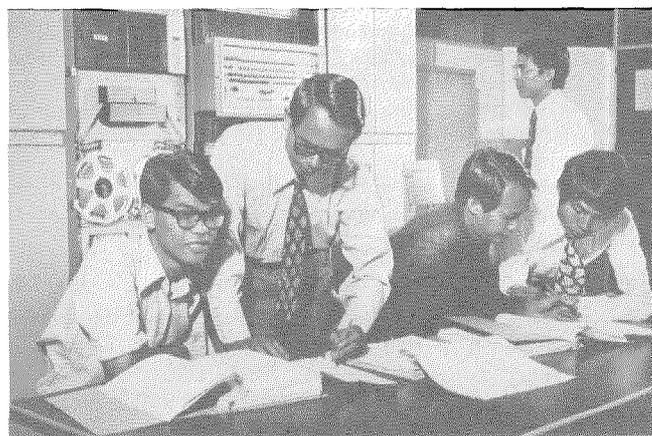
Los primeros en beneficiarse de esta nueva instalación fueron doce ingenieros y técnicos de la Compañía Telefónica de Hong-Kong. Están en Bélgica al amparo de un contrato firmado en 1972 entre la citada Administración y BTM, y ahora pueden familiarizarse con los aspectos prácticos de una central electrónica.

Como parte del contrato, BTM proporcionará e instalará en Hong-Kong dos centrales telefónicas controladas por ordenador, con una capacidad de 26.000 nuevas líneas.

La fotografía muestra a los técnicos de Hong-Kong trabajando con la central de entrenamiento Metaconta® 10 C de BTM.

Bell Telephone Manufacturing Co., Bélgica

© Marca registrada del sistema ITT.



Técnicos de Hong-Kong trabajando con la central de entrenamiento Metaconta® 10 C de BTM.

## Nuevas realizaciones

### La British Steel Corporation encarga cinco centrales.

La gigante British Steel Corporation ha encargado a la División de Comunicaciones Privadas de STC, cinco centrales telefónicas privadas. Dichas centrales se instalarán en el centro administrativo de Londres, en la localidad de Cardiff, en la estación terminal de mineral de Redcar, en el alto horno nº 3 de Llanwern y en la localidad de Ravenscraig, en Motherwell.

La PABX de Londres irá equipada con 200 extensiones y utilizará 6 operadoras para controlar las 100 líneas de la red pública y los 16 circuitos privados que la conectan con el resto de las centrales de la Compañía. En todas las mesas conmutadoras se han sustituido los discos normales por teclados, lo que permite en ahorro de tiempo en las llamadas salientes. Hay un cuadro que recibe automáticamente todas las llamadas realizadas durante la noche. Un recepcionista nocturno acepta las llamadas y las transfiere a las diversas extensiones.

La PABX de barras cruzadas PENTOMAT® 1000 de Cardiff irá equipada inicialmente con 400 extensiones. Dos operadoras manejarán las correspondientes mesas conmutadoras sin cordones, ergonómicamente diseñadas. El acceso a la red pública se llevará a cabo a través de 30 líneas, mientras que la conexión con la red de la Compañía se verificará por 15 circuitos privados.

Este sistema incluirá medidores registradores automáticos (para registrar llamadas completadas y áreas de congestión) y acceso a los dictáfonos a través del teléfono.

La estación terminal de mineral de Redcar incrementará su capacidad telefónica interna y dejará más espacio libre para la extensión de su planta, mediante la instalación de una nueva central automática privada de 100 líneas.

En los altos hornos de Llanwern se instalará una pequeña central automática privada interna y, a su vez, la localidad de Ravenscraig será equipada con una PABX nº 3. Cinco operadoras gobernarán esta última central, que tendrá 1100 extensiones, 59 líneas públicas y 11 privadas.

Standard Telephones and Cables, Reino Unido

### El sistema intercomunicador con altavoces más grande del mundo.

STC va a proporcionar el mayor sistema del mundo para intercomunicaciones con altavoces, con destino a un hospital de Cape Province. Formará parte de un sistema de comunicaciones integrado para pacientes, médicos y enfermeras. El sistema cumple las severas especificaciones formuladas por la Cape Provincial Administration y sus consultores.

Unas 2500 líneas internas de una central de barras cruzadas se conectarán a una consola del sistema de altavoces 511 y a teléfonos murales o a altavoces. También hay dispositivos para proporcionar conversaciones de voz enfermera/paciente a 1750 camas, y un sistema de registro y búsqueda de doctores controlado por ordenador.

La totalidad del complejo se ha diseñado con el objeto de proporcionar comunicación instantánea, mejorando así la eficiencia del personal y ahorrando tiempo.

La comunicación de manos libres permite al personal responder a las llamadas sin interrumpir su trabajo normal, lo que hace ideal el sistema para su utilización en departamentos de accidentes, quirófanos, zonas esterilizadas y unidades de vigilancia intensiva.

Este sistema utiliza el mismo equipo básico 511, tan difundido en Gran Bretaña, Europa y los Estados Unidos, y que tan rápidamente se está extendiendo por Sud-Africa.

#### Equipo 511

Este sistema ofrece muchas posibilidades, además de permitir conexiones rápidas y comunicaciones por altavoz. Entre éstas incluye:

— Transferencia automática: las llamadas se pueden encaminar hacia una extensión predeterminada.

- Estacionamiento de llamadas: las llamadas dirigidas a una extensión ocupada se conectan automáticamente cuando ésta queda libre.
- Prioridad: una determinada llamada pasa por encima de una conexión existente.
- Corte de micrófono: desconecta el micrófono de tal forma que no se pueda oír por casualidad una conversación privada que tenga lugar en la habitación.
- Selección directa: conexión de un solo dígito con extensiones situadas en áreas de emergencia.

