



## EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CONMUTACIÓN TELEFÓNICA

José Manuel Carrasco  
2001

### Introducción

Después de la invención de la Telefonía por Alexander Graham Bell en 1876, las primeras líneas que se instalaron eran punto a punto, conectando directamente los equipos terminales de dos usuarios del servicio telefónico. Inmediatamente se vio la necesidad de tener acceso a una multiplicidad de usuarios para extender las posibilidades del servicio. La solución era llevar todas las líneas a un centro y proporcionar allí los medios para conectar a los usuarios entre sí. Estos medios son los que constituyen los elementos de conmutación cuya evolución histórica se va a describir seguidamente.

En primer lugar conviene fijar la atención sobre la estructura interna básica de un centro de este tipo. Es evidente que la situación más compleja que se puede dar es conectar la mitad de los usuarios (origen de las comunicaciones) a la otra mitad (destino de las comunicaciones), lo que lleva a necesitar un número de "circuitos internos" que sería como máximo la mitad del número de líneas. Sucede además que, en la práctica, la duración de las comunicaciones no es ilimitada y que la simultaneidad es parcial por lo que todavía se puede reducir aun más el número de dichos circuitos. Esto lleva a una configuración de "concentración, distribución y expansión" (ya que los usuarios han de estar todos conectados tanto a la entrada como a la salida) que se dará en todos los tipos de centrales. En consecuencia se tiene una "red de conexión" de estas características para realizar las comunicaciones entre usuarios, gobernada por unos "órganos de control" que actúan en el establecimiento de estas comunicaciones.



Fig. Relés Pentaconta

Los dispositivos de conmutación fueron en primer lugar electromecánicos, pasando a ser desde hace un par de decenas de años completamente electrónicos. Entre los primeros debe destacarse el relé que fue ampliamente utilizado de una u otra manera por los diversos sistemas. Estaba formado por un núcleo férreo que se rodeaba de una bobina. Al circular la corriente eléctrica se atraía una armadura que a su vez actuaba sobre un grupo de contactos de cierre y apertura con los que se realizaban los circuitos. Ha sido un elemento esencial en las técnicas de conmutación, complementado con otros dispositivos peculiares de cada sistema que se describirán en los apartados siguientes.

El dimensionado de los distintos elementos que constituyen las centrales es uno de los objetos de los estudios de tráfico telefónico en cuyos comienzos destacó el danés A.K. Erlang que,

en los primeros años del siglo XX, definió las características de dicho tráfico, formulando además las reglas por las que se determinaba la probabilidad de congestión de grupos de circuitos. Su contribución fue tan importante que, como recompensa, la unidad de tráfico recibió su nombre: "erlang", unidad empleada normalmente en los estudios europeos sobre esta materia.

### Conmutación Manual.



Fig. Central de llamada magnética 1900

En 1878, dos años después de la invención del teléfono, se pone en marcha en New Haven (Connecticut, EE.UU.) la primera central de conmutación que atendía un total de 21 usuarios, los cuales, habiendo suscrito un contrato de servicio, reciben el nombre de "abonados". Las primeras formas de conexión (clavijas conectando barras perforadas) evolucionaron a una nueva configuración en la cual las líneas aparecen en forma de jacks en un cuadro existiendo unos circuitos con dos cordones y sus clavijas correspondientes (la red de conexión) que sirven para conectar las líneas entre sí por la actuación de una operadora (el órgano de control). El método de trabajo, aunque evidente, merece la pena detallarse porque sirve para exponer las distintas fases por las que ha de pasar siempre una comunicación telefónica.



Fig. Central manual de batería central 1913

El abonado de origen cerraba el circuito de su par de hilos hasta la central y enviaba una señal indicando su deseo de establecer una llamada. Esta señal, en aquellos tiempos, era la aplicación de corriente alterna generada por una magneto accionada a mano. En el cuadro se desprendía una chapita, asociada al correspondiente jack, indicando la presencia de una llamada entrante. La operadora introducía la clavija del cordón de entrada en el jack señalado y se ponía en contacto con el abonado que le comunicaba el destinatario de su llamada. La operadora seleccionaba entonces el jack del abonado deseado introduciendo la clavija del cordón de salida. Había que enviar una señal de llamada al abonado de destino lo que se hacía mediante corriente alterna que actuaba el timbre de este abonado, el cual, al descolgar, completaba la comunicación. Al finalizar, la operadora

desconectaba los cordones. Si el abonado de destino estaba ocupado con otra llamada, la operadora lo comunicaba al abonado de origen.

Todas estas fases se repiten básicamente en el establecimiento de cualquier comunicación telefónica y muestran la "señalización" que es necesario proveer. En la conmutación manual hay una parte importante de "señales vocales" (información intercambiada con la operadora) las cuales se convertirán en impulsos, frecuencias y tonos en la conmutación automática.

