

# **LAS TELECOMUNICACIONES EN LA RED NACIONAL DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES (RENFE)**

Por EDUARDO FERNÁNDEZ GONZÁLEZ

## **Introducción**

### *Antecedentes*

Es necesario explicar brevemente las razones de la existencia de un servicio de telecomunicaciones en Renfe.

El primer motivo, históricamente, es la necesidad que, para la explotación ferroviaria, había unas comunicaciones muy especializadas. Las funciones que debía cumplir se resumen en:

- Comunicación de una estación a las contiguas para comunicar la salida y llegada de los trenes.
- Comunicación de cada estación con el puesto de mando.
- Actuación remota sobre las señales en la vía.
- Actuación sobre los elementos de bifurcación.
- Comunicación con las subestaciones eléctricas y, más tarde, actuación remota de las mismas.

A medida que se mejora la tecnología de gestión del ferrocarril van aumentando las necesidades de comunicación y, paralelamente, aumentan los elementos de la infraestructura ferroviaria utilizados.

Los hitos más significativos son:

- Instalación de Controles de Tráfico Centralizado (CTC).
- Automatización del manejo de elementos.
- Conexión con elementos móviles sobre la vía:

- Tren-tierra.
- Comunicaciones con las brigadas de mantenimiento, seguridad, etc.
- Utilización de la informática para toda clase de funciones de gestión.

Gran parte de estas necesidades de comunicación son altamente especializadas y no podían ser cubiertas por los servicios, más generales, de las compañías telefónicas.

Otra razón para la creación de estos servicios de telecomunicaciones fue simplemente estratégica: el ferrocarril, como servicio de importancia decisiva para el país tenía que establecer sus propias facilidades en este ámbito para no depender de la estrategia de cualquier otra entidad.

Finalmente, con la evolución de la tecnología de comunicaciones y la llegada de la fibra óptica aparece un soporte de transmisión de la máxima calidad en el que el coste más importante no es la propia fibra (muy barata) ni de los elementos accesorios sino del terreno donde va instalada.

Aparece entonces el ferrocarril como la mejor distribución territorial con una continuidad, en España de más de 1.300 km, con vías alternativas para llegar a ciudades importantes del país y con un personal de mantenimiento distribuido por toda la geografía nacional.

Coincide este momento histórico con la exigencia por la sociedad a los ferrocarriles de mejorar sus cuentas de resultados, rentabilizar sus activos, avanzar desde el servicio público hacia la competitividad, desde el usuario hacia el cliente.

La convergencia de ambos fenómenos invita, lógicamente, a los ferrocarriles a perfeccionar sus elementos de comunicaciones para mejorar sus servicios a los clientes, para mejorar su productividad, pero, además, como una vía de negocio alternativo.

### *La estrategia de Renfe*

Es necesario dividir el estudio en varias áreas porque, bajo la palabra «telecomunicaciones» se encuentran realidades y tecnologías bien distintas:

- Red de la explotación ferroviaria.
- Tren-tierra.
- Red de telefonía.
- Infraestructura de soporte.
- Red de datos.

En aras a la utilidad del estudio no vamos a tratar la red de la explotación ferroviaria más de lo que se ha dicho ya en la introducción. Evidentemente, es una realidad de gran importancia y el origen de todo pero no tiene más utilidad que la propia explotación (no es poco, desde luego) y su descripción pormenorizada sería excesiva y no demasiado útil.

La red de radio tren-tierra queda englobada en el capítulo anterior por lo que sólo haremos una breve referencia.

Aportaremos información sobre la red de telefonía y sobre la infraestructura de forma que se tenga un conocimiento preciso sobre la dimensión y las posibilidades de estos servicios dentro de Renfe.

Nos centraremos finalmente en la «red de datos» como el elemento primordial en este momento, con una modernización y transformación más importante, con una posible utilización por entidades —estatales o privadas— distintos del ferrocarril y ya desde este momento. Hablaremos algo, también, sobre la interconexión de esta red de datos a las de otros once ferrocarriles europeos (red Hermes). Por último hablaremos de la evolución en marcha de esta red de datos hacia las tecnologías más modernas.