#### Sistema de audio enfermera/paciente

Mediante el uso de altavoces de cabecera, situados en cada cama, proporcionan comunicación de voz en dos direcciones. Se pueden emitir programas de radio y música grabada por los mismos canales, estando prevista la prioridad de la palabra de la enfermera en cualquier caso. Cada sala tiene un sistema de llamada automática para casos cardíacos que localiza al equipo de emergencia cardíaca, permitiendo a la enfermera concentrar toda su atención en el paciente.

#### Sistema de registro/localización de médicos

Este sistema, que está interconectado con el de la central 511, permite que los movimientos del personal principal sean controlados por el registrador de médicos de tal forma que se les pueda dirigir mensajes. Un usuario de la central 511 que desee contactar con cualquiera de los 400 miembros del personal a los que se les permite utilizar aparatos buscadores, puede intentar hacerlo en primer lugar a través del sistema normal 511. Si no recibe respuesta, oprime su botón local de localización del personal. Este envía automáticamente un tono al receptor buscador del individuo ausente. Este establece contacto con la persona que le llama marcando el número de su propia extensión correspondiente al sistema 511, que realiza la conexión instantáneamente.

Adicionalmente, se utiliza un pequeño procesador para interconectar los números del personal con los de los aparatos telefónicos, lo que permite a cualquier miembro del mismo seleccionar cualquiera de los teléfonos.

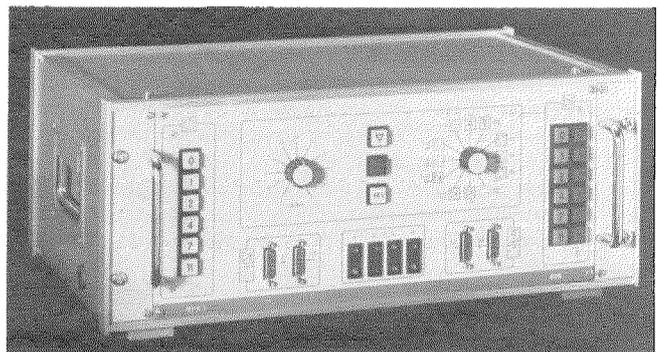
Standard Telephones and Cables, Africa del Sur

### Nueva unidad de prueba para señalización por multifrecuencias.

La MFC (Multi-Frequency-Code Signalling = señalización por código de multifrecuencia) sistema R.2, recomendada por el CEPT, se introducirá ampliamente en las redes rural, interurbana e internacional.

Este moderno sistema de señalización proporciona transmisión de la información de control entre la central saliente y entrante de una conexión telefónica, a alta velocidad y con un bajo índice de fallos.

La unidad de prueba MFX-1 se desarrolló para llevar a cabo de una manera económica la prueba y mantenimiento de centrales equipadas con aparatos que utilizan señalización MFC. Con ella se pueden probar señales de audiofrecuencia, tanto las transmitidas como las recibidas por el equipo de señalización.



Vista de la unidad de prueba.

© Marca registrada del sistema ITT.

Para probar el receptor del equipo de señalización, la unidad de prueba MFX-1 genera las frecuencias de prueba precisas, seleccionables mediante teclado, y cuyo nivel de señal se puede ajustar por medio de un atenuador variable. Igualmente se pueden probar los osciladores de dicho equipo de señalización; cuando la señal de salida del mismo exceda el umbral ajustado por el atenuador, se enciende la correspondiente luz situada en el frente de la unidad de prueba.

Además de estas medidas directas de los equipos de señalización MFC, se puede simular el correspondiente equipo MFC de la central distante y probar de esta forma el funcionamiento exacto.

Finalmente se puede conectar la unidad de prueba con alta impedancia a una línea interurbana de 2 ó 4 hilos, de tal forma que puede supervisarse el mutuo intercambio de señales.

Standard Telephon und Radio, Suiza

### Central telefónica y sistema Tele-Ad para un periódico.

El Coventry Evening Telegraph ha encargado una nueva central telefónica para servir a todos sus departamentos, así como un sistema de distribución automático de llamadas por separado (ACD = Automatic Call Distribution, en español DALL) que acelerará la conexión de las llamadas entrantes al departamento de anuncios por palabras. Este sistema, que será fabricado e instalado por la División de Comunicaciones Privadas de STC, será la primera central de barras cruzadas PENTOMAT® 1000 CT enlazada con un sistema DALL que se instale en el Reino Unido.

La central Pentomat® tendrá 150 extensiones y 29 líneas de la red pública para cubrir las necesidades de comunicaciones de las principales oficinas. También hay contacto con las diversas oficinas secundarias por medio de teleimpresores, a través de los circuitos privados conectados a la central. La central tiene una capacidad final de 1000 extensiones.

Inicialmente el sistema DALL tendrá 20 líneas de entrada conectadas a la red pública, con un solo número de teléfono. Si la primera línea está ocupada, la siguiente capta la llamada. De esta forma el sistema no necesita tablero conmutador ni operadora. El sistema DALL tendrá inicialmente 18 posiciones de respuesta y una supervisora. Seis de las posiciones de respuesta tendrán dispositivos de captación (canvassing facilities) que les permitirá pasar de receptores de llamadas entrantes a selectores para los anuncios. La supervisora puede ver en su tablero de una sola vez el número de llamadas en espera, así como su urgencia. También puede regular y controlar el número de llamadas entrantes, de acuerdo con las operadoras disponibles.

El sistema está enlazado con la central principal mediante conexiones directas, lo que permite a la operadora situada en la central transferir al sistema DALL las llamadas equivocadas. En aquellos casos en que sea necesario, se puede ampliar el sistema DALL con la inclusión de otras 10 posiciones de respuesta. Para cubrir esta contingencia se han reservado líneas extra en la central.