El número de abonados creció con gran rapidez y, en consecuencia, aumentó el tamaño de las centrales manuales. Ya en 1892, la alimentación que al principio se procuraba por unas pilas en casa del abonado (batería local) se sustituyó por baterías centrales que simplificaban el mantenimiento. En cuanto a los cuadros de líneas, la introducción de lamparitas como elemento de señalización los redujo de tamaño permitiendo conectar más líneas en la misma superficie. Sin embargo la limitación de sus dimensiones determinadas por las posibilidades de acceso de las operadoras, dio lugar a particiones de los campos de jacks conllevando la

necesidad de reenvíos y apariciones múltiples que complicaron los métodos de operación. No obstante se llegó hasta centrales de 10.000 líneas pero era evidente que se estaba alcanzando el límite práctico de posibilidades dada la creciente complejidad de las redes.

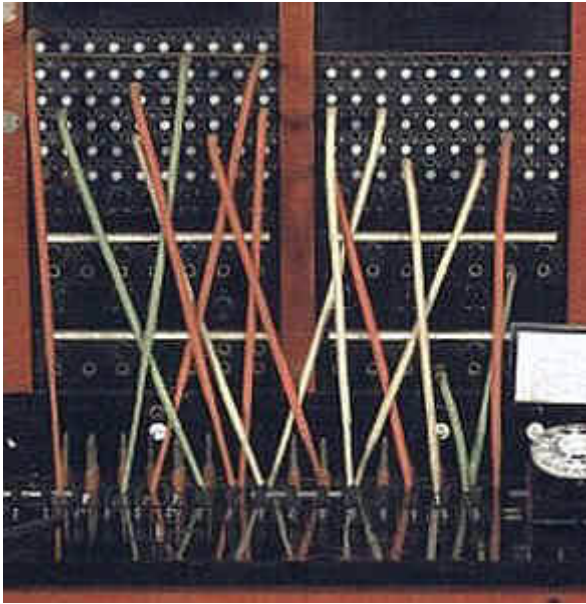


Fig. Cuadro con jacks y cordones

La conmutación manual, si bien fue reemplazada por sistemas automáticos en el área urbana en un plazo relativamente corto de tiempo, ha permanecido vigente en las comunicaciones interurbanas e internacionales durante muchos años y todavía sigue en activo para ciertos servicios en países tan avanzados como EE.UU. Ahora ya las operadoras disponen de equipos especiales ("cuadros sin cordones") que utilizan las técnicas de la conmutación automática.

También debe señalarse que, en el campo de las comunicaciones privadas, la conmutación manual se ha venido utilizando hasta fechas recientes siempre que las redes fueran de pequeña capacidad.

## Conmutación Electromecánica

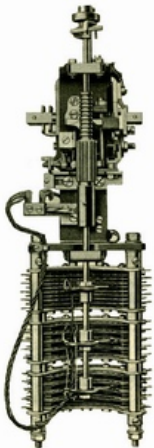
Como ya se ha mencionado, las limitaciones de las operadoras (e incluso algún problema anecdótico en sus intervenciones...) llevaron a diseñar elementos electromecánicos que las reemplazaran en las labores de conmutación.

Un primer problema era proporcionar la información sobre el abonado de destino de una comunicación, el cual se resolvió asignando una numeración a cada abonado y diseñando un disco generador de "impulsos" (el nuevo lenguaje telefónico) que se iban enviando a la central de acuerdo con las cifras marcadas. Este disco todavía está en uso aunque se va viendo desplazado por dispositivos de teclado que también generan impulsos o combinaciones de frecuencias que se detectan en las centrales. Los otros elementos de señalización (invitación a marcar, llamada, ocupación) se realizan mediante tonos permanentes o con determinadas cadencias.

Definidos estos métodos de comunicación con los abonados, se desarrollaron los primeros sistemas automáticos de conmutación.

### a) Sistemas Paso a Paso (SxS : Step by Step)

Fig. Selector Strowger



Fue A. Strowger quien realizó el primer sistema práctico del tipo "Paso a Paso" en 1893 en La Porte (Indiana, EE.UU.) Se basaba en un selector con un juego de escobillas de desplazamiento vertical y giratorio que tenía acceso a un campo de contactos con 10 niveles. Poniendo estos selectores en serie se podía alcanzar cualquier abonado que estuviera conectado en un punto de los campos de los selectores finales.

En un diseño de 1904, más evolucionado, el abonado origen de la llamada llegaba hasta un primer selector a través de unas etapas formadas por "buscadores" giratorios (etapa de concentración) con lo que se reducía el número de selectores primeros (en la versión primitiva había un selector para cada abonado) equipando sólo los necesarios de acuerdo con los cálculos de tráfico. El primer selector enviaba el tono de marcar y el abonado procedía a marcar las cifras del abonado de destino las cuales servían para seleccionar un nivel en cada etapa mediante el desplazamiento vertical de las escobillas. A su vez cada selector, con su giro horizontal, buscaba un camino libre automáticamente hacia la siguiente etapa. Al llegar al

selector final se utilizaban las dos últimas cifras para posicionar las escobillas sobre los contactos del abonado deseado.