Toda esta infraestructura de alto nivel lleva a Renfe a disponer de la segunda red de comunicaciones de España (después de la de Telefónica) y la de mayores posibilidades de crecimiento en términos de inversión por kilómetro, disponibilidad, seguridad, etc.

Como dato general, antes de centrarnos en los capítulos anunciados, podemos decir que las personas dedicadas a mantenimiento de comunicaciones superan las setecientas. La jefatura correspondiente está ubicada en la Unidad de Negocio de Mantenimiento de Infraestructura y el personal está dividido en la Jefatura Central y las Gerencias de Eje.

## **Tren-tierra**

Sólo decir que es una comunicación de radio monocanal entre las locomotoras y el puesto de mando de una banda de regulación. El dispositivo va dotado en todos los puntos de un teclado numérico con el que se establece la conexión puesto de mando-maquinista en la modalidad de «todos oyen y uno habla».

Existe la posibilidad de conectar el dispositivo a la red de telefonía de Renfe y ésta con la de Telefónica, con lo cual es perfectamente posible y,

desde luego se realiza algunas veces en caso de necesidad, permitiendo la comunicación telefónica entre el tren y cualquier punto conectado a una de las redes citadas.

Desde hace unos meses se ha resuelto la conexión entre los ordenadores tren-tierra y los PC,s locales de la aplicación de control de tráfico Sitra. En la vía se han instalado balizas identificativas de la situación geográfica. Al pasar el tren sobre la baliza reconoce su posición y le envía al puesto de mando, el ordenador del tren-tierra le pasa al ordenador de Sitra y este al ordenador central de modo que se puede conocer con precisión absoluta, en tiempo real, la situación de cada tren sin intervención manual alguna.

Esta facilidad se está extendiendo poco a poco a aquellas bandas de regulación que, pese a ser importantes, no están dotadas de CTC (en estas el mecanismo es parecido pero el ordenador conectado al Sitra es el del propio CTC).

## **Red de telefonía**

No hay mucho que decir sobre esta red pues, técnicamente, es una red normal.

Para dar algunos datos de interés que den idea de la dimensión, se puede decir que está dotada de 75 centralitas. La mayor parte de estas centralitas son de tecnología digital y permiten la conexión de líneas de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).

El número total de abonados es 14.336, 7.530 de ellos con tecnología RDSI, y aumenta continuamente puesto que se están trasladando todos los teléfonos posibles desde la red de la Compañía Telefónica en aras de conseguir ahorros importantes en la factura de dicha empresa. La capacidad actual de numeración es de 31.849 números.

Con motivo de acuerdos entre las dos empresas se ha realizado la interconexión de esta red interna a la pública de manera que se puede activar inteligentemente en ambos sentidos. Solamente se conservan un cierto número de teléfonos de Tesa por razones estratégicas en los puntos en que se considera imprescindible garantizar la comunicación incluso en caso de avería de la centralita de Renfe o de Telefónica, figura 1.