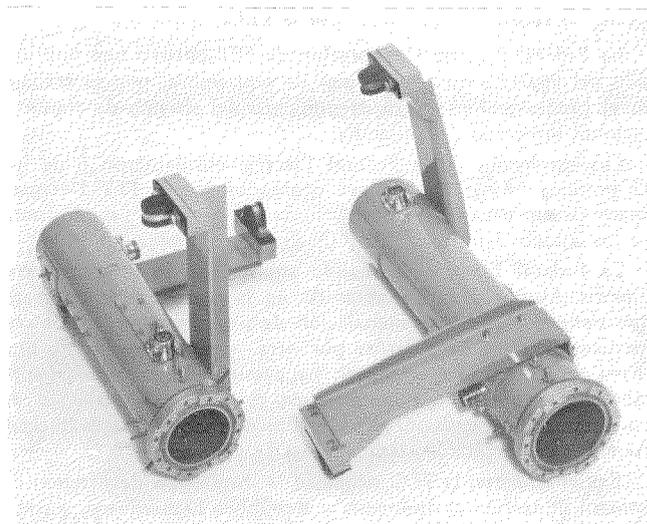
Standard Telephones and Cables, Reino Unido

### Filtros de polarización para 2 GHz.

El excelente desarrollo de la antena Cassegrain para 2 GHz necesitaba el desarrollo de un filtro complementario de polarización para 2 GHz, a fin de que la antena parabólica de 3 metros pudiera utilizarse con direcciones de polarización horizontal y/o vertical. Al objeto de cumplir las especificaciones del Deutsche Bundespost para el sistema de radioenlaces FM 300/2000, la conexión de los alimentadores debe realizarse con conectores coaxiales 7/16.

Para cumplir esos requisitos se desarrollan los siguientes filtros de polarización: Para el margen de frecuencias más bajo, comprendido entre 2,10 y 2,30 GHz, el PJC 22-7/16 y para el

© Marca registrada del sistema ITT.



Vista de los filtros de polarización de 2 GHz.

margen de frecuencias más elevado, comprendido entre 2,485 y 2,69 GHz, el PJC 25-7/16. Básicamente, el desarrollo existente tiene la forma de dos antenas sobresalientes ortogonales montadas en una guíaonda de modo dominante circular separadas por una distancia de aproximadamente 1,5 longitudes de onda de la guíaonda. En la práctica, esto se realizó alargando el conductor interior del conector coaxial 7/16. La reflexión resultante se compensó mediante tornillos sintonizadores situados en el plano de las líneas del campo eléctrico. Una placa de protección de acoplamiento cruzado situada entre las dos antenas aseguraba un elevado aislamiento.

Las pruebas de las series de filtros de polarización fabricados arrojaron los siguientes resultados: su coeficiente de reflexión era  $\leq 1\%$  y el valor del aislamiento del acoplamiento cruzado era mayor de 51 dB. Las antenas Cassegrain para 2 GHz con filtros de polarización fueron presentadas al DBP, y declaradas como prototipos probados y aceptados.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

### Una nueva planta de BTM crea puestos de trabajo en una zona con elevado índice de paro.

El primer Ministro belga, M. Edmond Leburton, inauguró oficialmente el día 13 de noviembre una fábrica de componentes y piezas con una extensión de 2000 m<sup>2</sup>, perteneciente a la asociada belga a ITT, Bell Telephone Manufacturing Co, de Amberes.

Situada en Villers-le-Bouillet, la nueva planta proporciona 135 puestos de trabajo a la región de Huy donde las tasas de desempleo se sitúan entre las más elevadas de Bélgica.

Bell Telephone Manufacturing Co., Bélgica

### Equipos megafónicos para el intercomunicador ITT 511.

El sistema de intercomunicación por altavoces ITT 511 tiene ahora la posibilidad de funcionar como sistema megafónico. Dividiendo el sistema en una serie de zonas, se pueden realizar alocuciones generales a una o varias de las zonas. Cuando un aviso es de amplia aplicación, se puede también realizar una cobertura general de toda el área.

Esta característica viene a complementar las ya normales del sistema, como son llamadas de emergencia a todos los altavoces interconectados, buscapersonas, celebración de conferencias múltiples, estacionamiento de llamadas, transferencia, llamada general y prioridad.

Standard Telephones and Cables, Reino Unido

## Nuevas realizaciones

### Recientes resultados obtenidos por la FEC.

La *Federal Electric Corporation* de ITT obtuvo una puntuación del 96,04% durante el mes de septiembre, por su trabajo en el funcionamiento y mantenimiento del sistema de comunicaciones integrado de Tailandia.

Los empleados de la *Federal Electric* consiguieron 6 de los 12 premios "Ring of Quality" otorgados por el *ITT Defense-Space Group* para "las contribuciones del personal situado fuera de los Estados Unidos al "ITT Quality Program".

La *Federal Electric*, formando equipo con la *ITT Standard Electric Aktieselskab*, ha obtenido un importantísimo contrato que tiene por objeto la instalación de un sistema móvil de comunicaciones en Dinamarca; por otra parte, en unión de una firma de Alemania Occidental, ha participado en otro importantísimo proyecto que consistía en el diseño e instalación de un sistema de televisión por circuito cerrado para las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos situadas en este país.

Recientemente, la FEC comenzó la instalación de sistemas de control de tráfico en Indonesia y República Dominicana, y completo sistemas similares en España y Liberia.

A través de su afiliada *ITT Arctic Services Inc.*, FEC dirige el sistema de comunicaciones *White Alice*, en Alaska, bajo contrato con la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. El sistema, que comprende 70 estaciones de microondas y de difusión troposférica, se extiende desde Cape Lisburne hasta la frontera de Canadá y desde Shemya hasta Smuggler Cove.

En octubre de 1973, *Arctic Services* comenzó a trabajar en un importante proyecto para instalar un sistema de distribución de energía eléctrica en la región petrolera de North Slope.

Otra subsidiaria de FEC, la *ITT Commercial Services Inc.*, obtuvo recientemente un importante contrato otorgado por la *Mississippi Authority for Educational Television* para construir, mantener y operar un sistema de televisión educativa que cubre todo el estado. El sistema cubrirá todos los niveles de instrucción, desde la preescolar a la colegial y de postgraduados, y también proporcionará cursos profesionales e industriales, así como programas culturales y de servicio público.