Esta actuación "directa" de los impulsos de disco sobre los selectores cargaba toda la "inteligencia" de la selección en el número a marcar que en el caso de redes complejas podía incluir una cantidad alta y variable de cifras (numeración abierta). Además imponía condiciones severas en el ajuste de los discos en cuanto a dimensiones de los impulsos y al intervalo entre cifras. Por ello se intercaló antes de los selectores primeros un circuito "director" que recibía los impulsos de disco con amplia tolerancia (disminuyendo ajustes en casa del abonado), generando después los impulsos de selección que ya incluso podían ser diferentes en número y valor ("traducidos") a los originales, dando lugar a una selección "indirecta". Este circuito "director" supuso un gran avance en las técnicas de conmutación, siendo el "órgano de control" esencial en la mayoría de los sistemas de las generaciones siguientes en las que ya recibirá el nombre de "registrador".

Los sistemas "Paso a Paso" se extendieron rápidamente y han permanecido en operación hasta la actualidad, quedando todavía equipos en servicio en pequeñas redes. La primera instalación europea fue llevada a cabo por Siemens en Munich en 1910. Este mismo suministrador y con este sistema realizó la primera central automática de España, instalada en Balaguer (Lérida) en 1923, la cual fue un ejemplar único en la red española.

### **b) Sistema Panel**

Este sistema tenía como objetivo mejorar la accesibilidad de líneas de los sistemas "Paso a Paso", aumentando las dimensiones de los campos de exploración. El dispositivo básico de selección consistía en un gran "panel" con 5 grupos de 100 contactos con 5 juegos de escobillas que se desplazaban verticalmente. Su estructuración recordaba los cuadros de jacks. El órgano de control era ya un "registrador" que recibía las informaciones numéricas del abonado de origen y que ponía en operación las escobillas de selección las cuales generaban una serie de impulsos "inversos" hacia el registrador que eran contados por éste, ordenando la detención del movimiento de las escobillas de acuerdo con las reglas de establecidas y realizando así la selección deseada. Como innovación también utilizaba un dispositivo "secuenciador" que marcaba las distintas fases de la selección, configurando los circuitos de la forma precisa con la consecuencia de una amplia reducción en el número de relés necesarios.

El sistema Panel se usó extensamente en las grandes redes de EE.UU. siendo en Omaha (Nebraska) donde Western Electric instaló la primera central de este tipo en 1920. El sistema estuvo siendo usado hasta el final de los años 70.

### **c) Sistemas Rotatorios**

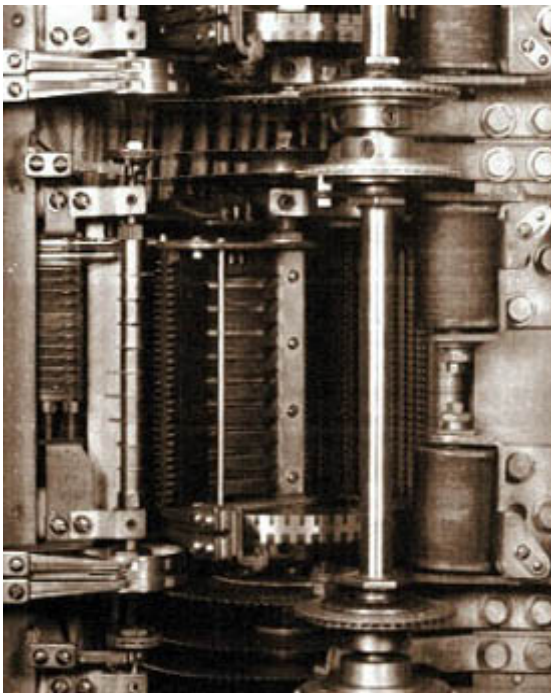


Fig. Selector 7A1.

La familia de sistemas de esta clase se caracteriza porque los dispositivos de selección efectúan únicamente un giro horizontal sin que existan desplazamientos verticales y porque siempre van a tener registradores como elementos de control. Contemporáneos del sistema Panel en sus comienzos, compartieron con él varias soluciones técnicas.

El sistema Rotary 7A se diseñó en los primeros años de 1900 por Western Electric bajo la dirección de F. R. McBerty incluyendo las ideas de "registrador", "impulsos inversos", secuenciador llamado en este caso "combinador", buscadores y selectores. Estos tenían 10 juegos de escobillas (correspondiendo cada uno a un nivel) entre los cuales se activaba uno para realizar la exploración de un camino hacia las etapas siguientes o la selección del abonado en la etapa final. Las centrales disponían de unos ejes verticales en rotación continua en los que engranaban los buscadores y los selectores para efectuar el movimiento de giro. Los impulsos inversos eran generados por los selectores y contabilizados en el registrador, completando hasta el número 11 cada uno de los contadores en los que ya estaban almacenadas las cifras marcadas por el abonado de origen, deteniéndose entonces el selector. Como es lógico la asignación de niveles y contactos ya tenía en cuenta este modo de operación.

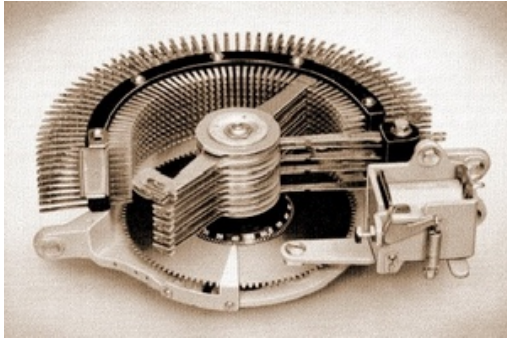


Fig. Buscador 7A

El sistema se adaptaba perfectamente a centrales de gran capacidad, constituyendo unidades de 10.000 líneas que se podían interconectar entre sí para formar grandes redes.

