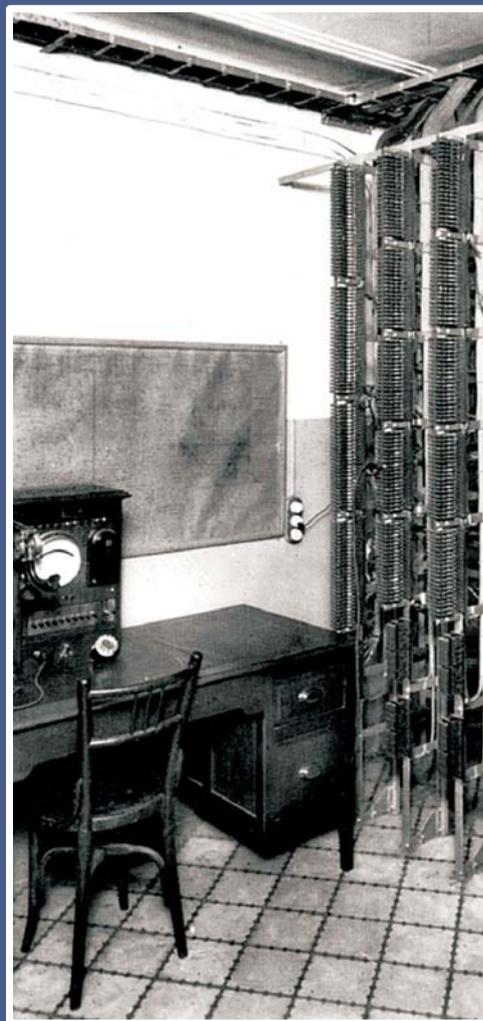


LAS TELECOMUNICACIONES Y EL FERROCARRIL

José María Muñiz Aza
Víctor Reviriego Hernández



FUNDACIÓN DE LOS
FERROCARRILES
ESPAÑOLES

Editores: José Mariano Martínez Rodríguez / Miguel Jiménez Vega
Director de Investigación, Formación y Colaboración Científica: Alberto García Álvarez
Directora de Vía Libre: Pilar Lozano Carbayo.

Edita: Fundación de los Ferrocarriles Españoles
Revista Vía Libre
Santa Isabel 44, 28012 Madrid
Teléfonos 91 151 10 40 / 91 151 10 52
jmrodriguez@ffe.es / mjimenez@ffe.es

www.vialibre.org
www.tecnica-vialibre.es

Las telecomunicaciones y el ferrocarril

1	Los inicios de las telecomunicaciones en los ferrocarriles. Segunda mitad el siglo XIX .	3
2	Periodo de 1900 a 1960: La incorporación de nuevas tecnologías de telecomunicación...	5
	2.1 Comunicación relacionada con la seguridad	7
	2.2 Comunicación relacionada con la explotación	7
	2.3 Comunicación relacionada con la gestión	10
	2.4 Comunicaciones especiales	11
	2.5 Comunicación relacionada con los sistemas de mando y control	13
3	Periodo de 1960 a 1975: Plan de Modernización y Planes de Electrificación	13
	3.1 Mejora de líneas	14
	3.2 Teletipos	15
	3.3 Comunicaciones en alta frecuencia	15
	3.4 Puesto de mando y centrales telefónicas	16
	3.5 Normalización, Formación y Mantenimiento	17
4	Período de 1975 a 1985: Las Innovaciones tecnológicas	18
	4.1 Tren-Tierra	20
	4.2 Centralitas telefónicas	20
	4.3 Cables	21
	4.4 Automatización de los teletipos	22
	4.5 Centro de Control de Telecomunicaciones	22
	4.6 Transmisión de Datos	22
	4.7 Telefacsimilar (telecopiadoras)	25
	4.8 Sistema de detección de anomalías en la circulación de trenes	25
5	Periodo 1985 a 2005: La alta velocidad y el “negocio” de las telecomunicaciones ferroviarias	26
	5.1 La Alta Velocidad Española (AVE)	26
	5.2 El “negocio” de las telecomunicaciones ferroviarias	27
	5.2.1 Evolución de las Telecomunicaciones Fijas	27
	5.2.2 Evolución de las Telecomunicaciones Móviles	29
	5.3 Evolución futura de las Telecomunicaciones ferroviarias	30
6	Los Ingenieros de Telecomunicación en el Ferrocarril español (Renfe)	31
7	Bibliografía	32

Este artículo forma parte del libro “De las señales de humo a la sociedad del conocimiento. 150 años de telecomunicaciones en España”. Es un trabajo que acopia varias monografías sobre este tema, entre ellas ésta recogida ahora en Vía Libre, que fue publicado por el Colegio Oficial de la Asociación Española de Ingenieros de Telecomunicación en el año 2006.

LAS TELECOMUNICACIONES Y EL FERROCARRIL

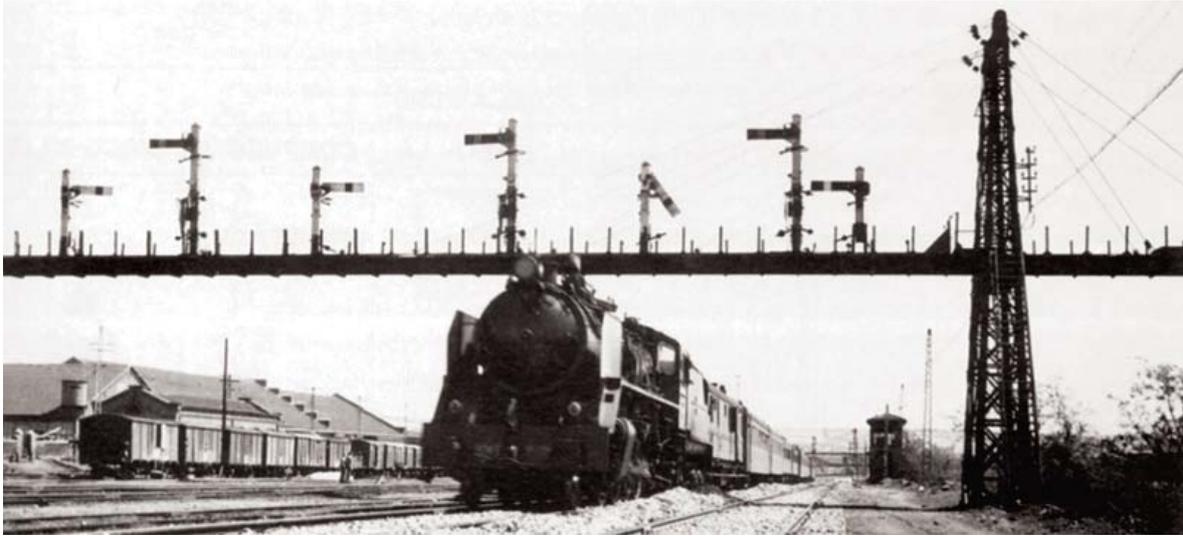
José María Muñiz Aza
Víctor Reviriego Hernández

1. Los inicios de las telecomunicaciones en los ferrocarriles. Segunda mitad del siglo XIX

Desde que Samuel Morse lanzó un sistema nuevo telegráfico en 1844, la telegrafía eléctrica había empezado a dar sus primeros pasos en varios países, a pesar de que diez años más tarde aún fuera un sistema discutido.

Por su parte, los ferrocarriles ya estaban afianzados como “el medio de transporte del futuro”, como ocurría en el Reino Unido. Precisamente en este país surgió la necesidad de disponer de señales de servicio, que no fueran exclusivamente ópticas para que fueran independientes de los fenómenos atmosféricos que podrían reducir la visibilidad, y que fueran rápidas, casi instantáneas, dada la importancia de la red y del tráfico ferroviario existente. Este telégrafo, ya eléctrico y de aplicación exclusivamente ferroviaria, pronto se extendió al uso público, naciendo este así, como un subproducto del sistema ferroviario de señales y seguridad. En otros países poco a poco se fue imitando este modelo, y el crecimiento del ferrocarril empezó a arrastrar al telégrafo.

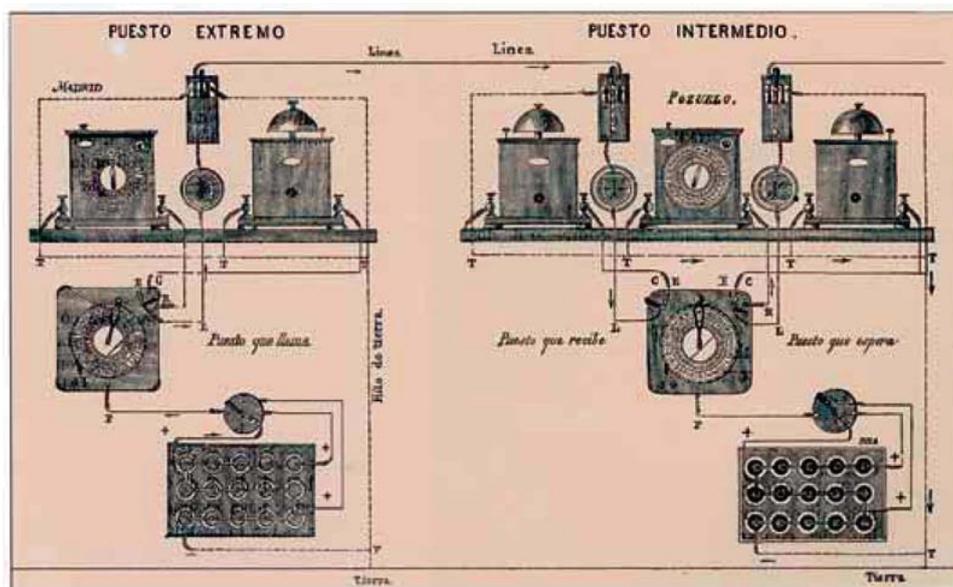
En España las primeras relaciones que existen entre la telecomunicación y el ferrocarril están relacionadas con el ferrocarril Madrid – Aranjuez, que fue el primero de España y se inauguró en 1848, cuando se decidió implantar, tres años después, un sistema de comunicación telegráfico para “asegurar” la circulación y contribuir así a la explotación. Un año después, en 1852, y siguiendo el modelo inglés, el público empezó a poner telegramas a través del sistema instalado para el ferrocarril Madrid - Aranjuez. Sin embargo, esta línea era una línea aislada, que no formaba parte de una red densa y amplia como la construida por los ferrocarriles ingleses alrededor de Londres, por lo que el Telégrafo nacido en esta línea no podía crecer.



Puente de señales semafóricas a la salida de la estación de Atocha
Fuente: El camino del tren: 150 años de infraestructuras ferroviarias

En España debido al lento y disperso desarrollo de las líneas ferroviarias, el Telégrafo público debió realizar un camino independiente del ferroviario. Así, el 22 de abril de 1855 se promulgaba la Ley que creaba la red telegráfica y el 3 de junio del mismo año la Ley General de Ferrocarriles. Hubo que renunciar así al modelo inglés, y aunque el desarrollo de las primeras líneas telegráficas coincidiría en el tiempo con el de las primeras líneas férreas, la expansión de éstas, a causa de su mayor envergadura financiera y mecánica fue bastante más lenta, por lo que cada una de las redes siguió caminos diferentes.

Sin embargo nunca se renunció a que la infraestructura ferroviaria apoyara el desarrollo teleográfico. El razonamiento era muy lógico “si los ferrocarriles deben tener sus propias líneas telegráficas para el propio servicio, hagamos que esas mismas líneas proporcionen circuitos adicionales para el Telégrafo público”.



Grabado que representa el esquema general del sistema teleográfico Breguet
Fuente: El camino del tren: 150 años de infraestructuras ferroviarias

De hecho antes de la promulgación de estas leyes, en las licencias concedidas para establecer ferrocarriles, se ponía una condición que obligaba a ceder conductores para el Telégrafo estatal. Esta servidumbre se ha mantenido hasta años muy recientes, estando RENFE obligada a mantener conductores del Estado en sus propias líneas aéreas.

En una primera fase, que se puede considerar que llega hasta 1866, la longitud de la línea de telégrafo apoyada en los ferrocarriles privados era de 3.161 Km., sobre un total de 10.785 Km. de red telegráfica del Estado.

La Ley de 27 de diciembre de 1881 dio un paso más en esta colaboración. La red ferroviaria, ya por entonces muy extensa, tenía muchas estaciones equipadas con aparatos telegráficos para uso interno. Se crearon “estaciones de enlace” para intercambiar telegramas entre una y otra red y periódicamente se liquidaban las tasas percibidas por los telegramas expedidos y recibidos.