Bajo un contrato muy importante con la *Air Force Systems Command*, FEC opera y mantiene los equipos técnicos del Centro de Prueba Espacial y de Projectiles, incluyendo el *Western Test Range*, que se extiende desde Vandenberg AFB (California) hasta el Océano Indico, a través del Pacífico.

A lo largo de 1973, FEC apoyó todas las misiones *Skylab*, por una parte desde el punto de vista de ingeniería y en virtud del contrato firmado con el Centro de Vuelos Espaciales *Marshall*, y por otra desde el punto de vista de comunicaciones e instrumentación, en virtud del contrato firmado con el Centro Espacial *Kennedy*.

Federal Electric Co., Estados Unidos de América

### Nuevo transmisor UHF de Televisión de la 3ª generación para la Administración Postal de la Alemania Federal.

A finales de este año, la Administración Postal de la Alemania Federal comenzará en Regensburg las pruebas de un nuevo transmisor UHF de televisión de 20 kW. Esta es la primera unidad de la llamada 3ª generación de transmisores de televisión, que es un desarrollo conjunto de Siemens y SEL y pretende reemplazar los ya anticuados transmisores de UHF que emiten los programas 2º y 3º de televisión. A fin de asegurar un funcionamiento muy fiable de las estaciones no atendidas directamente por el personal, en el diseño de este transmisor se prestó una especial atención a la selección de los más modernos componentes.

La instalación consta de dos transmisores sencillos idénticos, ambos dispuestos para transmitir, pero uno de ellos en reserva, de tal forma que, si ocurre cualquier fallo en el otro, permita la continuación de la transmisión con una apenas apreciable interrupción del servicio.

La etapa de baja potencia de video y sonido está diseñada a base de tecnología de estado sólido y permite la excitación di-

recta de la etapa de salida de video del klystron con una potencia de aproximadamente 3 vatios. Se ha hecho posible esta potencia de excitación gracias a los nuevos transistores UHF que cumplen con todos los requisitos de calidad necesarios para las señales de video y sonido.

Las etapas de salida de video y sonido van equipadas con el nuevo klystron de alta potencia y refrigerado por aire YK 1151 (Siemens/Calvo). Este klystron está especificado para una potencia de pico síncrono de 25 kW en la banda IV/V, que se extiende desde los 470 hasta los 860 MHz. Junto con los resonadores está instalada una unidad móvil que se puede sacar por delante de la cabina del transmisor para más fácil mantenimiento.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

### Standard Eléctrica, S.A., suministrará cables coaxiales para el enlace Trípoli—Beirut.

En el mes de octubre 1973 fue adjudicada a SESA la licitación del enlace coaxial entre Trípoli y Beirut. El contrato comprende cables y equipo de transmisión a suministrar en los próximos dos años.

La obra civil será realizada por una empresa local bajo la supervisión de SESA.

Standard Eléctrica, S.A., España

### Dos compañías de ITT firman un contrato para construir la segunda estación de satélites del Brasil.

Según se ha anunciado recientemente en Nueva York, la administración brasileña de telecomunicaciones (*Empresa Brasileira de Telecomunicações*) y dos asociadas a *International Telephone and Telegraph Corporation* han firmado un importantísimo contrato para el diseño e instalación de la segunda estación terrestre brasileña para comunicaciones por satélite.

*ITT Space Communications Inc.* (de Ramsey, New Jersey), junto con *ITT Standard Eléctrica, S.A.* de Río de Janeiro, levantarán la nueva estación terrestre junto a la primera estación brasileña de Tangua, a unos 55 km de Río de Janeiro.

La estación funcionará vía satélites *Intelsat*, transmitiendo tráfico de mensajes, televisión y datos. En la actualidad se necesita cursar tráfico con los Estados Unidos, Alemania, Francia, Italia, Argentina, Gran Bretaña, Canadá y México. Está previsto que la estación quede terminada dentro de 14 meses.

Otras unidades de la industria brasileña participarán en el proyecto de la estación, en lo que se refiere a trabajos de ingeniería civil y provisión de energía eléctrica.

Entre las ya terminadas y las que están en construcción, son 42 las estaciones terrestres de varios tamaños fabricadas por *ITT Space Communications*. De ellas, la del Brasil ocupa el número 16 entre las mayores instalaciones realizadas para operar dentro del sistema *Intelsat*.

El contrato, que exige el suministro de la estación en un plazo de 14 meses, fue firmado por el ministro *Ibere Gilson* y el Dr. C. H. *Moreira*, presidente y director respectivamente de *Embratel*, por el Sr. R. S. *Ward*, vicepresidente de *ITT Space Communications*, así como por el Dr. V. E. *Pareto*, director de *Standard Eléctrica* de Río de Janeiro.

*International Telephone and Telegraph Corporation*, Estados Unidos de América

### Sistema de proceso de datos instalable a bordo para la sonda solar HELIOS.

A mediados de 1973, SEL proporcionó a *Messerschmitt-Bölkow-Blohm* el primer modelo de vuelo de un equipo para proceso de datos instalable a bordo para su integración con el sistema total. A finales de 1973 siguió un segundo modelo de vuelo. El proyecto abarca dos misiones: en septiembre de 1974

un cohete Titan/Centaur llevará a la Helios A desde Cabo Kennedy, hasta una órbita elíptica que pasará a una distancia del sol de 45 millones de kilómetros (el 30 % del radio de la órbita terrestre), mientras que el lanzamiento de Helios B está planeado para comienzos de 1976. La Helios A llevará a cabo 11 experimentos, entre los que se encuentran la exploración de campos magnéticos, concentración de partículas y ondas de choque en el espacio interplanetario. El experimento nº 11, que se ha añadido posteriormente, sirve para investigar un aspecto de la teoría de la relatividad.