La aplicación del sistema en EE.UU. fue escasa pero a través de la International Western Electric y en especial, de su compañía Bell Telephone Manufacturing de Amberes, se introdujo extensamente en Europa, realizándose las primeras instalaciones en 1912. Al crearse la International Telephone & Telegraph (ITT) ésta absorbió la International Western Electric y el Rotary 7A se convirtió en el sistema básico de ITT para la automatización de las grandes redes urbanas.

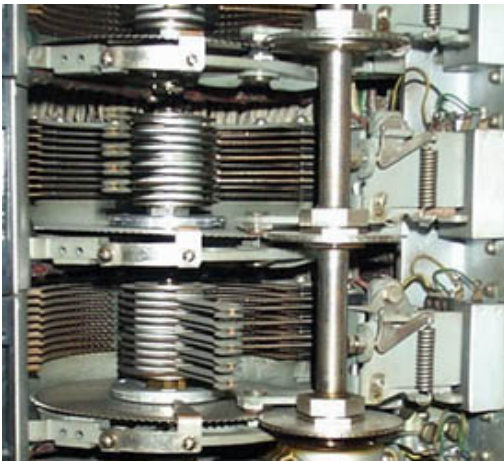


Fig. Selectores 7D

Cuando en 1924 se fundó la Compañía Telefónica Nacional de España e ITT participó como socio tecnológico, se aplicó este sistema en las grandes ciudades españolas. La primera instalación se realizó en Santander en 1926 a la que siguieron inmediatamente las centrales de Madrid.

Simultáneamente se creó también una empresa de diseño y fabricación: Standard Eléctrica (hoy Alcatel) que se encargó del suministro de los equipos.

El sistema 7A, en sus versiones 7A1 y 7A2 (maquinaria más compacta) estuvo en servicio hasta los años 80, demostrando unas cualidades de longevidad verdaderamente notables.



Fig. Selectores de control-marcadores 7D

Como en centros de pequeño tamaño (menos de 5.000 líneas) el sistema 7A resultaba excesivo en coste y capacidad, se realizaron nuevos diseños que simplificaban los equipos, sobre todo teniendo en cuenta la reducción de las operaciones de mantenimiento. Así se unificó el tipo de máquinas, utilizando dispositivos similares para los buscadores y los selectores. También se introdujeron los "selectores de control" que memorizaban informaciones numéricas y "marcaban" los campos de selección. Además se volvió a emplear los impulsos directos de los sistemas "Paso a Paso" aunque siempre con el control de un circuito registrador. Los nuevos sistemas se denominaron 7B y 7D, siendo este último especialmente aplicable a las redes provinciales y rurales. La primera red de este tipo en España se realizó en Guipúzcoa en 1953, utilizando el sistema 7D.

Finalmente y dentro de la familia Rotary se ha de mencionar el sistema 7E desarrollado por Bell Telephone Mfg., sistema que introdujo la novedad de emplear componentes semiconductores en sus circuitos de control y que se instaló básicamente en Bélgica y Holanda.

Otro ejemplo de sistema rotativo con dispositivos accionados por un eje giratorio fue el sistema AGF de L.M. Ericsson. Sus selectores estaban montados sobre una bandejas horizontales con campos radiales de 500 contactos. La selección se efectuaba por medio de escobillas montadas sobre un brazo que primero giraba y luego penetraba en el campo. Disponía también de combinadores y registradores. En España hubo una sola central de este sistema, instalada en San Sebastián en 1926, pero en el resto de Europa y sobre todo en los países nórdicos estuvo ampliamente introducido.

Frente a los sistemas que disponían de ejes motrices para buscadores y selectores aparecieron otros que incorporaban "motores" individuales en tales dispositivos. El ejemplo más claro fue el sistema EMD de Siemens que se aplicó extensamente en la red alemana. Otro sistema de este tipo, el R6, se utilizó en Francia en

convivencia con los sistemas Rotary. El R6 tenía un método de operación muy similar al de los sistemas "Paso a Paso" y se aplicó en centrales de pequeña capacidad.

#### d) Sistemas de Matrices de Relés

Desde los primeros tiempos de la automatización telefónica se diseñaron sistemas en los que la selección se efectuaba por la operación de relés situados en los "puntos de cruce" de una matriz de entradas y salidas. En Suecia, en 1912, G. Betulander realizó uno de los primeros sistemas de este tipo que serviría como antecedente a desarrollos posteriores de selectores de barras cruzadas.

El problema de estos sistemas fue el coste excesivo y la complejidad en el caso de centrales que ya tuvieran algunos cientos de líneas por lo que su utilización se limitó al área de las comunicaciones privadas (centralitas). No obstante, la aparición en los años 30 de los relés "reed" (contactos en ampolla de vidrio actuados por un campo magnético exterior) revitalizó el uso de matrices con estos relés, dada la calidad de las conexiones y abaratamiento de su fabricación que los hacía aceptables. De hecho aparecerán más adelante en los sistemas semielectrónicos.