Así, en 1883 la Compañía de ferrocarriles Andaluces aportaba 53 estaciones a Telégrafos; la compañía MZA (Madrid-Zaragoza-Alicante) 88 estaciones; Ferrocarriles del Norte 67 estaciones y Ferrocarriles del Oeste un número similar. Estas cuatro compañías fueron las más importantes, pero hubo docenas de otras más pequeñas.

El capital fue mayoritariamente extranjero, y concretamente, de la familia Rotschild, anglo-franco-alemana, y Pereyre, francesa. El capital inglés se enfocó hacia ferrocarriles mineros o industriales y de los tranvías se ocuparon los belgas. En MZA invirtió el Marqués de Salamanca. En Ferrocarriles del Norte los capitales fueron vascos y en la Compañía de ferrocarriles Andaluces la familia Loring, malagueña de origen británico. Por último, a los Ferrocarriles del Oeste, que cubrían Extremadura y Salamanca, se incorporó a MZOV (Medina-Orense-Vigo).

En aquellos remotos años, que abarcaron todo el siglo XIX, se hacía necesario establecer unas comunicaciones entre estaciones colaterales por motivos de seguridad, que permitieran conocer si venía un tren o si había algún problema. La comunicación telegráfica era el único medio eficaz para establecer el bloqueo “seguro” de la vía entre estaciones. Este sistema de comunicación fue el indispensable e insustituible “bloqueo telegráfico escalonado”, que se establecía entre estaciones colindantes. Este telégrafo que utilizaba el sistema Morse empezó a utilizarse en los ferrocarriles españoles en 1860, que actuaba sobre primitivas líneas de hilo de hierro con retorno por tierra.

2. Periodo de 1900 a 1960: La incorporación de nuevas tecnologías de telecomunicación

A principios del siglo XX, las diferentes compañías privadas ferroviarias fueron añadiendo los nuevos medios de comunicación que iban apareciendo. Así, a la ya tradicional telegrafía pronto se le sumó la telefonía, si bien los equipos de telecomunicación que se encontraban en las estaciones eran todavía escasos y primitivos, pudiendo encontrarse desde manipuladores telegráficos hasta teléfonos de llamada por magneto, también conocidos como “escalonados”, que se venían utilizando desde 1900 para las comunicaciones de seguridad entre estaciones colaterales.

En todas las estaciones existía en el andén un “gabinete telegráfico”, comúnmente conocido por “telégrafo”, de hecho hoy día aún se conserva el nombre escrito en algunas estaciones de la red secundaria. Por supuesto este “telégrafo” nada tenía que ver con el servicio telegráfico para el público.

En aquel entonces el problema principal era la mala construcción de las líneas, realizadas generalmente en armado vertical de las que aún hoy se pueden encontrar algunas, y la peor conservación de las mismas por escasez crónica de recursos. Las averías eran frecuentes y el servicio deficiente a pesar de la profesionalidad y dedicación de los responsables.

Al terminar la Guerra Civil, en los años 40, se unificaron y nacionalizaron todas las antiguas compañías privadas ferroviarias que estaban arruinadas, bajo el nombre de RENFE (Red Nacional de Ferrocarriles Españoles), incluyendo aquí todas las líneas del llamado ancho ibérico. Las restantes se agruparon en FEVE (Ferrocarriles Españoles de vía Estrecha).

A medida que van apareciendo los nuevos sistemas de comunicación y que el tráfico ferroviario aumenta es necesario añadir nuevas funciones, además de las comunicaciones relacionadas con la seguridad. Así, se desarrollan tanto las relacionadas con la explotación como las de uso general, contando a partir de ese momento con varios tipos de sistemas.

2.1. Comunicación relacionada con la seguridad

La comunicación escalonada era, y es, una comunicación exclusivamente de seguridad para establecer el “bloqueo” de la vía entre dos estaciones colaterales. Aunque este tipo de comunicación era tanto telegráfica como telefónica, con la llegada del nuevo siglo XX se empieza proporcionalmente a imponer el “bloqueo telefónico” por medio del popular teléfono “escalonado”, que aún subsiste hoy en día, aunque sólo sea como último recurso de emergencia en caso de fallo generalizado de otros sistemas más sofisticados de seguridad. En general, el circuito para el escalonado telefónico era un conductor de hierro, bronce o cobre, y retorno por tierra.

Este sistema primitivo de comunicación escalonada telefónica se empieza a aplicar desde 1900, completándose a partir 1922 con la telefonía selectiva, que es una comunicación de explotación que se define en el apartado siguiente.



Enclavamientos mecánicos de concentración de palancas

Fuente: El camino del tren: 150 años de infraestructuras ferroviarias

2.2. Comunicación relacionada con la explotación.

A medida que iba avanzando el siglo XX, las comunicaciones telefónicas no exclusivas de “seguridad o bloqueo” se fueron diversificando y multiplicando, por lo que hubo que implementar un nuevo circuito bifilar denominado de “sección”, que se establecía a todo lo largo de la línea, pero que sólo “entraba”, o tenía acometida, en las estaciones importantes. Era un sistema “abierto” donde “todos” podían comunicar con “todos” y la llamada se realizaba a través de un teléfono de magneto, mediante códigos de toques largos y cortos.

Existían, y todavía existen, dos filosofías de establecer las comunicaciones de explotación y, por tanto, de implantar las telecomunicaciones en el ferrocarril: la americana, orientada a las mercancías en grandes distancias y la europea, enfocada al tráfico mixto viajeros y mercancías. En España se seguía, por lo general, el modelo europeo. Entre los diferentes tipos de comunicaciones de explotación se pueden señalar los siguientes:



Mesa de comunicaciones de Lérida, donde se aprecia un conjunto de teléfonos, aparatos de cronometría y un telégrafo Morse

Fuente: El camino del tren: 150 años de infraestructuras ferroviarias

Dispatching

En el “dispatching”, conocido así por su origen americano, las órdenes de la circulación se centralizaban en el puesto de mando, conocido como agente regulador telefónico; si bien las comunicaciones de seguridad se seguían realizando a través de la comunicación escalonada.

Sin embargo, cuando en determinadas circunstancias se prescindía del personal en las estaciones, los enclavamientos de seguridad y el bloqueo del trayecto se integraban en una sola mesa, dando lugar al Control de Tráfico Centralizado o CTC.

Este sistema, muy común en Norteamérica, se introdujo en Europa de forma excepcional, con la “ayuda americana” de los años 50, en la línea Brañuelas–Ponferrada en 1953. Fue suministrado por General Railway Signal (GRS), y el puesto de mando se situó en Ponferrada.

Selectivo centralizado o “dispatching atenuado”

Cuando la densidad de circulación de trenes por una línea comenzó a ser importante, surgió la necesidad de implantar un Centro Regulador que estableciera las prioridades y “ordenara” el tráfico, sobre todo cuando por incidencias no podían respetarse estrictamente los horarios preestablecidos. Este Centro Regulador o Puesto de Mando de la línea no tenía responsabilidades en la “seguridad” de la circulación, que seguía reposando en el “escalonado”, y después en los diferentes sistemas de bloqueo automático y enclavamiento. Su función era la de coordinación y supervisión de la explotación. Para ello se dispuso de un circuito adicional bifilar de cobre de 3mm de diámetro, y de un equipo conocido popularmente como Western, fabricado por Standard Eléctrica, empresa perteneciente al grupo ITT (Internacional Telephone and Telegraph Co.).

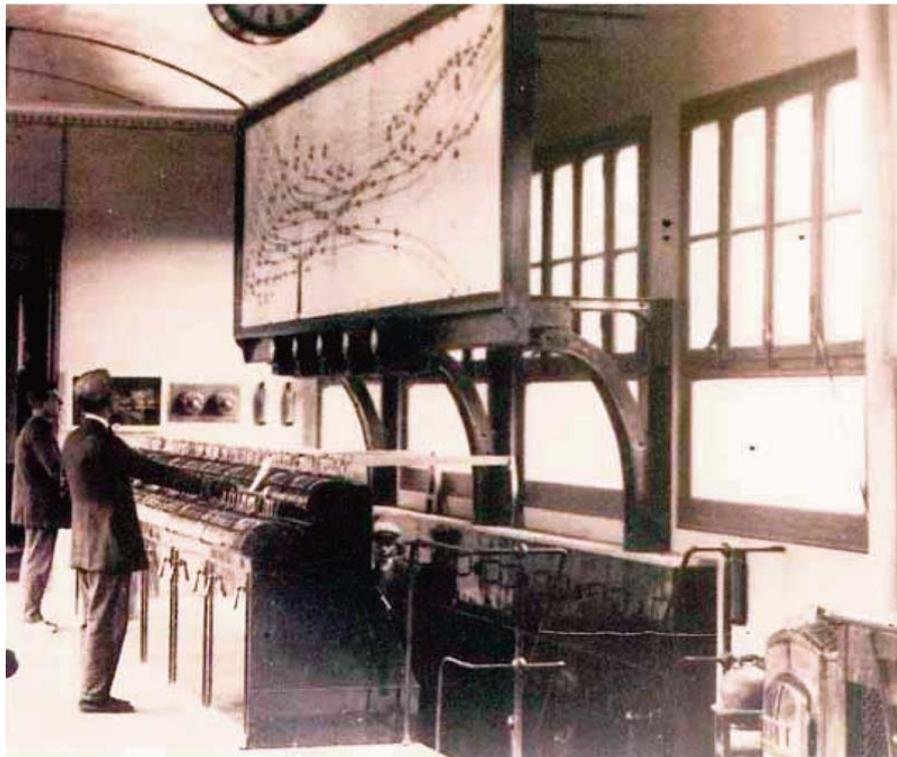
A través de este sistema se tenía acceso a todas las estaciones de la línea, mediante una llamada selectiva individualizada, o una llamada general realizada a través de un código de impulsos codificados que era detectado por el selector de cada estación. El sistema también era “abierto” y se le denominaba selectivo “centralizado” o “dispatching atenuado”, y se enmarcaba dentro del modelo

europeo. En este caso y a diferencia del control de tráfico centralizado, el agente regulador telefónico solamente coordinaba la explotación con los Jefes de estación y con los responsables de tracción, realizando un seguimiento constante de los trenes mediante unos gráficos elaborados manualmente. Esta es la diferencia esencial entre el “selectivo centralizado” (sin responsabilidad en la seguridad), y el CTC (Control Tráfico Centralizado), que sí asume la seguridad.

Es de justicia hacer mención a Antonio Gibert Salinas, quien no fue ingeniero de telecomunicación, pero al que se puede considerar el abuelo de las telecomunicaciones ferroviarias en España. En cierta ocasión comentaba que este sistema no sólo era de una extraordinaria utilidad en el uso ferroviario, especialmente en caso de accidentes, sino en muchas ocasiones ajenas al mismo. Recordaba como durante el movimiento revolucionario de 1934, vigilaba una noche desde la estación de Atocha, en Madrid, la marcha del Expreso Madrid-Barcelona. Al pedir noticias a Arcos de Jalón, le fueron saliendo “espontáneamente” los operadores de regulación de Torralba, Sigüenza, Baidés, etc, que lógicamente debían estar “a la escucha”. De esta forma en menos de tres minutos quedó enterado de la situación política en todos los pueblos del recorrido.

Selectivo descentralizado

Posteriormente el teléfono de cada aparato de “sección”, se convirtió en “descentralizado” al incorporar un dispositivo de llamada selectiva por disco, en lugar de la rudimentaria magneto. Sin embargo, seguía siendo una línea “abierta” compartida o “party line”, que aunque inicialmente utilizaban los Jefes de sección de línea (de ahí su nombre), después se hizo de uso general entre los diferentes servicios, como Vías y obras, Material rodante, Comercial, Mantenimiento, Subestaciones de electrificación, etc. Hoy en día este método ha sido remplazado por la telefonía automática convencional que ha eliminado los inconvenientes de un único circuito.



Puesto de mando de una estación desde donde se dirige el tráfico ferroviario
Fuente: 150 años de historia de los ferrocarriles españoles.