El sistema procesador de datos situado a bordo procesa los resultados de los experimentos científicos y los datos de control de todos los demás equipos situados igualmente a bordo, almacenándolos y transmitiéndolos a tierra. Comprende 6 unidades: un decodificador PCM para 256 niveles de cuantificación, 2 codificadores PCM para 350 canales de datos, 2 unidades de control de telemetría y una memoria de ferrita con una capacidad de 0,5 Mbits. Las unidades constan de 190 tarjetas cableadas, con un total de aproximadamente 2000 circuitos integrados. Una estación de tierra puede seleccionar hasta 7 modos de operación y 6 formatos de telemetría. Para asegurar la transmisión de datos entre la sonda y tierra, a cualquier distancia, la velocidad de envío de datos se puede variar escalonadamente entre 8 bit/seg y 4096 bit/seg. Durante la fase inicial del vuelo la NASA-Deep Space Network proporciona la comunicación con la sonda y

después, a lo largo de la duración de la emisión, es el centro de control de tierra alemán (GCC) quien realiza tal comunicación, utilizando, si es necesario, ayuda del radiotelescopio de 100 m situado en Effelsberg/Eifel.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

#### Entrega de la Central Pentaconta® Madrid-Jordán.

En octubre de 1973, Standard Eléctrica, S.A., ha entregado a la Administración española (Compañía Telefónica Nacional de España) la nueva central de Madrid-Jordán, con un total de 40.000 líneas de abonado; 30.000 de ellas han servido para reemplazar la central antigua, equipada con un sistema Rotary 7 A.

Esta central está situada en el centro de Madrid y tiene un elevado régimen de tráfico. Se la ha equipado con 4368 enlaces salientes y 4626 entrantes, lo que permite a sus abonados urbanos establecer conexión con centrales Pentaconta® y Rotary, así como con las centrales tándem, las interurbanas automáticas, la internacional y el cuadro interurbano.

Standard Eléctrica, S.A., España

® Marca registrada del sistema ITT.

# International Telephone and Telegraph Corporation Compañías principales y subsidiarias

## NORTE-AMERICA

### Fabricación — Ventas — Servicio

#### Canadá

ITT Canada Ltd., Guelph and Toronto, Ontario (1946) y divisiones Subsidiarias

Abbey Life Insurance Company of Canada, Hamilton, Ontario

Aimco Industries Ltd., Cooksville, Ontario

Avis Rent A Car, Montreal, Province of Quebec

Canteen Company of Canada Ltd, Toronto, Ontario

Flyght Canada Ltd., Dorval, Province of Quebec

Grinnell Company of Canada Ltd., Toronto, Ontario

Grinnell Sales Ltd., Toronto, Ontario

Ontario Malleable Iron Ltd., Oshawa, Ontario

Northern Power and Piping Ltd., Toronto, Ontario

H. M. Harper Company Ltd., Toronto, Ontario

Monitor Insurance Group, Montreal, Province of Quebec

The Great Eastern Insurance Company, Montreal, Province of Quebec  
Monitor Underwriting Management Ltd., Montreal, Province of Quebec

Rayonier Canada Ltd., Vancouver, British Columbia

Rayonier Quebec Inc., Montreal, Province of Quebec

Sheraton Hotel Ltd., Montreal, Province of Quebec

#### Estados Unidos

ETC Division, Cleveland, Ohio (1955)  
Federal Electric Corporation, Paramus, New Jersey (1945)

ITT Technical Services, Inc., Paramus, New Jersey (1958)

Higbie Manufacturing Company, Rochester, Michigan (1929)

Intelx Systems Inc., Paramus, New Jersey (1947)

International Standard Electric Corporation, New York, N. Y. (1918)

International Telephone and Telegraph Corporation, Sud America, New York, N. Y. (1929)

ITT Abrasive Products Company, Tiffin, Ohio (1899)

ITT Aerospace/Optical Division, Fort Wayne, Indiana (1957)

ITT Arctic Service Inc., Paramus, New Jersey (1969)

ITT Avionics Division, Nutley, New Jersey (1967)

ITT Blackburn, St. Louis, Missouri (1932)

ITT Cable/HydroSpace Division, National City, California (1970)

ITT Cannon Electric (division), Santa Ana, California; Phoenix, Arizona (1915)

ITT Commercial Services Inc., Ramsey, New Jersey (1969)

ITT Communications Equipment and Systems Division, Hartford, Connecticut (1969)

ITT Controls and Instruments Division, Glendale, California (1966)

Barton Instruments, Monterey Park, California (1925)

ITT Snyder, Houston, Texas (1948)  
General Controls, Glendale, California (1930)

Hammel-Dahl/Conoflow, Warwick, Rhode Island (1940)

Henze Service, Moonachie, New Jersey (1939)

ITT Data Equipment and Systems Division, East Rutherford, New Jersey (1969)

ITT Defense Communications Division, Nutley, New Jersey (1967)

ITT Electron Tube Division, Easton, Pennsylvania

ITT Electro-Optical (Products Division), Roanoke, Va. y Fort Wayne, Indiana

ITT Electro-Physics Laboratories Inc., Columbia, Maryland (1966)

ITT Electron Tube Division,  
ITT Environmental Products Division, Huntingdon Park, Pennsylvania (1966)

Nesbitt, Philadelphia, Pennsylvania; Jackson, Tennessee (1917)

Reznor, Mercer, Pennsylvania (1888)

ITT Export Corporation, New York, N. Y. (1962)

ITT Fluid Handling Division, Morton Grove, Illinois (1966)

Domestic Pump, Shippensburg, Pennsylvania (1903)

ITT Bell & Gosset Hydronics, Morton Grove, Illinois (1916)

ITT Hoffman, Indianapolis (1913)

ITT Lawler, Mount Vernon, New York (1962)

ITT Marlow, Midland Park, New Jersey; Longview, Texas (1924)

ITT Pneumotive, Monroe, Louisiana (1971)

ITT Stover, Freeport, Illinois (1907)