#### e) Sistemas de Barras Cruzadas (Crossbar)



Fig. Multiselector Pentaconta

Las razones para intentar el abandono de los sistemas rotativos fueron varias. En primer lugar la progresiva extensión y complicación de las redes telefónicas, con la automatización de las conexiones interurbanas, hacía excesivamente altos los tiempos de establecimiento de las llamadas. Era necesario diseñar dispositivos con tiempos de actuación de sólo decenas de milisegundos y nuevas señalizaciones que sustituyeran a los trenes de impulsos. En segundo lugar, la multiplicidad de etapas introducía un "ruido" excesivo en las comunicaciones por la vibración de los contactos generada por la actuación de las máquinas. Se necesitaban selectores prácticamente estáticos que además ya podían utilizar contactos de metales preciosos lo cual era imposible en las máquinas rotativas por el desgaste producido por el roce de las escobillas.



Fig. Bastidores LM Ericsson

Todo esto llevó al desarrollo de los selectores de barras cruzadas. Su actuación se limitaba a dos operaciones muy simples: orientación de una pequeña varilla de alambre (embrague) en una de las dos posiciones admitidas por una barra horizontal y actuación de una armadura vertical que presionaba la varilla para empujar un bloque de contactos. Estos se apoyaban sobre un conjunto de conductores verticales mientras que los bloques se conectaban en paralelo sobre otro conjunto de conductores horizontales. El dispositivo resultante de agrupar un cierto número de estos elementos constituye un "multiselector", capaz de establecer varias conexiones entre la serie de conjuntos de conductores verticales y los horizontales en "puntos de cruce" determinados por los órganos de control. En realidad cada multiselector se comporta como un conjunto de selectores "Paso Paso" o "Rotary" en paralelo, con el resultado de un equipo muchísimo más rápido y compacto.

Aunque las primeras ideas surgieron alrededor de 1920 tanto en Suecia (Administración sueca, LM Ericsson y Betulander) como en EE.UU. (Western Electric), los sistemas prácticos no aparecieron hasta los años 30. Se comenzó con métodos de selección semejantes a los de los sistemas existentes en la época pero pronto se vio que los multiselectores permitían un funcionamiento más flexible y eficaz si se proveían los órganos

adecuados. Para evitar problemas de congestión interna que podían encontrarse al realizar las selecciones sin conocer el grado de ocupación de las etapas siguientes (lo que sucedía en los sistemas de aquel tiempo) se asociaron varias etapas de multiselectores y mediante un circuito "marcador" se señalaba la entrada y la salida deseadas del conjunto, estableciéndose la conexión interna entre etapas con una "selección condicionada", de acuerdo con la disponibilidad de enlaces ("links"). C. Jacobaeus, de LM Ericsson, estudió y estableció las reglas para este tipo de selección. Tal método de funcionamiento obligó a que la transferencia de la información de selección se tuviera que realizar por vías distintas a las de conversación y, ya de paso, utilizando códigos que no estaban basados en trenes de impulsos sino en señales simultáneas aplicadas sobre varios conductores ("haz conector") con lo que se ganó espectacularmente en velocidad y en seguridad al poder emplear técnicas de corrección de errores.

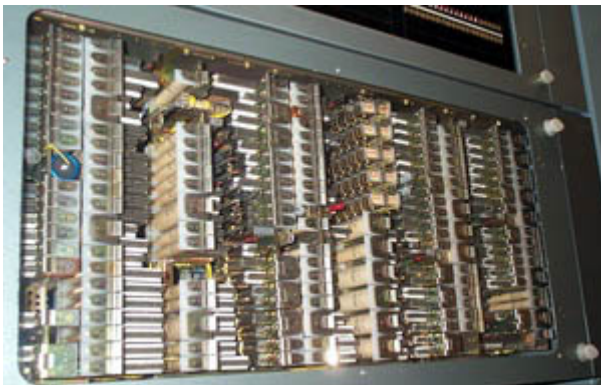


Fig. Registrador Pentaconta

Más adelante también se aprovechó para reemplazar la señalización por impulsos entre centrales por la señalización multifrecuencia (cada cifra se convierte en una combinación de dos frecuencias) que ya se hizo posible por la introducción de componentes semiconductores en los generadores y detectores, lo que redujo las dimensiones de los equipos hasta niveles utilizables. Las diversas normas que surgieron oscilaban entre las combinaciones de 5 frecuencias utilizadas en EE.UU. hasta las 12 que se empleaban en la norma europea definida en 1958 que incluía el funcionamiento a "secuencia obligada" (las señales se mantienen hasta que se recibe una

contestación desde el punto de destino). Una situación intermedia de 7 frecuencias se daba en la norma francesa Socotel que usaba 6 frecuencias para los códigos y 1 para comprobación, norma que fue la que se eligió para la red española. La interconexión con otras centrales del mismo o de diferente sistema se realizaba por medio de circuitos "emisores" y "receptores". También se ampliaron las posibilidades de "traducción" de las informaciones numéricas para conseguir las necesarias órdenes de encaminamiento en una redes que iban siendo cada vez más extensas.