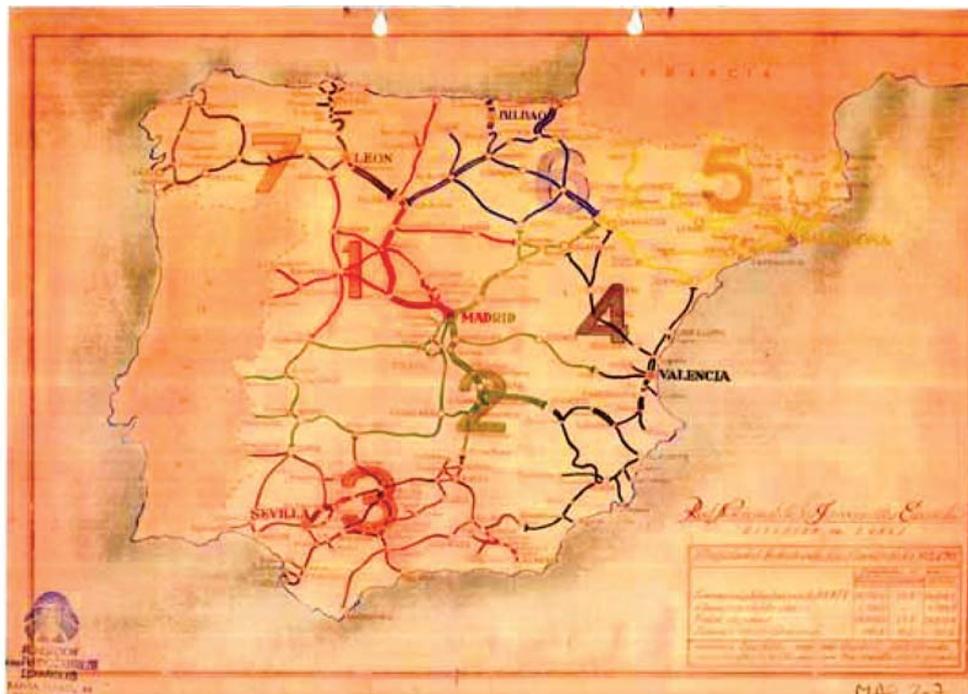
El selectivo descentralizado, que también seguía el modelo europeo, prescindía del puesto central o de mando, y permitía que sobre otro circuito bifilar diferente del centralizado, cualquier estación pudiera seleccionar por disco a cualquiera otra. Además en algunos puntos podía conectarse a una centralita telefónica automática o manual de uso exclusivamente ferroviario. El sistema usado en RENFE era de Siemens.

2.3. Comunicación relacionada con la gestión

A medida que va avanzando el siglo XX se empieza a mejorar la eficacia de los servicios ferroviarios con la inclusión de diversos sistemas de telecomunicaciones, que podríamos denominar convencionales o de gestión administrativa, como los comerciales, logísticos, o de mantenimiento, para diferenciarlos de los específicamente ferroviarios o de explotación, a los que nos hemos venido refiriendo anteriormente. De esta forma, las centralitas telefónicas, manuales o automáticas, de ámbito local fueron el origen incipiente de posteriores redes más amplias de ámbito zonal o nacional.

Durante un tiempo estuvieron coexistiendo las centralitas manuales, que desaparecieron entre los años 60 y 70, con las automáticas, que empezaron a instalarse entre los años 30 y 40 y que eran del tipo ROTARY de Standard Eléctrica. Estas centralitas se ubicaban en las cabeceras de las siete zonas en las que se había dividido el servicio ferroviario: Madrid (Príncipe Pío y Atocha), Sevilla, Valencia, Barcelona, León y Bilbao.

Sin embargo, el pésimo estado de las líneas dificultaba, cuando no impedía, los enlaces de larga distancia. Para soslayar el problema se diseñó en el año 1960, y posteriormente se instaló, una red de radio de onda corta, mediante emisoras ACEC, construidas en Charleroi (Bélgica). Tanto en el proyecto como en su ejecución intervinieron por primera vez ingenieros de telecomunicación de la propia RENFE, como Lerín o Borondo, entre otros.



Diferentes zonas en las que se dividía el servicio de Renfe

Es importante no olvidar que por entonces la tecnología punta se basaba en válvulas electrónicas, condensadores, resistencias, relés electromecánicos y cables de cobre con aislamiento de pulpa de papel y cubierta de plomo, aunque estos últimos nunca se utilizaron en el ferrocarril español.

Pero las comunicaciones para servicio general no sólo requerían la transmisión de voz, sino que en, muchos casos, se precisaba que fueran escritas por lo que al telégrafo clásico le vino a sustituir, en los años 50, una nueva forma de telegrafía: el teleimpresor o teletipo. Las comunicaciones por medio de un teletipo funcionaban a través de un circuito punto a punto desde una sala central en Madrid, en Príncipe Pío. La velocidad de transmisión en los circuitos telegráficos era de 50 baudios.

La mejora de la cantidad y calidad de los medios de transmisión de larga distancia tuvo así dos opciones:

Por un lado se encontraba la red de radio, ya mencionada, que supuso un despliegue rápido y comparativamente económico como inversión y como mantenimiento.

Las emisoras de radio se instalaron en todas las cabeceras de zona y estaciones importantes, que eran más de treinta y los canales de radio se utilizaban para transmitir telefonía y telegrafía, a 50 baudios, con una potencia de 250 vatios. Sin embargo, la tecnología al uso no permitió superar la inseguridad de la propagación en esas frecuencias, por lo que esta solución fue progresivamente abandonada y porqué no decirlo, muchos ferroviarios clásicos veían con recelo ese “misterio moderno” de la transmisión inalámbrica. Su fe estaba en lo que tocaban: los raíles y los conductores que están bien visibles y tangibles.

Por otro lado, se concentró un gran esfuerzo en la reconstrucción de líneas aéreas de hilo de cobre desnudo con la incorporación de circuitos bifilares de cobre y de sistemas de frecuencias de portadoras monocanales, tricanales y de doce canales, lo que supuso un proceso mucho más lento con inversiones elevadas, y un posterior mantenimiento complejo y problemático.

Con esta opción el selectivo descentralizado se usaba como “portador” de alta frecuencia colocando filtros separadores en las estaciones para los sistemas monocanales de Ericsson, e incluso de tres canales: los SOT de Standard Eléctrica. Para los sistemas de 12 canales, los “J” de Standard, se utilizaron circuitos de uso exclusivo.

2.4. Comunicaciones especiales

Una categoría aparte la forman las denominadas comunicaciones especiales, que se utilizaban para emergencias, accidentes, trabajos, o información, entre otras cosas. Dependiendo del tipo de comunicación a realizar se empleaban distintos tipos de tecnologías algunas de las cuales se describen a continuación.

Teléfonos portátiles

Estos teléfonos, que se empezaron a usar en los años 40, eran algo imprescindible para los maquinistas, y para el personal de conservación de la vía y de las instalaciones, al permitir la comunicación directa con el Puesto de Mando y con las estaciones donde estuviera establecida esta red. Para ello el maquinista se conectaba al circuito bifilar del selectivo centralizado, que se encontraba en la cruceta del poste, ayudado de una pértiga lo que le permitía la comunicación con el Puesto de Mando. El circuito bifilar al que se tenía que conectar era fácil de identificar al llevar dos placas metálicas bien visibles en la cruceta del poste.



Teléfono de campaña

Fuente: El camino del tren: 150 años de infraestructuras ferroviarias

Durante muchos años el único suministrador de este tipo de teléfonos, que eran del mismo tipo robusto que los de uso militar, fue Ericsson, aunque posteriormente, también lo fueron Standard Eléctrica y Revenga.

Estaciones radio móviles o transportables

Se trataba de las emisoras MARK de 25 vatios y tenían las mismas características que las militares: onda corta de 2 a 8 M c/s. Funcionaban a través de una transmisión “simple”, en la que la antena de emergencia era un hilo aislado de 20m y tenían un alcance unos 25 km que en condiciones favorables era mucho mayor. Se establecieron cuatro redes casi permanentes:

Madrid con Salamanca, Valladolid y Calatayud

Valencia con Albacete, Murcia y Barcelona

León con Monforte y Oviedo

Málaga con Almería

Fueron muy eficaces para agilizar los transportes de carbón en de la zona séptima (León), y de naranjas en las zonas cuarta (Valencia) y quinta (Barcelona), al comunicar la situación de estas mercancías.

“Pequeños” radioteléfonos portátiles

Los “pequeños” radioteléfonos portátiles se usaban para explorar la vía en caso de temporales, comunicando de esta forma con las estaciones contiguas. También se utilizaban para realizar trabajos en túneles largos y para facilitar el enfoque de las señales luminosas. Pero entre todas las funciones que tenía hay que destacar una comunicación importantísima que era la de “tren completo”. En los casos de doble tracción servían también para la coordinación entre las dos máquinas.

Estos radioteléfonos eran de Standard Eléctrica, tenían un tamaño de 38 x 9 x 15 cm y un peso 1,5 Kg. La banda en la que funcionaban era la de 5 a 6 Mc/s y tenían un alcance medio de 5 km., situándose su máximo en los 10 Km.

Megafonía

La megafonía se utilizaba tanto en las estaciones de viajeros, para orientar al público con informaciones diversas, como en las estaciones de clasificación y formación de trenes de mercancías. En este segundo caso, se usaban para dar instrucciones a los agentes dispersos en las enormes “playas” de vías.

Instalaciones en Talleres

En talleres de grandes dimensiones y espaciosa nave de mantenimiento y reparación de locomotoras y material móvil, como Atocha (Madrid), San Andrés (Barcelona), Valladolid, Villaverde (Madrid), Málaga, etc. se perdía un tiempo precioso buscando y encontrando a los agentes especializados o a sus superiores. Dada su constante movilidad el teléfono no servía, y los altavoces tampoco debido al ruido del ambiente. Así surgió en 1950 el denominado “busca” que fue un precursor de los modernos teleindicadores. Eran sencillos paneles en los que aparecía en grandes dimensiones el número iluminado de la persona “buscada”.

2.5. Comunicación relacionada con los sistemas de mando y control

A medida que va avanzando el siglo XX surgen otros sistemas. Se trata de los sistemas de mando y control centralizado, o “telemandos”, que se utilizan para subestaciones de electrificación, para seccionadores de catenaria, para enclavamientos y señales (CTC), para detección de anomalías (ejes calientes o caída objetos, entre otros), CTV, alarmas, por citar algunos. También se pueden incluir en este grupo los sistemas de comunicación permanente con los trenes en movimiento, como el sistema Radio Tren-Tierra, ó el GSM-R (GSM Railways) que se ha implantado recientemente.

3. Periodo de 1960 a 1975: Plan de Modernización y Planes de Electrificación.

Hasta el año 1960, los escasos recursos dedicados al ferrocarril se empleaban en los dos aspectos prioritarios: la vía, que estaba maltrecha por la escasa inversión en los últimos 30 años y el deficiente mantenimiento, y el material móvil como las locomotoras, los coches de viajeros y los vagones. Para el resto apenas quedaba dinero, y los teléfonos y los equipos telegráficos, y en general las telecomunicaciones, se veían afectadas por esta situación.

El servicio era deficiente e inseguro debido al estado de las líneas de transmisión, la mayoría de hierro de 4mm., con una sección real de 2, o incluso 1 mm., y en muchos casos unifilares con retorno por tierra. Se conservaba todavía la servidumbre heredada de las antiguas compañías ferroviarias, por la que RENFE debía conservar los conductores de los Telégrafos del Estado (Dirección general de Correos y Telégrafos) que se encontraban sobre los postes de RENFE. Estos conductores se identificaban fácilmente al ser de hierro y tener aisladores de porcelana, contrastando con los de RENFE que eran de vidrio, como los de la Compañía Telefónica Nacional de España (CTNE) y conductores de cobre o bronce.

La recuperación de España después de la etapa de posguerra, se tradujo en RENFE en el primer Plan de Modernización que se realizó a mediados de la década de los años 60. Importantes préstamos del Banco Mundial permitieron acometer mejoras sustanciales en telecomunicaciones centradas en cinco grandes apartados, que se van a resumir a continuación.

3.1. Mejora de líneas

Al ser la base de unas comunicaciones eficientes en calidad y fiabilidad, la mejora de líneas absorbió la parte más importante de los recursos financieros.

En 1965 ya se habían reconstruido más de 4.000 km., según unas Normas de Construcción realizadas en la División de Comunicaciones por Manuel Carvajal, ingeniero técnico de telecomunicación, que a su vez fue su principal director de obras, y que dependía de la División de Comunicaciones liderada por Mariano Puebla.