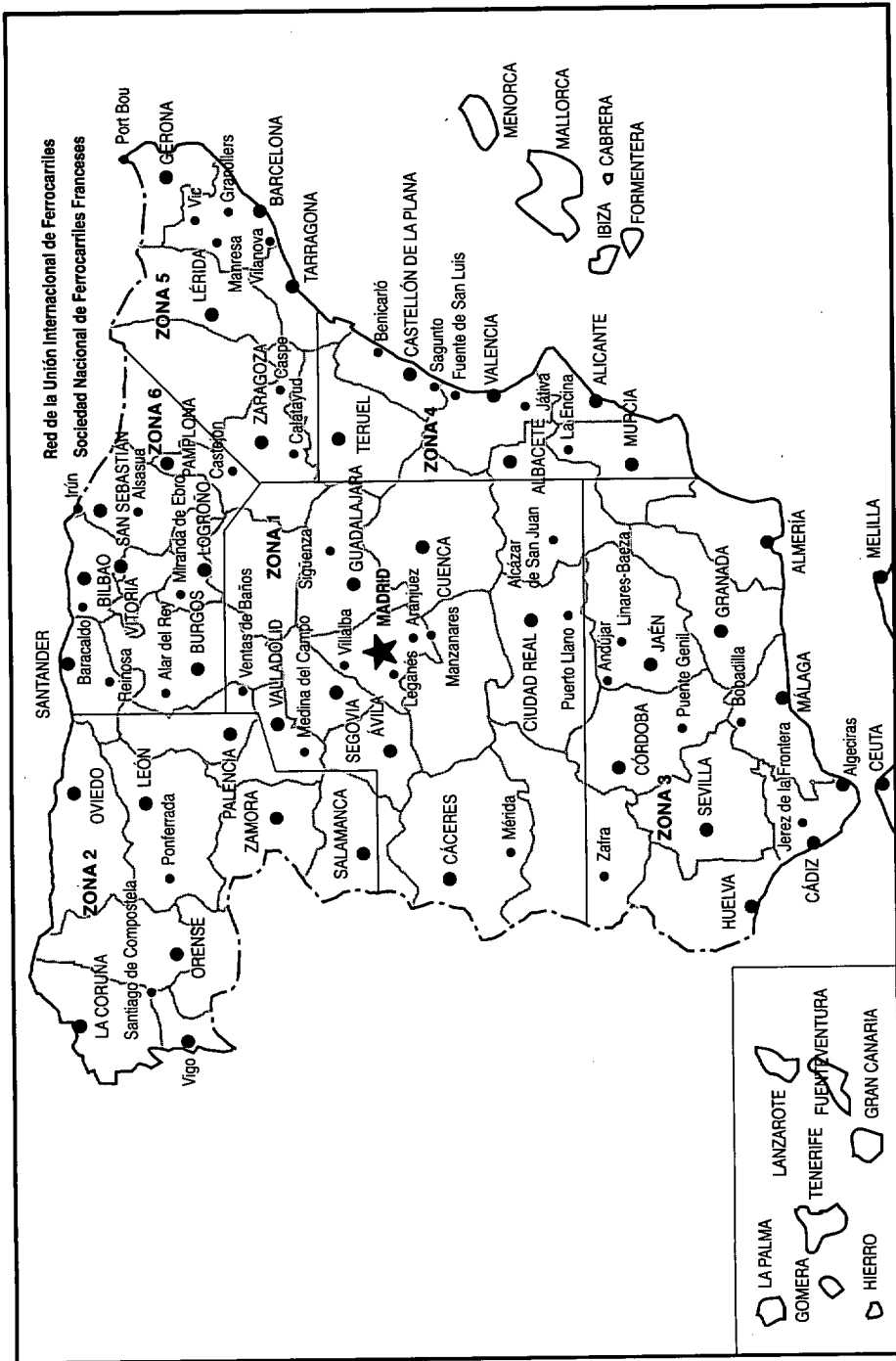


Figura 1.—Red Telefónica Renfe.

## **Infraestructura de soporte**

En este apartado se hará un breve resumen de la red física de portadores y su utilización. Se aportan también dos mapas de España con la disponibilidad y planificación de los cables de fibra óptica y la red de flujos digitales existentes.

Siguen algunos datos resumen sobre infraestructura:

- Líneas de hilo desnudo: 6.800 km.
- Cable aéreo: 1.300 km.
- Cables enterrados: 6.000 km.
- Cables coaxiales: 200 km.
- Fibra óptica: 1.450 km.
- Tren-tierra: 6.670 km.