Como ya se ha mencionado fue en los años 30 cuando se inició la implantación de los sistemas de "Barras Cruzadas" tanto en Europa con los diseños de la Administración Sueca-LM Ericsson que dieron origen a la familia ARF/ARM para centrales locales y de tránsito, como en EE.UU. donde Western Electric fue introduciendo la serie de Crossbar 1/.../5 también especializados sus miembros en la conexión de abonados o en la conexión de circuitos.



Fig. Sistema rural PC 32

En 1953, F.Gohorel, de la Compagnie General de Constructions Téléphoniques (una asociada de ITT en Paris) diseñó el sistema Pentaconta que en los años 60 sería adoptado por la Compañía Telefónica Nacional de España para nuevas centrales y para el reemplazo progresivo de los sistemas Rotary. Una instalación experimental se realizó en Barcelona dentro de la primera red interurbana automática española que tenía sus otros vértices en Madrid y Zaragoza, donde se instalaron centrales 8A y 8B también de barras cruzadas y diseñadas por Bell Telephone Mfg. El sistema 8A utilizaba un multiselector gobernado por tubos de gas de cátodo frío lo que representaba un tímido paso en la introducción de la electrónica.

El sistema Pentaconta fue fabricado por Standard Eléctrica en Madrid en sus distintas versiones, incluyendo una para redes rurales denominada PC32, y constituyó un elemento clave en la modernización de la red española donde se aplicó extensamente. Posteriormente, en el final de los 70's, también se introdujeron los sistemas AR de LM Ericsson.

Los equipos de Barras Cruzadas tuvieron otra utilización relevante en las centrales Telex dedicadas a realizar la conmutación entre líneas telegráficas que utilizaban teletipos como equipos terminales. El auge de estos últimos coincidió con la tecnología de Barras Cruzadas y rápidamente se sustituyeron los equipos de conmutación existentes, en general sistemas Paso a Paso.

Los fabricantes incluyeron en sus familias versiones dedicadas al tráfico Telex, el cual tenía como peculiaridad el emplear códigos de impulsos cuya distorsión había que mantener dentro de límites estrictos lo que obligaba a operaciones de regeneración en las centrales.

Como es lógico los sistemas de Barras Cruzadas también se aplicaron en el área de las comunicaciones privadas donde se llegó a encontrar soluciones económicas incluso para los casos de pequeñas capacidades.

## Conmutación Semielectrónica

El avance imparable de la Informática, ayudado por la introducción de la Microelectrónica, proporcionó un nuevo elemento a los diseñadores de conmutación: el ordenador. La capacidad de proceso de estos nuevos dispositivos y el almacenamiento de programas en su memoria, permitió disponer de una gran flexibilidad para el control de las redes internas de los sistemas y también de las redes exteriores. El ordenador ya vino a constituir el órgano básico de los órganos de control.

Como era lógico se utilizaban al menos dos ordenadores por razones de seguridad. Su operación se ajustaba principalmente a dos esquemas: el reparto de carga y la microsincronización. En el primero los ordenadores se repartían la atención del tráfico y en el caso de fallo, el ordenador "superviviente" se hacía cargo del tráfico total, recibiendo la información que estuviera en proceso en el ordenador en falta. En la microsincronización los dos ordenadores trabajaban absolutamente en paralelo con lo que no había pérdida de información (por estar duplicada) si fallaba uno de ellos. Otro aspecto que se detectó fue la conveniencia de diseñar ordenadores especialmente pensados para el proceso de información en tiempo real, requisito imprescindible en conmutación, y así lo hicieron las grandes compañías. Ejemplo: las familias ITT 1600 y 3200.

Para aprovechar todas las ventajas de los ordenadores fue necesario encontrar nuevos elementos (todavía electromecánicos por las disponibilidades tecnológicas) para constituir la red de conexión de manera que sus tiempos de actuación fueran acordes con los marcados por la electrónica. Las primeras soluciones emplearon relés sellados "reed" que tenían tiempos muy breves de actuación y conservaban en sus contactos una alta calidad de transmisión debido a la atmósfera inerte en que trabajaban dentro de la ampolla de vidrio. El mantenimiento de la actuación de los contactos se conseguía por el paso constante de corriente por la bobina o bien por la acción de un circuito magnético "biestable" gobernado por impulsos de diferente sentido. Los relés "reed" de este último tipo fueron empleados por Western Electric en sus sistemas 1/2/3 ESS desde 1965 y posteriormente en Alemania donde se desarrolló el sistema EWS bajo la dirección del Bundespost y con la colaboración de Siemens, ITT Standard Elektrik, DTW y Telenorma. Un sistema típico de "reeds" retenidos por corriente fue el Metaconta 10C diseñado por Bell Telephone Mfg. con el que se realizó una primera instalación en Bélgica en 1967.