A partir de ese año comenzó a instalarse un cable de larga distancia entre Madrid e Irún. El cable lo fabricó Cables de Lyon tras un concurso internacional en el que también hubo varias adjudicaciones a Standard Eléctrica (Maliaño). Este cable era una novedad absoluta en España, ya que se trataba de un cable de cuadretes de cobre de 0,9 mm. con un aislamiento de polietileno celular, autosoportado en “8” con cobre de acero sustentador y cubierta PAP (Polietileno–Aluminio–Polietileno). El cable contaba también con una pantalla de aluminio para la protección ante las perturbaciones de la electrificación, cuyo plan específico se iba a acometer por esas mismas fechas. El equilibrado y empalme de este tipo de cable sólo lo conocía en España el personal de la CTNE (Telefónica) y para

Cuadro 4 ▼

Unidades de obras y adquisiciones más importantes contenidas en el Plan Decenal de Modernización

	Unidades	1964	1965	1966	1967	SUMA 1964-67	1968	1969	1970	1971	1972	1973	SUMA 1968-73	TOTAL 1964-73
VIA														
Renovación de vía	Kms.	600	770	860	950	3.180	990	990	970	800	420	170	4.340	7.520
ESTACIONES														
Clasificaciones principales	Número	—	—	—	2	2	1	—	—	3	—	—	4	6 ⁽¹⁾
Clasificaciones secundarias	Número	—	—	—	—	—	—	2	3	3	—	—	8	8
Estaciones Centro	Número	—	1	2	2	5	3	4	2	2	—	—	11	16
MATERIAL MOTOR														
Locomotoras de línea	Número	8	25	114	13	160	60	50	40	40	40	30	260	420
Locomotoras de maniobra	Número	30	45	58	55	188	25	12	—	—	—	—	37	225
TRENES DIESEL														
Trenes TALGO	Número	4	2	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	6
Trenes automotores rápidos (TAR)	Número	8	13	15	20	56	34	15	15	4	—	—	68	124
Trenes automotores ligeros	Número	—	—	15	—	15	—	—	—	—	—	—	—	15
MATERIAL REMOLCADO														
Coches metálicos de bogies	Número	157	100	100	54	411	70	35	35	20	20	10	190	601
Furgones metálicos	Número	62	6	13	—	81	2	6	5	2	—	—	15	96
Vagones ordinarios y especiales	Número	1.450	1.700	2.000	2.100	7.250	2.000	2.040	1.050	800	518	256	6.664	13.914
TALLERES Y DEPOSITOS DE MATERIAL Y TRACCION														
Talleres	Número	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1 ⁽²⁾
Depósitos	Número	—	2	—	—	2	1	—	—	—	—	—	1	3 ⁽³⁾
TELECOMUNICACION														
Mejora de líneas	Kms.	349	380	400	420	1.549	450	440	420	400	350	250	2.310	3.859
Teletipos	Número	60	60	60	50	230	40	—	—	—	—	—	40	270
Aparatos de alta frecuencia	Número	25	20	20	16	81	12	8	—	—	—	—	20	101
INSTALACIONES DE SEGURIDAD														
Señalización luminosa	Número	2	32	30	30	94	30	30	30	—	—	—	90	184
C.T.C.	Kms.	—	130	122	87	339	66	37	20	20	—	—	143	482
Bloqueo automático luminoso	Kms.	164	45	86	70	365	70	70	85	85	85	71	466	831
Bloqueo manual	Kms.	25	115	109	130	379	130	130	120	120	110	100	710	1.089
Telemandos y enclavamientos	Número	—	2	2	5	9	5	5	5	4	4	4	27	36
ELECTRIFICACION														
Nuevas líneas electrificadas	Kms.	—	346	—	—	346	251	—	504	—	—	—	755	1.101
Locomotoras eléctricas	Número	6	11	—	—	17	—	2	22	3	13	12	52	69
Unidades de tren	Número	—	10	10	—	20	—	11	12	15	15	10	63	83
Remolques para unidades de tren	Número	—	25	30	35	90	42	—	—	—	—	—	42	132

(1) Estaciones de clasificación: Vicálvaro y Zaragoza (1967); Córdoba (1968); León, Miranda y Albacete (1971).

(2) Talleres de Material y Tracción. Taller Central de Tracción diesel y eléctrica de Villaverde (1966).

(3) Depósitos de Material y Tracción. Depósito de tracción diesel de Granada (1965); Idem de Valencia (1965); Idem de Zaragoza (1968).

Unidades de obras y adquisiciones más importantes contenidas en el Plan Decenal de Modernización
Fuente: RENFE, Plan decenal de modernización, recogido en 150 años de historia de los ferrocarriles españoles.

solventarlo se colocó en los extremos de los rollos de cable, que tenían 460 m de longitud, semiconectores enchufables en campo. El cable se empezó a instalar en España en 1967, siendo RENFE la pionera.

Ciertos cuadretes se “cargaban” con bobinas Pupin (H-66) cada 1.840 m. para reducir la atenuación y conseguir una respuesta plana en audiofrecuencia. Sin embargo, la pupinización actuaba como un “filtro paso bajo” y sólo se usaba para comunicaciones de voz en baja frecuencia y con repetidores de “4 hilos”, que daban servicio al selectivo centralizado (Puesto de Mando), el descentralizado de uso general, y el descentralizado para uso exclusivo de las subestaciones rectificadoras de electrificación.

Por otro lado, los circuitos “no cargados” se usaban para el “teléfono escalonado” entre estaciones, los circuitos de vía, el telemando de las subestaciones, la cronometría, la telefonía automática y para sistemas de “portadoras” como el “K” de Standard Eléctrica y posteriormente los MIC (Modulación Impulsos Codificados). A partir de los años 80, uno o varios de estos cuadretes se destinaron a la comunicación en “audio” del sistema de radio móvil Tren-Tierra, que tenía carácter analógico, siguiendo la norma de la UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles), como luego se verá.

Concluido el Plan de Modernización con financiación internacional, RENFE continuó desarrollando varios programas de electrificación que alcanzaron toda la Red Principal, el 60% de las líneas, siempre con cables autoportados, aunque modificados. Por ejemplo, los cazadores demostraron ser un enemigo mortal al comenzar el otoño, por lo que la “blanda” cubierta PAP, debió pasar al EAPSP (Estanca de Polietileno-Aluminio-Acero-Polietileno) para evitar la entrada de perdigones y de agua. Sin embargo, cuando ésta o la humedad se introducían en el cable circulaban libremente por él como si de una tubería de plástico se tratase, modificando la capacidad entre los conductores y el aislamiento y, en definitiva, las características de transmisión. Por este motivo, se inyectó en el interior de los cables “gel de petróleo”, petrolato, que bloqueaba el paso del agua.

Así se completó la red de cables autoportados de RENFE que llegó a cubrir casi 2.000 km. Las formaciones eran 7, 10, 12, 14, 19 y 25 cuadretes en estrella y todas las líneas electrificadas fueron dotadas de cables.

Esta larga tarea de la implementación de la red de cables fue desarrollada por dos ingenieros de telecomunicación. Iniciada y desarrollada en su primera fase por Víctor Reviriego fue completada ampliamente años más tarde por Santiago Cobo.

3.2. Teletipos

En RENFE comenzaron a utilizarse los teletipos en 1959 en los departamentos de Movimiento, Comercial y Controles de Dirección (primitiva Informática), así como también en la Dirección general y en las Direcciones de las siete zonas.

La transmisión era a 50 Baudios, mediante enlaces punto a punto, realizada a través de canales telegráficos por líneas o cables propiedad de RENFE, con retransmisión de la cinta perforada en los casos necesarios.

3.3. Comunicaciones en alta frecuencia

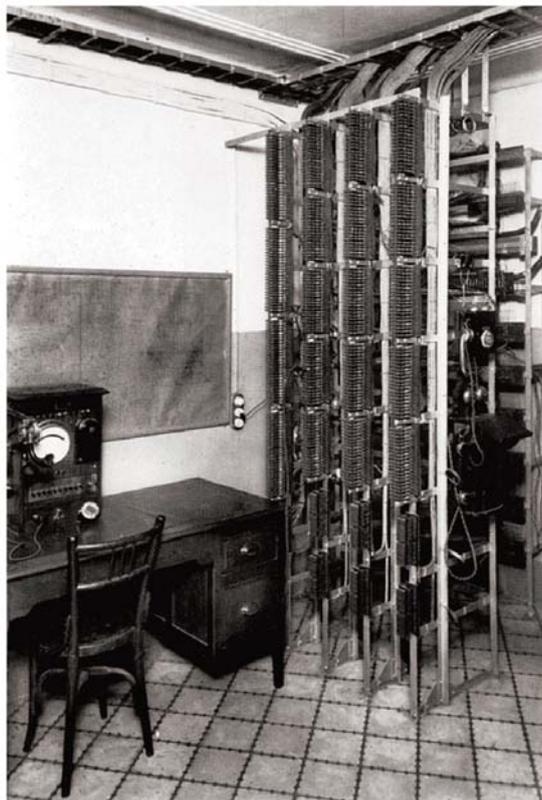
Estas comunicaciones eran necesarias para cubrir las largas distancias, tanto de telefonía (voz), como de telegrafía (teletipos), y se realizaba a través de las líneas aéreas o de los cables autoportados con los equipos de tres canales y doce canales.

Enlazaban la Dirección General y organismos centrales (Movimiento, Material y Tracción Comercial, etc), con las cabeceras de zona, comunicando también los Puestos de Mando. De estos últimos había uno Principal y varios Auxiliares en cada una de las zonas.

3.4. Puesto de mando y centrales telefónicas

Un aspecto importantísimo que cubrió el Plan de Modernización fue precisamente la “modernización” de los Puestos de Mando del Selectivo Centralizado. Se sustituyeron todos los Principales, que coincidían con las siete cabezeras de zona: Atocha, Príncipe Pio, Sevilla, Valencia, Barcelona, León y Bilbao, por otros de tecnología a relés, que incorporaban una incipiente electrónica de los años 60. El fabricante, Jeumont-Schneider, era el mismo que suministraba estos equipos a los SNCF, ferrocarriles franceses, y estaba representado en España por LIENA, que posteriormente, sería ENA. El otro vástago de LIENA fue SINTEL, que se convertiría en el instalador de la CTNE.

En las líneas dotadas de cable, la transmisión en audiofrecuencia dejó de ser bifilar, para usar un cuadro de un par para la emisión, otro par para la recepción, y el circuito “fantasma” del cuadro para transmitir el código selectivo de llamada a 50 Hz. La mayor atenuación del cable obligó a disponer de repetidores, a cuatro hilos, cada 50 km. Lo mismo sucedió con el selectivo descentralizado. De esta forma los circuitos bifilares de hilo desnudo se sustituyeron por cuadros y los equipos de estación centralizados (Western), descentralizados (Siemens) y escalonados de magneto lo fueron por modernos pupitres-centralita donde se integraban en un sólo aparato todas las comunicaciones de la estación. En este capítulo tuvo un papel destacadísimo el ingeniero de telecomunicación Rafael Cano, que también dependía del departamento de Mariano Puebla.



Puesto de alta frecuencia en la línea Córdoba Sevilla
Fuente: El camino del tren: 150 años de infraestructuras ferroviarias

Como curiosidad hay que mencionar que en la mentalidad “conservadora” de aquellos agentes ferroviarios, la sustitución del entrañable y arcaico “Western” por un moderno sistema “casi electrónico”, no fue acogida, precisamente, con entusiasmo, lo mismo que había sucedido con los cables.

En este apartado también debemos incluir las numerosas instalaciones megafónicas de información, la nueva cronometría en las estaciones importantes, con relojes sincronizados con un par de cable desde centrales horarias y relojes patrón y los primeros teleindicadores automáticos: TeleNorma y Solari. Mención aparte merecen las entonces modernas centrales automáticas, sistema “Pentomat” (barras cruzadas) de Standard, que eran la versión privada de las centralitas Pentaconta y que comenzaron a sustituir a las vetustas “Rotary”. Posteriormente se empezaron a implantar lo que era “el último grito” en centralitas: las “Cross-point” de Siemens, todavía electromecánicas.



Vista general del puesto de mando Madrid Atocha
Fuente: El camino del tren: 150 años de infraestructuras ferroviarias

3.5. Normalización, Formación y Mantenimiento

En la década de los 60 se hizo un considerable y meritorio esfuerzo en la preparación de Normas y Especificaciones, que sirvieran para el personal propio, en temas de formación y mantenimiento, y para la contratación, que se hacía siempre por concurso público. En este sentido, se colaboró intensamente con la Dirección de Organización, Métodos y Formación en la preparación de cursos, e impartiendo clases teóricas y prácticas. También se sentaron las bases de un Mantenimiento organizado y sistemático con personal y medios propios; fue el “Libro Verde” que elaboró el ingeniero de telecomunicación Manuel Borondo, con la colaboración de todo el personal de la División de Comunicaciones y, en especial, del ingeniero técnico Manuel Brizuela.

También en esta etapa, los oficiales de comunicaciones y ayudantes de línea que actuaban aisladamente fueron agrupados en sectores al mando de un encargado, al mismo tiempo que se les dotó de vehículos propios, que les daban autonomía y flexibilidad. Se creó también la categoría de oficial especialista, existiendo cuatro especialidades diferentes.

Finalmente RENFE, que venía participando en diversas “comisiones técnicas” en el seno de la UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles), con sede en París, comenzó a hacerlo también en el marco de

las telecomunicaciones, designando como representante al Ingeniero de telecomunicación Víctor Reviriego, que nada más incorporarse a su puesto, fue elegido para presidir uno de los grupos de trabajo, precisamente el Grupo Radio, cargo que desempeñó hasta su salida de RENFE en 1988. Entre otras muchas realizaciones, este grupo estableció la Norma de obligado cumplimiento (Ficha 751) para las comunicaciones Tren-Tierra, que están operando en muchas líneas de Europa, y en todas las importantes de España. El sistema era analógico, permitía la voz y los datos y funcionaba en la banda de 460 Mhz.