McDonnell & Miller, Chicago, Illinois (1924)

Peters & Russell, Springfield, Ohio (1928)

ITT Gilfillan (division), Van Nuys, California (1912)

ITT Grinsell Corporation, Providence, Rhode Island (1850)

ITT Harper Inc., Motor Grove, Illinois (1870)

ITT Industrial and Automation Systems (division), Plymouth, Michigan (1971)

ITT Industries Inc. New York, N. Y. (1963)

ITT Jennings (division), San José, California (1942)

ITT Lamp Division, Kezar Falls, Maine (1900)

Clark and East Rutherford, New Jersey (1934)

ITT Lighting Fixture Division, Vermilion and Elyria, Ohio; Long Island City, New York (1906)

American Electric, Southaven, Mississippi (1954)

ITT Mackay Marine, Elizabeth, New Jersey; Raleigh, North Carolina (1927)

ITT Marine and Recreation Division, Costa Mesa, California (1971)

Jabsco, Costa Mesa, California (1941)

ITT Mobile Communications, Clark, New Jersey (1970)

ITT Rayonier Inc., New York, N. Y. (1937)

ITT Royal Electric Division, Pawtucket, Rhode Island (1921)

ITT Semiconductors (division), West Palm Beach, Florida; Lawrence, Massachusetts (1962)

ITT Space Communications Inc., Ramsey, New Jersey (1968)

ITT Surprenant Division, Clinton, Massachusetts (1946)

ITT Telecommunication (division), New York, New York; Corinth, Mississippi; Milan, Tennessee; Raleigh, North Carolina; Des Plaines, Illinois; Camden, Arkansas (1952)

ITT Terryphone Corporation, Harrisburg, Pennsylvania (1946)

ITT Thermotech (division), Minneapolis, Minnesota (1960)

ITT Thompson Industries Inc., Southfield, Michigan (1915)

Marsan Industries Inc., Boston, Massachusetts (1962)

Peninsular Plywood Corporation, Port Angeles, Washington (1941)

Pennsylvania Glass Sand Corporation, Berkeley Springs, West Virginia (1967)

Southern Wood Piedmont Company, Atlanta, Georgia; Spartanburg, South Carolina (1908)

Transportation Displays Inc., (TDI), New York, New York (1938)

US Telephone and Telegraph Corporation, New York, New York (1965)

#### Jamaica

ITT Standard Electric of Jamaica Ltd., Yallahs (1963)

#### México

ITT de México, S. A. de C. V., México City (1966)

Industria de Telecomunicación, S. A. de C. V., San Bartolo and Toluca (1957)

Sistemas de Bombeo, México City (1949)

Standard Eléctrica de México, S. A., México City (1953)

#### Panamá

ITT Standard Electric of Panama, S. A., Panama City (1963)

**Puerto Rico**

ITT Caribbean Manufacturing Inc.,  
Rio Piedras (1962)  
ITT Caribbean Sales and Service Inc.,  
Rio Piedras (1961)

**Operaciones telefónicas****Islas Vírgenes**

Virgin Islands Telephone Corporation,  
Charlotte Amalie (1959)

**Puerto Rico**

Puerto Rico Telephone Company,  
San Juan (1914)

**SUD-AMERICA****Fabricación — Ventas — Servicio****Argentina**

Compañía Standard Electric Argentina  
SAIC, Buenos Aires (1919)  
ITT Latin America Inc. (Area Head-  
quarters), Buenos Aires (1967)

**Bolivia**

International Standard Electric of New  
York Ltd. (Bolivia), La Paz (1968)

**Brasil**

Standard Eléctrica, S. A., Rio de Janeiro  
(1917)

**Chile**

Compañía Standard Electric SAC,  
Santiago (1942)

**Colombia**

ITT de Colombia, S. A., Bogotá (1963)

**Ecuador**

International Standard Electric of New  
York Ltd. (branch), Quito (1962)

**El Salvador**

ITT de Centro América, S. A., San Sal-  
vador (1968)

**Perú**

Fábrica de Equipos de Telefonía, S. A.,  
Lima (1970)  
ITT del Perú, S. A., Lima (1968)

**Surinam**

ITT Standard Electric Surinam NV,  
Paramaribo (1965)

**Uruguay**

ITT Standard Electric of New York  
Ltd. (branch), Montevideo (1948)

**Venezuela**

ITT de Venezuela C. A., Caracas (1957)

**EUROPA****Fabricación — Ventas — Servicio****Alemania**

Deutsche ITT Industries GmbH,  
Freiburg (1952)  
Dräger GC Regelungstechnik GmbH,  
Essen (1958)  
Intermetall GmbH, Freiburg (1952)  
Grohe Handels GmbH, Frankfurt (1911)  
Friedrich Grohe Armaturenfabrik KG,  
Hemer (1948)  
Hans Heynau GmbH, Munich (1956)  
Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart  
(1879)  
Graetz KG, Antena (1947), y otras  
subsidiarias  
SWF Spezialfabrik für Autozubehör  
Gustav Rau GmbH, Stuttgart (1923)  
Alfred Teves GmbH, Frankfurt (1906)  
Dr. Hermann E. Mueller Metallwaren-  
fabrik, Bergneustadt (1930)

**Austria**

ITT Austria — Internationale Telephon  
und Telegraphen GmbH, Viena (1884)  
Radiofabrik Ingelen, Figer & Company,  
Viena (1966)

**Bélgica**

Bell Telephone Manufacturing Company,  
Amberes (1882)  
IVAC, S. A., Bruselas (1949)  
Promedia (SA), Hoboken (1968)  
ITT Europe Inc. (Area Headquarters),  
Bruselas (1960)  
ITTE-Grupos: Sistemas de Comunica-  
ciones para Empresas (Business Sys-  
tems), Componentes, Productos Varios,  
Servicio de Datos, Servicio Financiero,  
Productos Industriales, Semiconducto-  
res.  
ITT Industries Belgium SA, Bruselas  
(1964)