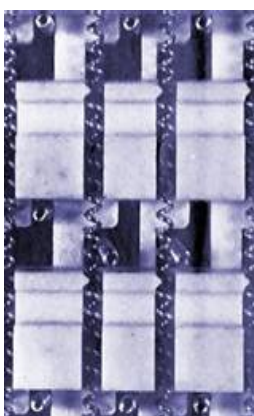


Fig. Punto de cruce del "Miniswitch" de ITT

El problema de las matrices de conexión con relés "reed" era su coste y volumen, lo que llevó a la búsqueda de soluciones basadas en la miniaturización de los multiselectores de barras cruzadas. Como consecuencia en ITT se diseñó el "Miniswitch" que se montaba en una placa de circuito impreso, trabajaba por impulsos, tenía retención mecánica y se utilizó en los sistemas 11A/B/C dentro de la familia Metaconta, sistemas que comenzaron a estar operativos en 1972. En España se instaló, en Valencia, en 1979, una central con tecnología 11A para cursar tráfico internacional, diseñada por Standard Eléctrica.

Otro ejemplo de la evolución del multiselector de barras cruzadas fue el "selector de código" empleado por LM Ericsson en su sistema AKE. También en Alemania se utilizó un conjunto de relés miniatura para realizar puntos de cruce originando el sistema ESK de Siemens.

Los multiselectores de barras cruzadas "clásicos" todavía iban a jugar un importante papel en este mundo semielectrónico. La utilización de circuitos "intermedios" para almacenamiento de información ("buffer")

permitió compatibilizar los tiempos de operación relativamente altos de los multiselectores con la velocidad de los ordenadores. Aplicando esta técnica, Standard Eléctrica desarrolló el sistema Pentaconta 2000 cuya primera central se puso en servicio en Madrid en 1978. Por su parte LM Ericsson había utilizado los multiselectores de la familia ARF/M para crear el sistema ARE que tuvo una amplia difusión mundial.

Los ordenadores como órganos de control permitieron una cantidad notable de nuevos servicios y facilidades de operación. Ejemplo a destacar es el área de tarificación donde el clásico contador de impulsos se vio desplazado por programas que elaboraban una información donde el detalle se podía llevar hasta cualquier nivel deseado. La disponibilidad de estos servicios y facilidades en los nuevos sistemas obligó en muchos casos a la puesta al día de las centrales existentes de Barras Cruzadas e incluso Rotary mediante la sustitución parcial o total de sus órganos de control por dispositivos electrónicos.

Como beneficio añadido, en todos los sistemas semielectrónicos se produjo una reducción muy notable del volumen total de sus equipos con lo cual las necesidades de planta también resultaron menores, característica especialmente apreciada por las compañías telefónicas.



Fig. Sistema Pentaconta 2000

## Conmutación Electrónica Espacial

Al mismo tiempo que se desarrollaban los sistemas semielectrónicos se intentó resolver el problema de la realización de una red de conexión puramente electrónica. Los primeros pasos se dieron utilizando válvulas electrónicas de cátodo frío (las caldeadas eran inaplicables por la disipación) para constituir los puntos de cruce y en los años 60 ya hubo instalaciones de prueba en servicio (Laboratorios de ITT en París). El progreso de los semiconductores también sirvió para realizar algún otro diseño como las centrales TSC5 de ITT Telecom en EE.UU. que empleaban componentes de estado sólido en los puntos de cruce de las matrices de conexión.

De todos modos esta tecnología no pudo aplicarse a las grandes centrales de una forma económica por lo que su empleo se circunscribió a pequeñas centrales, principalmente en el área de comunicaciones privadas donde todavía sigue utilizándose.

## Conmutación Electrónica Temporal

El gran salto adelante en las técnicas de conmutación lo propició la introducción de métodos de "conmutación temporal" hacia la mitad de los años 70, debido a que los avances en Informática y Microelectrónica proporcionaron las nuevas herramientas que eran necesarias.

La base estaba constituida por la digitalización de las señales analógicas de conversación, ideada por A.H. Reeves en 1937 en los Laboratorios de ITT de París para resolver el problema de la calidad de transmisión en las conexiones por radio de aquella época. Así nació la Modulación de Impulsos Codificados, MIC (PCM). De acuerdo con las teorías de C.E. Shannon, de los Bell Labs, se puede muestrear una señal analógica a una determinada cadencia y conseguir reconstruir esa misma señal a partir de las muestras sin pérdida apreciable de calidad. La idea de Reeves fue codificar el nivel de las muestras con un código binario de manera que lo que se transmitía era una serie de 0's y 1's que, por ser regenerables los impulsos que los representaban, resultaban muy resistentes frente a las perturbaciones radioeléctricas. Esta conversión de las señales analógicas en "datos" constituye la "digitalización", tan utilizada actualmente en los campos del sonido y la imagen.



Fig. Central de 10.000 líneas del Sistema 12 - instalada en Salamanca.