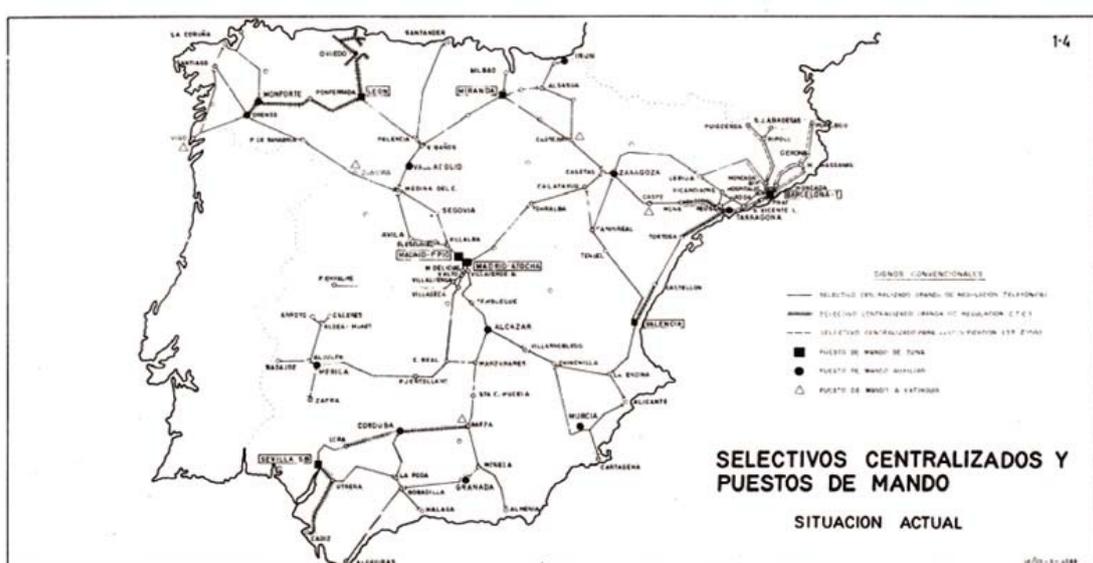
Esta norma sigue estando operativa, si bien recientemente la UIC ha aprobado un nuevo sistema digital, el GSM-R, que además se utilizará para la Seguridad y Control de trenes, por el sistema ERTMS (Nivel 2). European Railways Traffic Management System.

4. Período de 1975 a 1985: Las Innovaciones tecnológicas

En los años 60 se hicieron los primeros intentos para que el servicio de las telecomunicaciones ferroviarias pasase a formar parte de la CTNE. Sin embargo, es en este período con el desarrollo acelerado de la teleinformática y con las redes de transmisión de datos cuando se produce en este sentido una tremenda ofensiva a los más altos niveles.

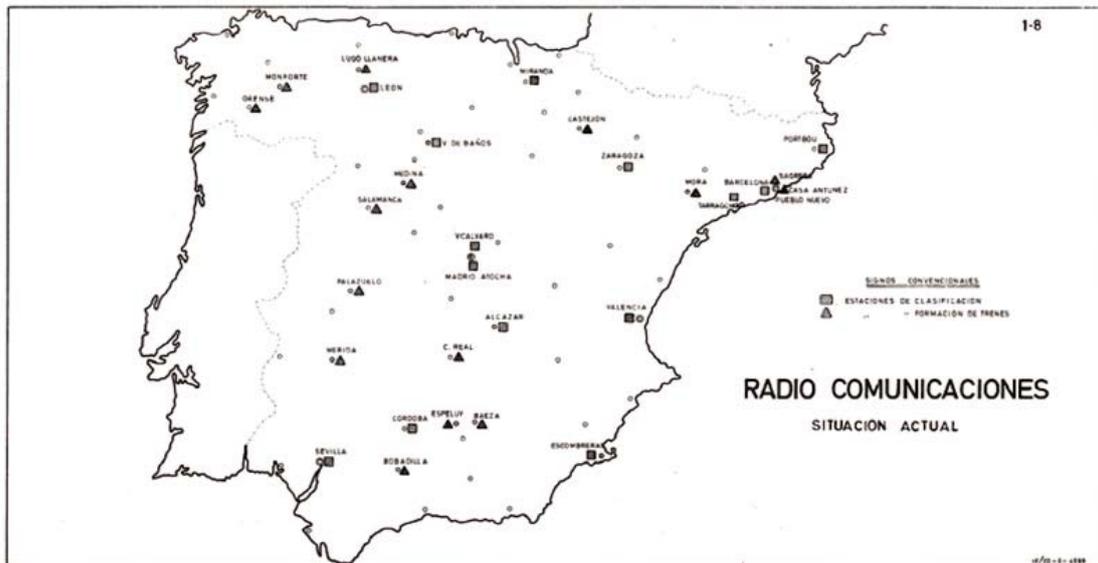
Hay que considerar que RENFE, con un tráfico telefónico y de teletipo de gran volumen a nivel nacional, regional y local, era además un cliente potencial importantísimo para los servicios de transmisión de datos, ya fueran punto a punto, o a través de X-25.

Tras algunos titubeos y negociaciones, RENFE optó por continuar desarrollando su propia red, que en esta década tuvo un desarrollo espectacular cuantitativa y cualitativamente hablando¹. Una especie de edad de oro, en la que destacan los estudios, arranque y desarrollo de hitos tan importantes como las comunicaciones Tren-Tierra, las centralitas de conmutación electrónica (espacial y temporal), el



Selectivos centralizados y puestos de mando, década de los años ochenta
Fuente: Víctor Reviriego

¹ Este hecho resultó muy interesante cuando se produjo la liberalización de las telecomunicaciones, al poder ofertar la red más completa y extensa de España, después de la de Telefónica, convirtiéndola, de esta forma, en un saneado negocio "extra-ferroviario", que a la vez cubría eficazmente las necesidades internas de la compañía.



Radio comunicaciones, década de los años ochenta
Fuente: Víctor Reviriego

cable coaxial, el cable de fibra óptica, la automatización de la red de teletipos, el telefax, la transmisión de datos, los detectores de caldeos, el centro de control de telecomunicaciones. etc. algunos de los cuales se detallan a continuación.

El hecho de que la red de telecomunicaciones de RENFE siguiera siendo independiente de la red de CNTE se debió a varias razones. Por un lado, la extensión y características de la red de RENFE la hacían interesante como red para la Defensa Nacional, ya que, aunque modestamente, era una alternativa civil a la de la CTNE, e incluso a la de Telégrafos. Por otro lado, la CTNE sólo estaba interesada en los servicios de telefonía general (convencionales), teletipos y de datos, pero no quería hacerse cargo de los sistemas específicamente de operación ferroviaria (selectivos, escalonados, telemando, etc.) lo que le habría obligado a mantener una red especializada de líneas y cables para transmisión de dicho servicio. La labor de eficaz colaboración y mutuo beneficio que se venía desarrollando desde hacía años con la Dirección de Correos y Telégrafos, se fue materializando en esta década con la instalación y explotación conjunta de diversos radioenlaces por microondas, el primero de los cuales fue el de Madrid-Zaragoza, de Telettra, en los que se compartían costes de inversión y gastos de mantenimiento, también ayudó a mantener la independencia de esta red, respecto a las aspiraciones de CTNE. Por último, la propia UIC recomendaba encarecidamente que las empresas ferroviarias dispusieran de una red propia de telecomunicaciones, independiente de las redes públicas comerciales (Reunión de París de 1966).

En esta época hay que destacar la importancia que tuvieron los enclavamientos electrónicos. Hasta los años 80 este campo estaba acotado al ámbito de los enclavamientos a relés. Enclavamientos son dispositivos, basados en normas y procedimientos, que permitían la circulación o estacionamiento de trenes en estaciones o en trayectos con unas condiciones de “seguridad intrínseca” o “fail safe”. Ante cualquier fallo se aumentaba la seguridad a través técnicas de ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica o informática. Los “enclavamientos” se consideraban un tabú reservado para los especialistas de la “seguridad intrínseca”, o “fail Safe”, y era defendido a capa y espada como un reducto inexpugnable por este gremio. Pero también en este campo “casi sagrado” irrumpieron las empresas e ingenieros de telecomunicación españoles, que tras superar enormes obstáculos y dificultades, casi siempre “artificiales”, lograron un éxito histórico en el ferrocarril español al conseguir la homologación de un enclavamiento electrónico, totalmente español: ELIOP, COBRA y ENYSE.

4.1. Tren-Tierra

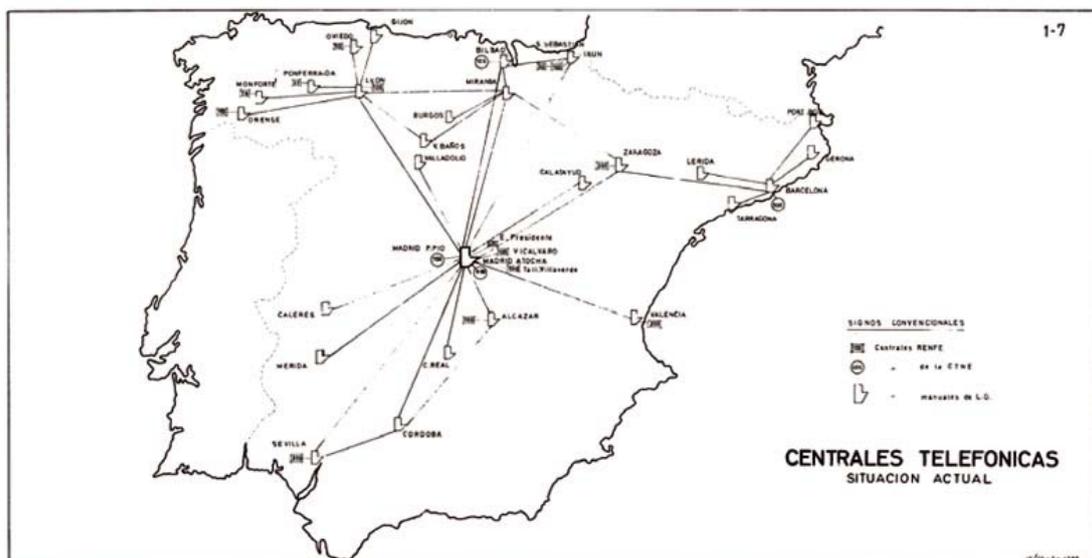
Estaba comprobado que ciertos accidentes ferroviarios, como los choques o los alcances, podían ser evitados mediante una comunicación entre el Puesto de Mando y el maquinista del tren en circulación. Se habían hecho diversos estudios, y algunos ensayos piloto. Concretamente dos: uno de radio, que seguía la norma de la UIC y que ya se ha mencionado, y otro utilizando la “catenaria”, hilo de contacto de tracción, como soporte de un sistema de alta frecuencia, en la línea Madrid-Villalba-Escorial. Finalmente se convocó un concurso. La adjudicación al sistema UIC fue muy debatida y se tomó una solución casi salomónica: los equipos de tierra se adjudicaron a Standard Eléctrica, que estaba empezando a equipar la red belga (SNCB) y los equipos móviles (de abordó) a AEG-Telefunken, que había equipado toda la red alemana de la DB. Sin embargo, se pidió a Standard que suministrara algunos equipos embarcados, y a AEG que instalara los puestos fijos de tierra en el trayecto más complicado para la propagación radioeléctrica: León-Gijón, que se puso en servicio entre 1982 y 1983.

En fases sucesivas se fue dotando con este sistema a todos los trenes y todas las líneas de la red principal. En la actualidad todo el equipamiento es de Alcatel, habiéndose realizado la última adquisición importante para el AVE Madrid-Sevilla en 1992. Recientemente se ha sustituido por el nuevo GSM-R de Siemens.

4.2. Centralitas telefónicas

En este periodo se fue completando lentamente la automatización telefónica con centrales de hasta 2.000 líneas de capacidad de Standard y Siemens. La topología se basaba en unas centrales “nodales” o de tránsito, con un sistema de numeración cerrada de cinco cifras.