**Dinamarca**

Standard Electric Aktieselskab,  
Copenhague (1931)

**España**

Compañía Internacional de Telecomuni-  
cación y Electrónica, S. A., Madrid  
(1961)  
Compañía Radio Aérea Marítima Espa-  
ñola, S. A., Madrid (1931)  
Marconi Española, S. A., Madrid (1917)  
Standard Eléctrica, S. A., Madrid (1926)

**Finlandia**

Standard Electric Puhelinteollisuus Oy,  
Helsinki (1940)

**Francia**

Compagnie Générale de Constructions  
Téléphoniques, París (1892)  
Le Matériel Téléphonique, Boulogne-  
Billancourt (1889)  
Claude, Boulogne-Billancourt (1930)  
Société des Produits Industriels ITT,  
Bagneux (1964)  
Division Cannon, Colomiers (1962)  
Division Intermetall, Colmar (1952)  
División MTI, Meaus (1940)  
División Metrix, Annecy (1942)  
Filiale France-Cadrams, Briare-Le-  
Canal (1955)  
Sonolor, La Courneuve (1935)  
Océanic, Romainville and Chartres  
(1946)  
Usine Jeanrenaud, Dôle (1928)  
Levitt France, París (1964)  
Laboratoire Central de Télécommuni-  
cations, Vélizy-Villacoublay (1945)  
Laboratoire Central de l'Eclairage,  
Vélizy-Villacoublay (1968)  
Immobilière Hôtelière Montparnasse  
S. A., París (1970)  
Avis, Location de voitures, París (1963)  
Claude Publicité, Boulogne-Billancourt  
(1963)  
Pigier, París (1848)  
Telebank, Romainville (1967)  
Sheraton Hôtels France, París (1966)  
Groko France, Tourcoing (1958)  
Flygt France, Suresnes (1960)  
Cerel, París (1959)  
Sonel-Rohe, París (1945)  
Télévisio, París (1955)  
Ets C. le Helloco & Fils, París (1920)  
Koni-France, Villeneuve-Loubet (1952)  
Dr. N. G. Payot, Bois-Colombes (1927)  
Aproa Parking France, París (1972)  
Cetek, Clermont-Ferrand, (1952)  
Copaly, Comptour d'Electricité Paris-  
Lyon, París (1946)  
Agier & Cie S. A., Colombes (1944)  
Grohe, París (1961)  
Grinnell, París (1972)

**Grecia**

ITT Hellas AE, Atenas (1965)

**Italia**

Fabbrica Apparecchiature per Comunica-  
zioni Elettriche Standard SpA, Milán  
(1909)  
Società Impianti Elettrici Telefonici  
Telegrafici e Costruzioni Edili SpA,  
Florenzia (1931)  
La Base SpA, Milán (1961)  
V. Gallino SpA, Turín (1944)

**Noruega**

Standard Telefon og Kabelfabrik A/S  
Oslo (1915)

## Compañías de ITT

### Países Bajos

Nederlandsche Standard Electric Maatschappij N. V., La Haya (1911), y compañías afiliadas

### Portugal

Standard Eléctrica S.A.R.L., Lisboa (1932)  
Fabricação de Conjuntos Electrónicos FACEL, Cascais (1967)  
Rabor Construcões Eléctricas S.A.R.L., Ovar (1945)  
Oliva-Industrias Metalúrgicas S.A.R.L., Sao João da Madeira (1925)

### Reino Unido

Cannon Electric (Great Britain) Ltd., Basingstoke (1952)  
Creed and Company Limited, Brighton (1912)  
Electrical Components (Holdings) Ltd., Birmingham (1918)  
ITT Industries Limited, Londres (1964)  
Maclaren Controls Ltd., Glasgow (1844), y otras subsidiarias  
Standard Telephones and Cables Limited, Londres (1883)  
Standard Telecommunication Laboratories Ltd., Londres (1945) y otras subsidiarias  
Submarine Cables Ltd., Londres (1935)

### Suecia

IKO Forsaljnings-Aktiebolag, Grimsas (1947)  
Joel Olsson Elektriska AB, Estocolmo (1927)  
AB Eljo Plastindustri, Bastad (1951)  
Standard Radio & Telefon AB, Barkarby (1938)  
Stenberg-Flygt AB, Lindas (1901)

### Suiza

Intel SA, Basilea (1961)  
ITT Standard SA, Basilea (1964)  
Standard Téléphone et Radio SA, Zurich (1935)  
Müller Barbieri AG, Wettswil (1959)  
Steiner SA, Berna (1927)

## AFRICA Y ORIENTE MEDIO

### Fabricación — Ventas — Servicio

#### ITT Africa y Oriente Medio

(división de ITT Europe Inc.)  
Area Headquarters, Londres (1966)

### Argelia

Société Algérienne de Constructions Téléphoniques, Argel (1947)

### Irán

ITT Iran SA, Teherán (1955)

### Marruecos

ITT Maroc SA, Casablanca (1967)

### Nigeria

ITT Nigeria Ltd., Lagos (1957)

### República de Sud-Africa

Standard Telephones and Cables (South Africa) Ltd., Boksburg East (1956)  
ITT Supersonic South Africa (Pty) Ltd., Boksburg (1951)

### Rodesia

Supersonic Radio Mfg Co (Pvt) Ltd., Bulawayo (1950)

### Turquia

Standard Elektrik ve Telekomunikasyon Ltd, Sirketi, Ankara (1956)

### Zaire

Bell-Zaire SZARL, Kinshasa (1967)

### Zambia

ITT (Zambia) Ltd, Lusaka (1967)  
ITT Supersonic Zambia Ltd, Livingstone (1965)

### Oficinas regionales

Luanda, Angola; Nairobi, Kenya; Beirut, Líbano

## EXTREMO ORIENTE Y PACIFICO

### Fabricación — Ventas — Servicio

#### Australia

Cannon Electric (Australia) Pty Ltd, Melbourne (1955)  
ITT Oceania Pty Ltd, Sidney (1966)  
Standard Telephones and Cables Pty Ltd, Sidney (1895)