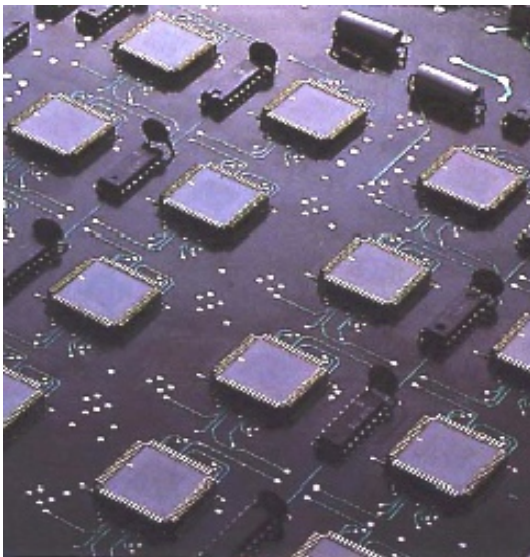


Fig. "Multiselectores temporales" del Sistema 12 de Alcatel

El muestreo y la digitalización se realizan en los circuitos de entrada de la central a una cadencia típica de 8.000 muestras por segundo, empleando 8 bits para la codificación del nivel detectado, dando un total de 64 Kbits por canal. Al realizar un abonado una comunicación estos "datos" son guardados en "memorias" para ser posteriormente "leídos" en un orden diferente, determinado por las instrucciones de selección que se hayan generado en los ordenadores partiendo de la numeración marcada por el abonado. Esta diferente "secuencia de salida" de las señales es la manifestación de que ha habido una trasposición en el tiempo dando lugar a una "conmutación temporal". La red de conexión está ahora constituida por una serie de multiselectores temporales. En realidad, para la central, las muestras de conversación son simplemente números binarios que pueden ser almacenados y procesados como cualquier dato de los que normalmente manipulan los ordenadores. Hay que señalar que en una central electrónica temporal las líneas de los abonados no están conectadas de manera continua como en las centrales

anteriores, con redes "físicas" (y espaciales) de conexión, pero todas las operaciones se realizan a tal ritmo que no hay ningún efecto apreciable por los abonados.

Por lo que respecta a la señalización entre centrales era lógica la utilización de canales separados para el envío de información, habiéndose definido por el CCITT un nuevo código, el N° 7, que utiliza técnicas de transmisión de datos adaptadas a los requisitos de la conmutación.

Es evidente que todo esto no fue posible hasta la disponibilidad de las técnicas de alta integración propias de la Microelectrónica tanto en los circuitos específicos como en los ordenadores (microprocesadores en algunos sistemas). Por ello las primeras experiencias no aparecieron hasta la segunda mitad de los años 70 (4ESS y 5ESS de Western Electric / Bell Labs) siendo dignos de mencionar los trabajos del Centro Nacional de Estudios de Telecomunicación francés que, en la región de Bretaña (Lannion) diseñó una red de conexión de base para el sistema E10 posteriormente comercializado por Alcatel. Por su parte LM Ericsson desarrolló el Sistema AXE que, al principio, se ayudó de relés "reed" en la etapa de conexión de abonados pero que posteriormente ya se convirtió en puramente electrónico de acuerdo con la disponibilidad de componentes. Esta misma

disponibilidad, concretada en los microprocesadores, sirvió para que ITT diseñara el Sistema 12 con un esquema de control ampliamente distribuido frente a la centralización de ordenadores de otros sistemas, lo cual permitía un escalamiento progresivo de la capacidad de las centrales disminuyendo los costes para los tamaños pequeños y para las sucesivas ampliaciones. En 1984 Standard Eléctrica instaló una central sistema 12 de 10.000 líneas en Salamanca que fue uno de los primeros pasos en la digitalización de la red española que se iría completando con equipos AXE de LM Ericsson y 5ESS de Lucent (ATT).

La tecnología temporal se extendió rápidamente entre el resto de suministradores de equipos de conmutación los cuales diseñaron otras soluciones aplicando estas técnicas. Ejemplos de ello son los sistemas EWSD de Siemens, DMS de Nortel y FETEX de Fujitsu.

La centrales electrónicas permiten una amplia integración con los sistemas de transmisión MIC con los que comparten los métodos de codificación, abriendo la puerta a las comunicaciones de banda ancha esenciales para los servicios multimedia de voz, datos e imágenes tan utilizados actualmente.

La Red Digital de Servicios Integrados es, por tanto, un campo natural para este tipo de sistemas que, como experiencia primera en España, tuvo una central diseñada por la ya Alcatel-Standard Eléctrica e instalada en la Expo 92 de Sevilla.

La Conmutación Electrónica Temporal es una realidad presente que mira hacia un futuro en el que aparece como primer reto la integración con las grandes bandas de transmisión que ofrecen las fibras ópticas, siendo necesario recurrir a nuevos procedimientos de señalización como el "modo de transferencia asíncrono" (ATM) que permitan una mayor capacidad en el intercambio de información.

Igualmente se trabaja en la propia conmutación de los haces ópticos y aquí vuelven a aparecer las técnicas de tipo "espacial" para resolver problemas de conexión entre fibras.

En resumen: la Conmutación Telefónica ha pasado en estos cien últimos años de la simplicidad de las primeras conexiones de voz hasta la espectacular complejidad de los servicios multimedia que ahora están disponibles y es seguro que todavía quedan muchas posibilidades por llegar en este tipo de tecnologías.