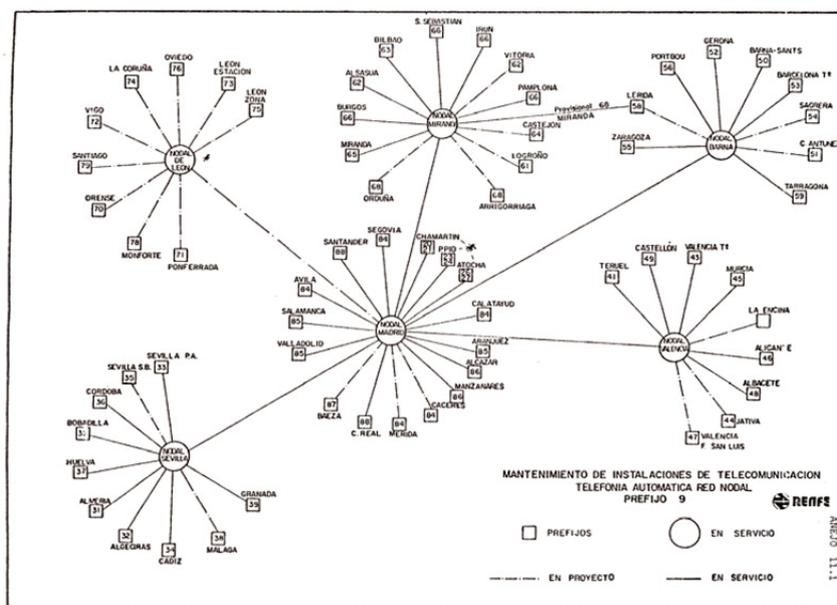
Hay que destacar que en 1976, y en plan experimental, se instaló en Sans (Barcelona) la primera central electrónica de tecnología digital que funcionó en España. Fue suministrada por Jeumont-Schneider y era idéntica a otra de 600 extensiones que tenía SNCF, los ferrocarriles franceses.



Centrales telefónicas, década de los años ochenta
Fuente: Víctor Reviriego



Sala de operadoras de centralita telefónica
Fuente: El camino del tren: 150 años de infraestructuras ferroviarias

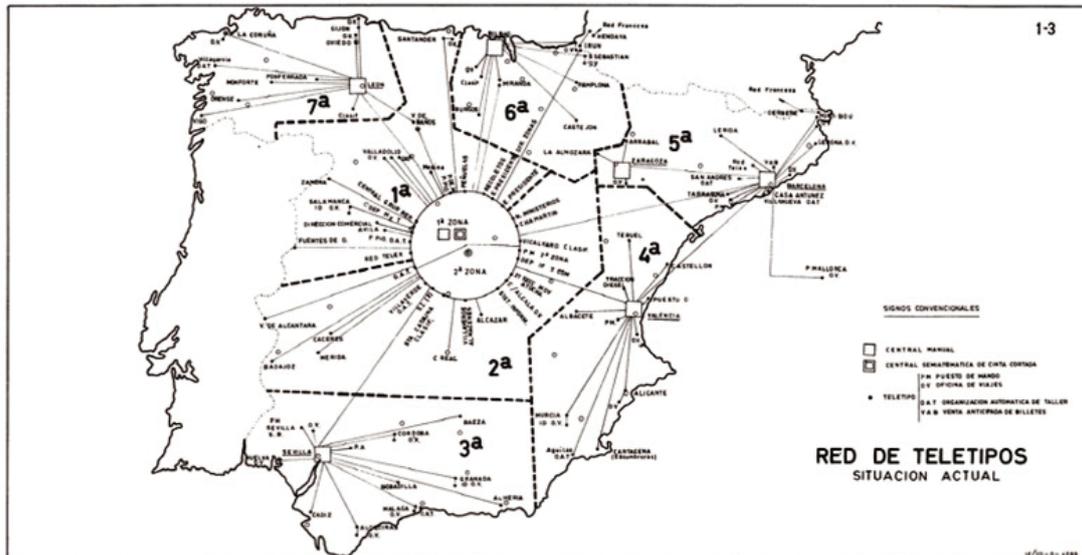


Mantenimiento de instalaciones de telecomunicación. Telefonía automática red nodal, década de los años ochenta
Fuente: Víctor Reviriego

4.3. Cables

En esta etapa se continuó con la instalación de cables de cuadretes que, en general, eran subterráneos y se tendió el único cable coaxial que ha existido en RENFE entre Madrid y Alcázar (150 kms).

Por otro lado, en 1982 RENFE debía enlazar las nuevas centrales telefónicas de Chamartín y Atocha, ambas en Madrid con una distancia de 9,5 km. En el túnel que las une, conocido con el nombre de “tubo de la risa”, circulaban las nuevas unidades eléctricas que producían perturbaciones. Por ello, y aunque la fibra óptica era, por entonces, una perfecta desconocida, se decidió enlazarlas mediante un cable portador de cuatro fibras ópticas, que hubo que empalmar en el túnel y de noche. Fue el primero de España en estar operativo y en uso real, por lo que se convirtió en un éxito y un precedente.



Red de teletipos, década de los años ochenta
Fuente: Víctor Reviriego

4.4. Automatización de los teletipos.

El sistema de retransmisión manual de las cintas perforadas que se realizaba en las “salas de teletipos”, en Príncipe Pío había más de 80 máquinas, resultaba lento e inseguro debido al volumen de tráfico. La automatización se consiguió mediante los Centros de Gestión de Mensajes (CGM) por ordenador. Se instaló uno en Madrid y otros cinco en las zonas periféricas que permitían el “almacenamiento inmediato” del mensaje recibido y el “reenvío” al destinatario tan pronto como éste tuviera la línea libre. El suministrador fue SAGEM, y los responsables en RENFE fueron Luis García-Tassias y Jesús González Roldán, que también lo fueron del Centro de Control de Telecomunicaciones de Atocha, del que se habla a continuación.

4.5. Centro de Control de Telecomunicaciones

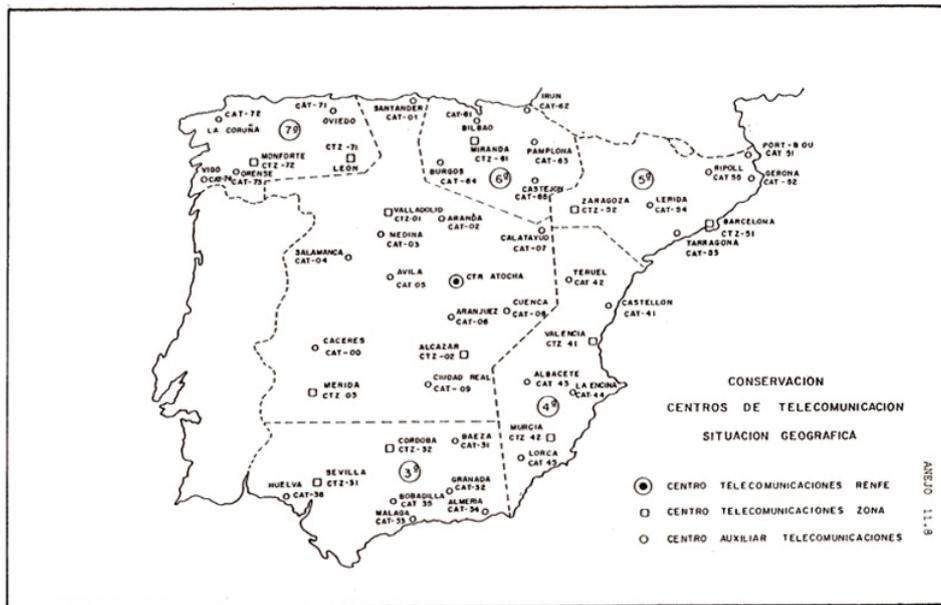
La envergadura de la Red de RENFE y su complejidad aconsejaban concentrar el control y supervisión de los sistemas de telefonía, telegrafía (50 Baudios), y datos (hasta 9.600 bps) en un espacio apropiado.

En Atocha existía un antiguo edificio de dos plantas con un sótano abandonado desde hacía años, invadido por la miseria y las ratas. Su emplazamiento era el idóneo, por lo que tras una larga y costosa rehabilitación se transformó en el flamante Centro de Control de Telecomunicaciones, CCT, en el que, además de alojar el CGM, se colocaron todos los sistemas terminales de alta frecuencia y larga distancia que convergían en Madrid.

Su importancia y eficacia fueron aumentando con el tiempo y hoy día es una instalación modélica, orgullo de los ingenieros de telecomunicación y demás técnicos de RENFE.

4.6. Transmisión de Datos

RENFE fue pionera en España en el uso de ordenadores y en la utilización de la informática a finales de los 50, anticipándose incluso a los bancos y líneas aéreas.



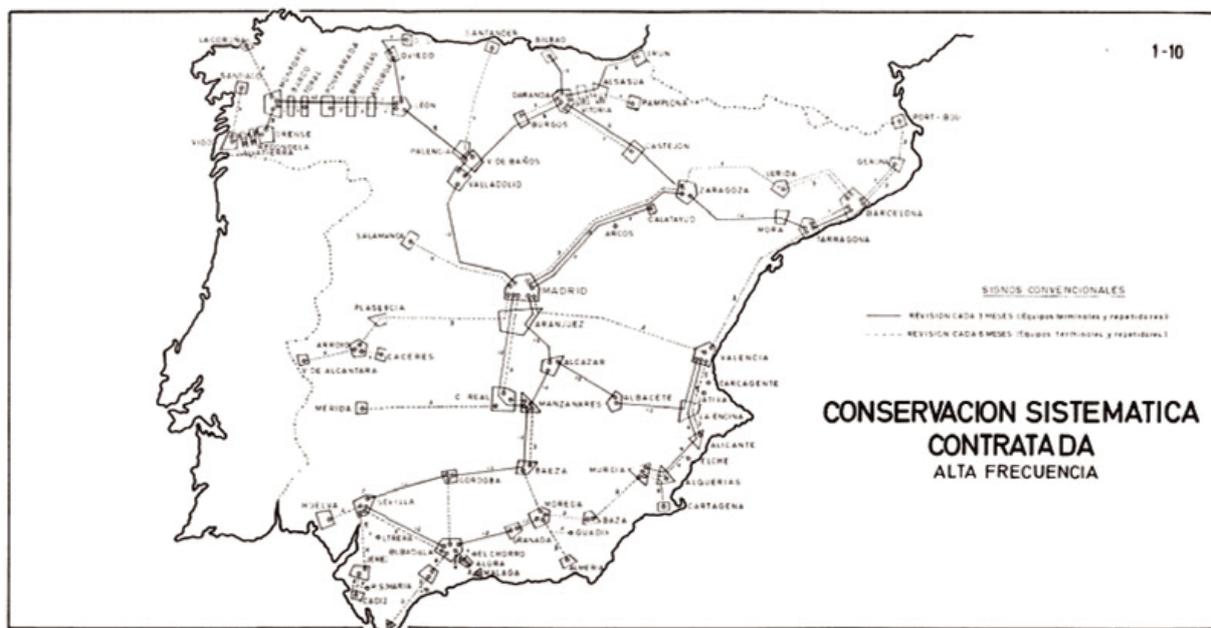
Conservación de centros de telecomunicación. Situación geográfica, década de los años ochenta
Fuente: Víctor Reviriego

Las primeras aplicaciones eran puramente administrativas y se dedicaban a funciones relacionadas con las nóminas o la contabilidad; pero a mediados de los años 60 el ya mencionado Departamento de Controles de Dirección, luego denominado Sistemas de Información, se embarcó en una innovación que nadie en Europa había intentado antes: la venta anticipada de billetes, con inclusión de la reserva del asiento, que basado en ordenadores de Siemens, se puso en servicio dos años después: en 1967.

Al principio, los teleimpresores trabajaban con canales telegráficos, de 75 Baudios; pero posteriormente la velocidad se aumentó a 300/600 bps. Los circuitos de RENFE no ofrecían, por aquel entonces, la calidad y fiabilidad necesarias para un sistema que trabajaba de cara al público en tiempo real, motivo por el cual se alquilaban circuitos “punto a punto” a la CTNE (Telefónica). Sin embargo a partir de los años 80 el número de circuitos de RENFE de 1.200/2.400 para esta aplicación comenzó a incrementarse por lo que el número de circuitos alquilados a la CTNE comenzó a disminuir.



Factora de circulación en puesto de telefonía CTC
Fuente: El camino del tren: 150 años de infraestructuras ferroviarias



Conservación sistemática contratada, década de los años ochenta
Fuente: Víctor Reviriego

Especial importancia tuvo la primera interconexión internacional que se hizo de este tipo, cuando RENFE dispuso en París varios pupitres de su venta electrónica y la SNCF lo hizo a su vez en Madrid. Para esta comunicación se utilizaron exclusivamente circuitos propios de las citadas compañías ferroviarias. Años después y bajo los auspicios de la UIC se constituyó en Europa la primera red específicamente ferroviaria de transmisión de datos: HERMES.