Está cubierto el 100% de los servicios de telefonía escalonada, selectiva, de socorro, de señales y de pasos a nivel. El 100% también de los telemandos de subestaciones, detectores de caldeo, etc. En otro punto se han dado datos sobre la red telefónica.

En cuanto a la red de datos hay que decir que hay 2.440 líneas que dan servicio a 7.500 terminales informáticos. Lógicamente, distribuidos en toda la geografía nacional, excepto islas. Renfe se surte con líneas propias en el 83% de su red de teleproceso, figura 2.

## **Red de datos**

### *Situación actual*

#### TOPOLOGÍA

Dentro de la red de datos actual nos encontramos una Topología en estrella por cada uno de los entornos existentes (IBM, Siemens, Tandem). A esta situación se añade la diversidad de protocolos de acceso así como la dispersión en la ubicación de los terminales que, unido a los medios de transmisión utilizados (*modems*, difusores, ACD,s, concentradores, etc.), da lugar a las siguientes configuraciones:

#### *CONEXIÓN PUNTO A PUNTO*

Línea dedicada (Renfe o Telefónica) que enlaza un terminal con el entorno correspondiente (IBM, Siemens, etc.) del CPD de Delicias, figura 3, p. 62.

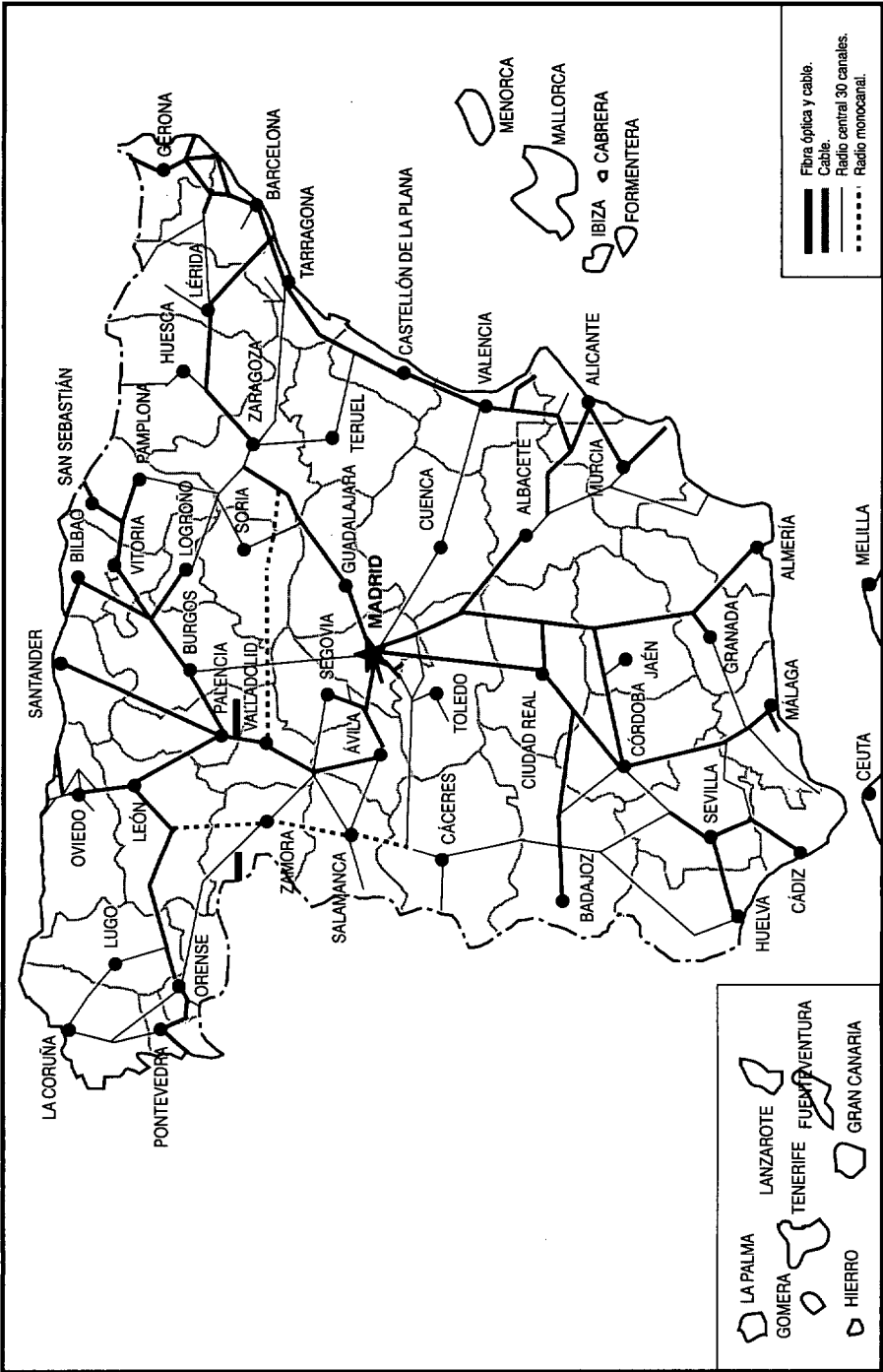
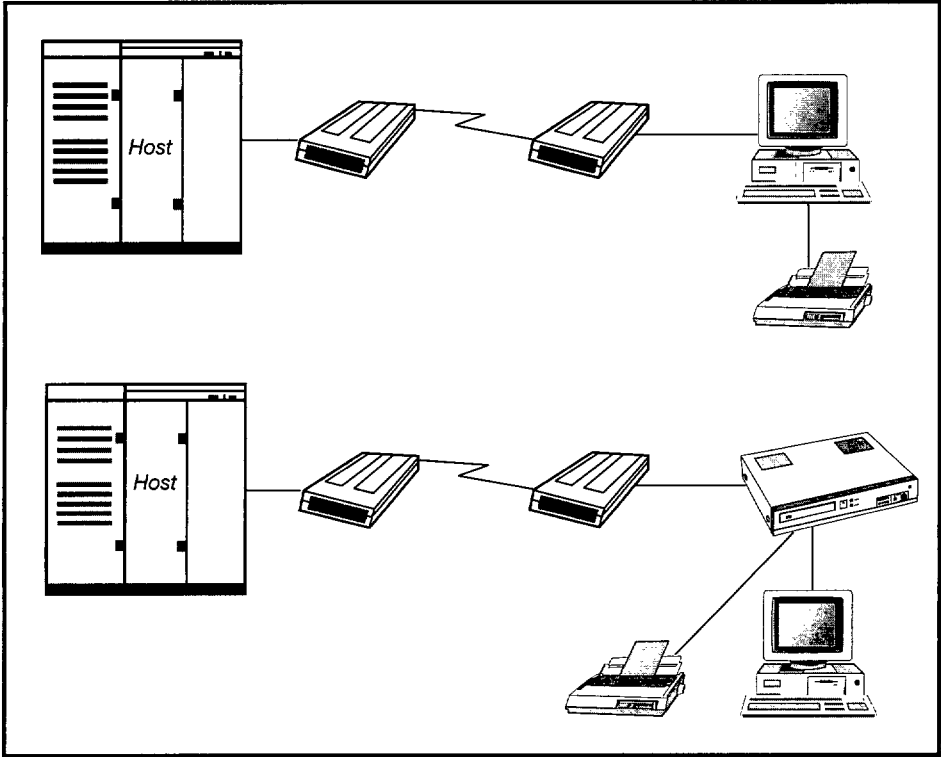


Figura 2.—Medios físicos de transmisión Horizonte 2.000.