#### Filipinas

ITT Philippines Inc, Makati, Rizal (1960)

#### Hong Kong

ITT Far East and Pacific Inc, (Area Headquarters), Hong Kong (1961)  
ITT Far East Ltd, Hong Kong (1961)  
ITT Rayonier (HK) Ltd, Hong Kong (1970)  
Transelectronics Ltd, Hong Kong (1965)

#### India

ITT Far East and Pacif Inc (branch), Nueva Delhi (1965)

### Indonesia

ITT Far East and Pacific Inc (branch), Yakarta (1967)  
ITT Rayonier Indonesia PT, Yakarta (1970)

### Japón

ITT Far East and Pacific Inc (branch), Tokio (1961)  
ITT Niles Ltd, Tokio (1973)

### Malasia

ITT Malaysis Sdn Berhad, Kuala Lumpur (1964)

### Nueva Zelanda

Standard Telephones and Cables (New Zealand) Pty Ltd, Upper Hutt (1914)

### Taiwan

Taiwan International Stand. Electronic Ltd., Taipei (1973)

### Tailandia

ITT Far East and Pacific Inc (branch), Bangkok (1967)  
ITT Thailand Ltd, Bangkok (1967)

## COMPAÑIAS FINANCIERAS Y DE NEGOCIOS VARIOS

Abbey International Corporation, New York, New York (1964)

Abbey International Insurance Company Ltd, Nassau, Bahamas (1965)

Abbey Leven Nederland NV, Amsterdam (1966)

Abbey Life Assurance Company Ltd, Londres (1961)

Abbey Life Insurance Company of Canada, Hamilton, Ontario (1963)

Abbey Overseas Insurance Company Ltd, Nassau, Bahamas (1965)

Hamilton Management Corporation, Denver, Colorado (1931)

Hartford Fire Insurance Company, Hartford, Connecticut (1810)

Intel Finance SA, Lausanne (1965)

Intercontinental Lebensversicherung AG, Hamburgo (1969)

Intercontinentale Assicurazioni SpA, Roma (1921)

ISE Finance Holdings SA, Luxemburgo (1966)

ITT Avis Inc, Garden City, New York (1956)

ITT Community Development Corporation, New York, New York y Miami, Florida (1969)

ITT Consumer Services Corporation, New York, New York (1966)

Apcoa, Cleveland, Ohio (1954)

ITT Aetna Corporation, Clayton, Missouri (1918)

ITT Continental Baking Company, Rye, New York (1925)

ITT Educational Services Inc, Indianapolis, Indiana (1946)

Taylor Career Programs Division, New York, New York (1941); otras subsidiarias y con licencia

ITT Family Security Sales Corporation, St. Louis, Missouri (1970)

International Telephone and Telegraph Credit Corporation, Garden City, New York (1961)

Kellogg Credit Corporation, Garden City, New York (1953)

ITT Gwaltney Inc, Smithfield, Virginia (1870)

ITT Levitt and Sons Inc, Lake Success, New York (1929) y subsidiarias

ITT Service Industries Corporation, Cleveland, Ohio (1969)

ITT Sheraton Corporation of America, Boston, Massachusetts (1937), y subsidiarias

ITT Thorp Corporation, Thorp, Wisconsin (1925)

ITT Midwestern Life Insurance Corporation y otras subsidiarias

ITT Variable Annuity Insurance Company, Hartford, Connecticut (1970)

ITT World Directories Inc., Bruselas, Bélgica (1966)

London and Edinburg General Insurance Company Ltd, Londres ((1919)

Nationwide Food Service Pty Ltd, Ashfield, New South Wales, Australia (1957)

Pearson Candy Company, St. Paul, Minnesota (1909)

Howard W. Sams & Company Inc, Indianapolis, Indiana (1946)

The Bobbs-Merrill Company Inc, Indianapolis, Indiana (1938)

Rimmel Ltd, Londres (1834)

The O. M. Scott & Sons Company, Marysville, Ohio (1870)

Transatlantische Versicherungs AG, Hamburgo (1860)

Zwolsche Algemeene Verzekering Mij, Utrecht (1908)

### SERVICIOS INTERNACIONALES DE COMUNICACIONES

American Cable & Radio Corporation, New York (1939)

All America Cables and Radio Inc. (1878)

The Commercial Cable Company (1883)

Globe-Mackay Cable and Radio Corporation (1935)

ITT Central America Cables and Radio Inc. (1963)

ITT Communications Inc, Islas Vírgenes (1963)

ITT World Communications Inc. (1926)

PT Indonesian Satellite Corporation, Yakarta (1967)

Radio Corporation of Cuba, Habana (1922)

NOTA: Oficinas internacionales de telecomunicación están funcionando en los siguientes países: Antillas holandesas, Bolivia, Canadá, República Dominicana, Estados Unidos (incluyendo Guam, Islas Vírgenes y Puerto Rico), Filipinas, Haití, Indonesia, Nicaragua, Panamá, Perú, Reino Unido, Uruguay, Zona del Canal.

### COMPAÑAS CON PARTICIPACION

Austral Standard Cables Pty Ltd, Melbourne (1948)

ITT Decca Marine Inc, New York, New York (1952)

Lignes Télégraphiques et Téléphoniques, París (1920)

Società Italiana Reti Telefoniche Interurbane, Milán (1921)

Las fechas entre paréntesis indican la de fundación de la compañía por ITT o por el predecesor.

Para solicitar separatas de artículos publicados en este número e información sobre precios, se ruega escriban a:

P. Mornet

Managing Editor, Electrical Communication

18—20, rue Grange-Dame-Rose

78140 — Vélizy-Villacoublay, France

Solamente pueden aceptarse pedidos por cantidades de al menos 100 separatas de cada artículo.