Durante años RENFE estudió la optimización de la gestión de mercancías mediante sistemas informáticos. En Europa sólo los Ferrocarriles Británicos (BR) tenían un sistema consolidado y eficiente: el TOPS. Este sistema se analizó a fondo, pero se desechó, desarrollando finalmente RENFE el suyo propio, denominado SACIM (Sistema Automatizado de Control e Información de Mercancías) en el que Juan Domínguez Montes, ingeniero de telecomunicación del Departamento de Informática, tuvo un papel destacadísimo.

Sin embargo el TOPS inspiró tres ideas técnicas que luego tuvieron un desarrollo precoz en RENFE: el telefax, para envío inmediato de los “boletines de transporte y de carga”, del que se habla en el siguiente apartado; el CDC (Central Data Control), que marcó la pauta del CCT de Atocha, y que ya se ha comentado; y la “fibra óptica” que ya había comenzado a instalarse junto a las vías férreas británicas. Ésta era una consecuencia de la “liberalización” del mercado de las telecomunicaciones en Gran Bretaña. La empresa Galaxy, competidora de British Telecom, heredera del famoso British Post Office, tenía un acuerdo con BR (British Rail) para colocar cables de fibra óptica en terrenos ferroviarios, a cambio de la cesión del uso de algunas fibras.

Aunque en España estaba aún lejano el final del monopolio de la CTNE, la constatación de que esta tecnología estaba bien consolidada y operaba sin problemas, sirvió para que RENFE colocase en 1982 el primer cable de fibra óptica, como ya se ha comentado.

4.7. Telefacsimil (telecopiadoras)

Esta técnica sólo la usaban en España las agencias de prensa e información. Con motivo de las visitas al TOPS, se vislumbró el interés que el uso del fax podría tener, utilizando como medio de transmisión la red de telefonía analógica de RENFE. La primera aplicación fue de uso exclusivo del servicio de telecomunicaciones, aunque inmediatamente se extendió a todo tipo de instalaciones (señalización, catenaria y subestaciones). Se bautizó con el nombre de SETRA “SEguimiento y TRatamiento de Averías”. Era un sistema de control centralizado y cada vez que ocurría una avería o incidencia en alguna instalación, el operario debía abrir un “parte”, que inmediatamente se transmitía por fax al CCT de Atocha, donde era registrado y procesado. Cuando el “parte” se cerraba se enviaba de nuevo un fax. De esta forma se tenía una información en tiempo real sobre cualquier anomalía de la red y una información estadística “riquísima” sobre la calidad del mantenimiento y de las instalaciones, con datos como la frecuencia de las averías, las causas, los lugares, el tipo de equipamiento, o el tiempo medio de reparación, entre otros.

La acogida del fax fue muy buena y enseguida se generalizó en RENFE, queriendo en 1981 todas las Direcciones, Departamentos y Zonas tener un terminal. Los primeros fueron de la casa Muirhead, pero poco después la gran mayoría eran japoneses de Fujitsu y un año más tarde ya se tenía desplegada y operativa una red con más de setenta terminales por toda España.

Mientras tanto en España aún no se había regulado este nuevo servicio y la CTNE (Telefónica), y Correos y Telégrafos se consideraban candidatas a prestarlo. Transcurrido más de un año la Dirección General de Correos y Telégrafos instaló un terminal en el Palacio de Comunicaciones de Madrid, situado en la plaza de Cibeles, y otro en Barcelona, en la Plaza Antonio López. Los ciudadanos que deseaban utilizar aquella “maravilla” debían desplazarse hasta la oficina correspondiente.

4.8. Sistema de detección de anomalías en la circulación de trenes.

La Dirección de Material Rodante siempre había tenido la inquietud de evitar la rotura de algún eje o rueda, para remediar posibles descarrilamientos o accidentes, con o sin víctimas y, en cualquier caso, los elevados costes económicos que eso suponía y los retrasos graves en el tráfico de trenes.

Existía una forma de detectar esos defectos o calentamientos indebidos. Habitualmente se hacía coincidiendo con las paradas periódicas en algunas estaciones. Un agente de material iba palpando y golpeando con un martillo metálico y un sonido anormal acusaba cualquier defecto peligroso.

En los años 70 la Dirección de Innovación de RENFE hizo algunos ensayos, pero es en la década que nos ocupa cuando se instalan estos dispositivos en determinados puntos estratégicos de la red, que actuaban desde un emplazamiento próximo a la vía midiendo la radiación infrarroja emitida por las cajas de grasa de los ejes, que era captada mediante detectores. La temperatura correspondiente a cada eje se transformaba en impulsos, que se transmitían por cable telefónico al equipo registrador de control de la estación inmediata. Si alguna temperatura sobrepasaba el umbral preestablecido, se disparaba una alarma, y el Jefe de Estación decidía si el tren debía ser detenido para su revisión.

Progresivamente se fueron implementando otros muchos sistemas de detección relacionados con los defectos de pantógrafo, los defectos de la catenaria, la caída de objetos a la vía, los defectos de carril o los planos en ruedas, entre otros.

5. Periodo 1985 a 2005: La alta velocidad y el “negocio” de las telecomunicaciones ferroviarias.

5.1. La Alta Velocidad Española (AVE)

En este periodo se produce un hito trascendental en el ferrocarril español: la aparición de una nueva estrella llamada Alta Velocidad.

El acceso a Andalucía desde la meseta pasaba por un cuello de botella en Despeñaperros con un largo tramo de vía única, vulnerable a numerosas incidencias y con un tráfico muy intenso diurno de trenes de mercancías y nocturno de viajeros. En 1978 se estudiaron diversas alternativas para solucionar las constantes congestiones de tráfico y fue elegida la propuesta del ingeniero de telecomunicación José M^a Muñoz Aza, denominada variante de Brazatortas- Córdoba, que culminó con el denominado NAFA (Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía) aprobado en 1979 inicialmente y diseñado para una velocidad de 160 km/hora. Poco después de ser adjudicadas las obras en 1989 se decidió el cambio de ancho de vía a 1.435 mm (ancho europeo) y se le llamó AVE, Alta Velocidad Española, que significó una solución revolucionaria en muchos aspectos.

Las obras tuvieron un ritmo impresionante y el 20 de abril de 1992, coincidiendo con la Exposición Universal, se puso en servicio el nuevo tren que cubría el trayecto Madrid Sevilla. El trazado permitía una velocidad comercial de 250 km/h, con algún tramo de 300 km/h. La tecnología de las instalaciones corrió a cargo de un Consorcio Hispano-Alemán (CHA) y, concretamente, las telecomunicaciones fueron realizadas por Siemens, excepto el Tren-tierra (analógico del UIC) del que se encargó AEG – Telefunken.

Todo el sistema, incluyendo las telecomunicaciones, señalización, electrificación, o videovigilancia, por citar algunas, se diseñó para gobernarse desde un único Centro de Control, situado en Atocha, por lo que no existía personal de operación en los 472 km de recorrido de la línea, imponiéndose una ingeniería con un alto grado de “disponibilidad”, que tuviera redundancias a nivel de transmisión y a nivel de enlace.

A nivel de transmisión se instalaron dos canaletas accesibles y situadas a ambos lados de la línea, en la que se tendieron cables de fibra óptica. En Atocha y Santa Justa (Sevilla) se situaron los sistemas de transmisión de 34 Mbps, redundantes, uno para cada cable, habiendo un total de 54 sistemas de transmisión de 34 Mbps. Las informaciones desde o hacia las instalaciones de vía, como la señalización, los enclavamientos, los bloques, los detectores de anomalías o los tren-tierra, entre otros se transmitían por cable de cobre hasta todos los edificios técnicos: un total de 26.

A nivel de datos se establecía la comunicación entre los sistemas, como los de gestión centralizados, telemando de señalización, telemando de telecomunicaciones, telemando de electrificación, sistema de detección de cajas calientes, de detección de caída de objetos a la vía, de teleindicadores, de megafonía, etc, todos ellos situados en el Puesto Central de Control, con los equipos remotos situados a lo largo de la línea, a través de tres tipos de redes.

La primera era la red de datos por canal dedicado, utilizada exclusivamente para señalización, que enlazaba el telemando de señalización con los enclavamientos electrónicos de la línea y el LZB (sistema de mando, protección y supervisión continua de los trenes), teniendo siempre canales redundantes.

La segunda era la que se denominaba red de datos integrada, que se utilizaba para la transmisión de datos a través del protocolo X-25; para el telemando de telecomunicaciones, con 42 remotas; para la electrificación de la catenaria y las subestaciones; las alarmas de los 26 edificios técnicos, que

controlaban los robos o los incendios; la caída de objetos a la vía, para pasos superiores y bocas de túneles; los detectores de caja de grasa calientes y frenos agarrotados; o los teleindicadores de información. Se trataba de una red “mallada” con un Sistema de Gestión que permitía enrutamientos y conmutación de cada una de las remotas, entre otras actividades. En la actualidad esta red está evolucionando hacia una red IP.

La tercera era la red de fonía, que se utilizaba para la gestión de la explotación de esta línea de alta velocidad. Existían dos sistemas de telefonía: fija y móvil. Se utilizaban centrales telefónicas digitales de Siemens, ICOM-CS, de las que había y hay un total de 26, una en cada edificio Técnico. Los tipos de información que se transmitían a través de esta red eran:

La telefonía de Explotación: Centralizado, Descentralizado, Escalonado, Circuitos de vía, todos con conexión directa al Puesto de Mando de Atocha.

La telefonía de Administración: la Megafonía, operada desde el Puesto de Mando que permitía su activación en un andén, o sala de espera o una llamada general en cualquier estación.

La telefonía móvil o radiotelefonía tren-tierra: sistema que instaló AEG según la normativa UIC (analógica). Recientemente el sistema ha sido remplazado por el GSM-R de Siemens (digital).

Las imágenes con cámaras de TV a color que captaban de forma permanente, por motivos de seguridad, las imágenes de los andenes de viajeros o salas de espera de las estaciones, así como de los edificios técnicos y subestaciones. En este caso, las señales se transmitían al Puesto de Mando a través de enlaces digitales a 2 Mbps.

5.2. El “negocio” de las telecomunicaciones ferroviarias

A continuación se exponen los hitos más destacados de este periodo:

- 1986.- Primeros enlaces digitales de larga distancia (MIC de 30 canales)
- 1989.- Sustitución de centralitas analógicas por digitales (RDSI).
- 1992.- Primera línea de alta velocidad y primeros enclavamientos electrónicos en España.
- 1996.- Instalación de nodos dinámicos inteligentes.
- 1997.- Instalación de sistemas de transmisión síncronos de gran capacidad SDH-STM- 4 (622 Mbits/s)
- 1998. - Liberalización de las telecomunicaciones comerciales. Fin del monopolio.

Despliegue de la red de fibra óptica.

- 2002.- Sistema digital de radio móvil basado en GSM-R
- 2003.- Segunda línea de alta velocidad Madrid – Lérida, GSM-R, ERTMS, etc
- 2005.- Separación de Renfe operadora y ADIF (Infraestructuras)

5.2.1. Evolución de las Telecomunicaciones Fijas

En 1992 la Dirección General de RENFE adoptó una decisión estratégica de enorme trascendencia en materia de telecomunicaciones. El coste de la red de datos empezaba a ser inasumible, al alquilarse en su mayor parte los circuitos a Telefónica y superar la cifra de 2.000 millones de pesetas. En este contexto RENFE se fijó como objetivo la reducción de este coste a 500 millones en cuatro años, para



Topología de la red de fibra óptica

Fuente: Revista Líneas del tren nº 213, 19 de enero de 2000.

lo cual se aprobó una inversión de 200 millones, que se destinó a modems y equipos de transmisión de datos.

En este periodo estaba en la Dirección Corporativa de Renfe para el área de telecomunicaciones el ingeniero de telecomunicación y catedrático de la Escuela Juan Riera, siendo el responsable ejecutivo el ya mencionado ingeniero Santiago Cobo.

Poco después, en 1994 la red FERPAC de Renfe, con 350 terminales, era una réplica en el ámbito ferroviario de la red IBERPAC de Telefónica, que tenía 50 terminales. El Departamento de Informática, su principal usuario, era partidario de la red X-25, pero los responsables de telecomunicaciones se inclinaban hacia soluciones más modernas tipo IP. Este camino fue el correcto porque la red IP es hoy día el estándar más utilizado en telecomunicaciones globales, tanto para voz como para datos.

De este modo entre 1995 y 1996 la balanza se inclinó hacia una red IP, que en aquel momento contemplaba sólo los “datos”, no la “voz” y estaba basada en tecnología de CISCO. Para la “voz” la tecnología era de SIEMENS.

En poco tiempo se pasó a sistemas de transmisión “síncronos”, como el PDH/SDH con equipamiento STM-1, STM-4, y STM-16. En Madrid además se implantó un anillo DWDM (Hyper-dense Wavelength División Multiplexing), nueva tecnología, en aquel momento, que permitía aumentar la capacidad de transporte de fibra óptica, pasando de los Gigabits, a los Terabits. RENFE continuaba así, como en los años setenta y ochenta, en la vanguardia de las telecomunicaciones españolas.

En este periodo la conmutación había pasado de las centrales digitales de conmutación de circuitos a las digitales con protocolos IP, que tenían una capacidad de proceso mucho mayor y permitían nuevas facilidades como la facturación, o conmutación remota, entre otras.

En 1998 se produjo otro acontecimiento que se puede calificar de auténtica revolución, y permite hablar de un “antes” y un “después” de las telecomunicaciones en el ferrocarril español. Se trata de la “liberalización” del sector, que acarrea el fin del monopolio de Telefónica, y la aparición de empresas competidoras.

Aquí jugó un papel determinante la Dirección General de Renfe, y concretamente el Director Corporativo José María Lasala, ingeniero industrial, que vio la oportunidad única, y quizás irrepetible, de conseguir una extensa red de cables de fibra óptica de media y alta capacidad, que se pudiera autofinanciar con futuros clientes, mediante contratos plurianuales de alquiler. Así se firmó el primer contrato con HERMES², una red europea de transmisión de datos, para instalar un cable de fibra óptica, que entrando por Irún, bajaría hasta Madrid, para continuar hacia Valencia y Barcelona, y salir hacia Francia por Port Bou, formando una gigantesca “U” sobre el mapa de España. El segundo contrato fue con British Telecom, BT, y después vinieron muchos más.

En el año 2000 la longitud de los cables de fibra óptica (FO) superaba ampliamente los 10.000 Km., siendo la segunda red más importante después de la de Telefónica. La red troncal estaba formada por cables de 64 FO, y la metropolitana (Madrid, Barcelona, Bilbao, etc.) por cables de 128 FO. Esta red ya se había amortizado a los dos años y medio de su implementación. El grado de ocupación actual es del 20 %, y se ha convertido en una saneada fuente de ingresos extra para RENFE.

Actualmente el ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) tiene asumida la responsabilidad en materia de telecomunicaciones, a través de la Dirección de Telecomunicaciones Ferroviarias existiendo además una Unidad de Negocio (UNE) de Telecomunicaciones Ferroviarias Comerciales. Esta última es la que “vende” servicios de Telecomunicación al exterior, generalmente a operadores privados.

Por otra parte Renfe Operadora es una usuaria de los servicios de telecomunicación que le facilita Adif-Telecomunicaciones de forma contractual, en régimen de competencia y con precios de mercado negociados.

5.2.2. Evolución de las Telecomunicaciones Móviles

En 1982 se puso en marcha la primera fase de la implantación de un sistema de comunicación radio (analógico) desde los Puestos de Mando con los trenes en movimiento, conforme a la norma UIC-751-3. Cubría los 3.500 Km. de líneas, que se correspondían con la red básica, y todo el parque motor de RENFE, permitiendo voz y telegramas cortos. Dos años después, en 1984 se puso en servicio el trayecto León- Oviedo, y en 1987 concluyó la primera fase a cargo de AEG y Alcatel (Standard). La segunda fase cubría 2.500 Km. más y utilizaba una tecnología más avanzada, que permitía además de voz y telegramas cortos, la transmisión de datos. Actualmente hay casi 8.000 Km.

La red de tierra estaba formada por estaciones o puestos fijos, de los que existen 2.400, y por puestos centrales de radio ubicados en los Puestos de Mando, de los que actualmente hay 18. A su vez la red móvil estaba formada por 2.600 equipos de a bordo con cobertura del 95% del espacio, en el 95% del tiempo. La comunicación entre el maquinista y el regulador del Puesto de Mando se establecía vía radio entre la locomotora y el puesto fijo de radio más próximo, y a través de un cuadro de cable entre este puesto fijo y el Puesto de Mando.

² HERMES/GTS estaba participada por varias empresas de ferrocarriles (entre las que se encontraba Renfe), siendo mayoritaria la estadounidense Global Telesystem Group (GTS).

El desarrollo de esta red ha alcanzado ya su punto final, y en este momento nace una nueva generación de radio móvil ferroviaria: GSM-R. Se trata de una versión específica del GSM convencional para aplicaciones de uso ferroviario en comunicaciones, y especialmente de señalización. Esto último es un salto cualitativo realmente importante, porque nunca antes se había usado la radio como medio de transmisión de información de instalaciones de seguridad en la circulación. El motivo era la desconfianza en la fiabilidad de estos enlaces.

La política europea de transporte ferroviario está orientada a la interoperabilidad de las redes y los sistemas. Dentro de esta política se ha establecido una normativa relativa a la compatibilidad del sistema de señalización, que se ha materializado en el ERTMS (European Rail Traffic Management System), del cual existen tres niveles: 1, 2 y 3. Los niveles superiores, el 2 y el 3, utilizan como medio de transmisión la radio digital GSM-R, que tiene reservado, en el ámbito europeo, un ancho de banda de 4 MHz. Las estaciones fijas de campo (BTS) son gestionadas desde controladores específicos (BSC), enlazados entre sí por anillos de fibra óptica, y requieren un Centro de Conmutación (MSC) del que sólo existen dos fabricantes mundiales: Nortel y Siemens. En España todas las líneas de alta velocidad están dotadas de GSM-R. En el caso concreto de Madrid-Lérida, el GSM-R está integrado en el sistema de señalización ERTMS de nivel 2, que permite la circulación de trenes a 300 Km/h cada 4 minutos.

De esta forma del ferrocarril del siglo XIX, en el que solamente la vía y su inseparable hilo telegráfico adornaban un paisaje por el que transitaba la humeante locomotora de vapor, se ha evolucionando hacia un ferrocarril del siglo XXI “arropado” por multitud de sistemas de protección, control y ayuda, de los cuales el 100% incorporan telecomunicaciones, microelectrónica o informática.

5.3. Evolución futura de las telecomunicaciones ferroviarias

El horizonte es realmente difícil de imaginar dadas las innumerables posibilidades que la combinación telecomunicaciones e informática ofrecen al ferrocarril del futuro. Sólo el devenir de los años nos irán confirmando las múltiples aplicaciones que veremos materializarse. A título de ejemplo, mencionaremos dos que recientemente hemos visto cuajar en ámbitos ferroviarios.

La primera es la transmisión en banda ancha entre los trenes en movimiento y los puestos centrales o estaciones fijas, que utiliza tecnología Wi-Fi (estándares IEEE 802-11b). Entre las múltiples aplicaciones se puede destacar la visualización desde un puesto fijo de control de las cámaras ubicadas en el interior del tren. Este sistema está operativo en Metro de Madrid (Línea 8) y se han hecho pruebas plenamente satisfactorias en las líneas férreas convencionales con una velocidad que ha llegado hasta los 200 Km/h.

La segunda es el telecontrol de todas las instalaciones de las estaciones: escaleras mecánicas, alumbrado, video-vigilancia, cancelas de acceso, megafonía, telefonía, etc. Todo ello se integra en el teclado y la pantalla de un terminal portátil de tamaño manual (PDA). El sistema es usado también por los operarios de mantenimiento.

Como conclusión se puede decir que a partir de ahora los únicos límites que existirán serán los de la imaginación, para este interminable y fantástico viaje que el ferrocarril y la telecomunicación iniciaron juntos hace más de siglo y medio.

6. Los Ingenieros de Telecomunicación en el Ferrocarril español (Renfe)

En la década 40 y 50 los profesionales que se ocupaban del tema de las comunicaciones fueron ingenieros electrotécnicos, que también intervenían en los incipientes sistemas de señalización, de electrificación de líneas de suministro y alumbrado en estaciones y talleres. Cabe destacar el nombre de Antonio Gibert que hasta los años 50 fue una institución en las Telecomunicaciones ferroviarias de la época.

Los primeros ingenieros de Telecomunicación, procedentes de la flamante Escuela Especial ubicada en la calle Torrijos (Madrid) y muy escasos por entonces, no aparecen en Renfe hasta bien entrada la década de los años 50 y entre ellos se podría citar a: Narciso García Redondo, que además también fue Catedrático de “Campos electromagnéticos”; Manuel Lerín Grondona; Manuel Borondo López; Mariano Puebla Remacha y Rafael Arin Ruiz Olalla.

Más tarde, desde 1959 ingresan en RENFE un nutrido plantel de ingenieros de telecomunicación, entre los que destacan: José María Muñoz Aza, Félix Gómez González, Vicente Debesa Romero, Félix López Ruiz, Rafael Cano Marín, y otros muchos que harían interminable la presente lista. Algunos de ellos dejaron huella significativa tal como es el caso de López Ruiz, el “padre de la Alta Frecuencia” en RENFE.

El comienzo de la etapa informática con Manuel Lerín es desarrollada por otros ingenieros, entre los que se pueden citar a Valentín Sanz Caja, Jesús Sánchez de la Peña, Juan Domínguez Montes, Jesús Rivera, y otros muchos que desempeñan su profesión en servicios de las diferentes Zonas territoriales de la Red o de sus sistemas de Explotación.

Dentro del Departamento Eléctrico Central, en Madrid, existían diferentes especialidades y la importancia que iba adquiriendo la telecomunicación hizo que se creara una División de Comunicaciones. Las personas que estuvieron a su frente fueron, por orden cronológico: Manuel Lerín (1964); Mariano Puebla (1964-1973); Víctor Reviriego (1973 – 1988); Carlos Pérez (1988–1989); Santiago Cobo (1989–2004); y José Luis Ruiz (2004-).

La evolución de la denominación y su rango ha ido en ascenso de acuerdo con la importancia adquirida dentro de la empresa. Así de la primitiva División de Comunicaciones, se pasó a la Unidad de Telecomunicaciones, para después pasar a ser el Gabinete de Telecomunicaciones y terminar como Dirección de Telecomunicaciones. Actualmente la Dirección de Telecomunicaciones ya no está en RENFE, sino en ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias).

Así pues, la relación de ingenieros de telecomunicación que han desarrollado su actividad en el mundo ferroviario o que han “transitado” por él en RENFE, FEVE, ENSIDESA, Ferrocarriles Autonómicos, Metro de Madrid de Barcelona, de Valencia, de Bilbao, sería interminable.

Finalmente es de justicia no olvidar a muchísimos compañeros que desde empresas privadas han trabajado y trabajan para el ferrocarril, no sólo en el ámbito específico de las telecomunicaciones, sino en todos aquellos que están “contaminados” por esta tecnología: señalización, electrificación, informática, seguridad, etc. Así, entre las empresas españolas, con tecnología nacional y lideradas por ingenieros de telecomunicación, que con su esfuerzo contribuyeron también, y de forma ejemplar, al desarrollo de las telecomunicaciones ferroviarias en España se puede destacar a partir de los años sesenta Revenga Ingenieros, al frente de la cual se encontraba el ingeniero de telecomunicación Manuel Revenga y ENA con el empresario Celestino Alonso. En los setenta apareció System, con Cándido Camino, también ingeniero de telecomunicación y en los años ochenta destacan ELIOP, con Francisco Marín entre otros ingenieros de telecomunicación y LOGITEL, con Vicente Márquez, también ingeniero de telecomunicación. En los años noventa Infoglobal, con Fabián Plaza con un importante

grupo de ingenieros de telecomunicación y en el siglo XXI se ha incorporado INDRA con muchos ingenieros de telecomunicación en su plantilla.

Todos estos ingenieros de telecomunicación, y muchos más que por espacio no se citan aquí, así como sus empresas, merecen un reconocimiento explícito en esta reseña histórica, por su aportación decisiva en el ámbito de las Telecomunicaciones específicamente ferroviarias, que han hecho que España y sus administraciones ferroviarias dispongan de unas tecnologías que además se están exportando a diferentes países.

7. Bibliografía

Libros

Cayón García, Francisco; González Fernández, Rafael y Muñoz Rubio, Miguel; (1998) “El camino del tren: 150 años de infraestructura ferroviaria”. Mantenimiento de infraestructura de RENFE y Fundación Ferrocarriles Españoles.

Comín Comín, Francisco; Martín Aceña, Pablo; Muñoz Rubio, Miguel y Vidal Olivares, Javier. “150 Años de historia de los ferrocarriles españoles”. Fundación Ferrocarriles Españoles y Grupo Anaya, S.A.

Entrevistas y documentación de los autores.

Olivé Roig, Sebastián, (1993). “Influencia del ferrocarril en el nacimiento del telégrafo en España”. Libro de actas del I Congreso Internacional de Comunicaciones: Las comunicaciones entre Europa y América, 1500-1993. Universidad Complutense de Madrid y Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

RENFE, (2000) “Revista Líneas del tren”. Número 213, de 19 de enero. Dirección de Comunicación Interna.

Internet

<http://www.ffe.es/portada.htm>

<http://interesa.renfe.es>