**Figura 3.**—*Conexión punto a punto.*

### **CONEXIÓN MULTIPUNTO CON MULTIPLICADOR DE INTERFACE**

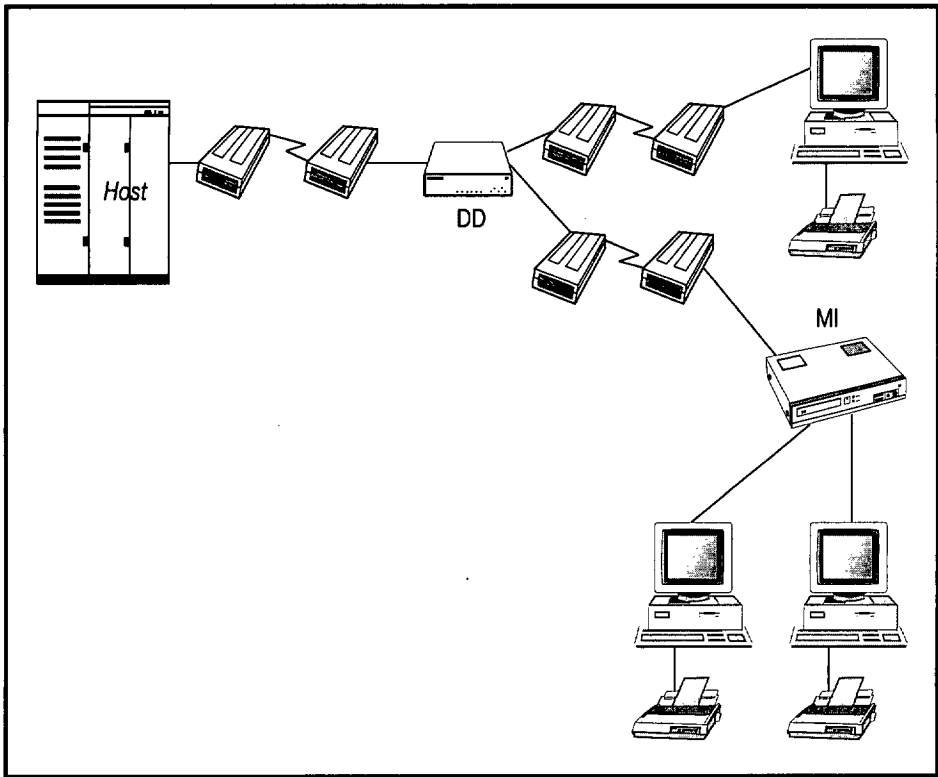
Línea dedicada que enlaza uno de los entornos del CPD Delicias con un multiplicador de interface al que acceden directamente hasta un máximo de cuatro terminales mediante cable V-24. Este caso se da en terminales próximos al multiplicador, figura 4.

### **CONEXIÓN MULTIPUNTO CON DIFUSOR DIGITAL**

Línea dedicada que enlaza uno de los entornos del CPD Delicias con un equipo difusor del que, a su vez, salen líneas dedicadas secundarias que conectan terminales.

En esta configuración se combinan hasta un máximo de cinco líneas (una primaria y cuatro secundarias) que pueden ser de distinto proveedor (Renfe o Telefónica) y de distinta velocidad de transmisión, figura 5, p. 64.





**Figura 4.**—Multipunto con multiplicador de interface.

#### CONEXIÓN MULTIPUNTO CON AMPLIFICADOR CONCENTRADO DIFUSOR (ACD)

Línea dedicada que une el entorno del CPD Delicias con un ACD, mediante el cual se prolonga (en analógico) hasta cuatro líneas dedicadas secundarias a las cuales se conectan terminales. Las líneas de esta configuración deben ser del mismo proveedor (Renfe o Telefónica) y con la misma velocidad de transmisión, figura 6, p. 65.

#### CONEXIÓN RED TELEFÓNICA CONMUTADA (RTC)

Conjunto de líneas de telefonía que están conectadas a *host* mediante *modems* RTC (V-22) y que, formando grupo de salto, permite la conexión a través de RTC de Renfe o Telefónica de terminales equipados con línea de telefonía y *modem* de idéntica norma (V-22).

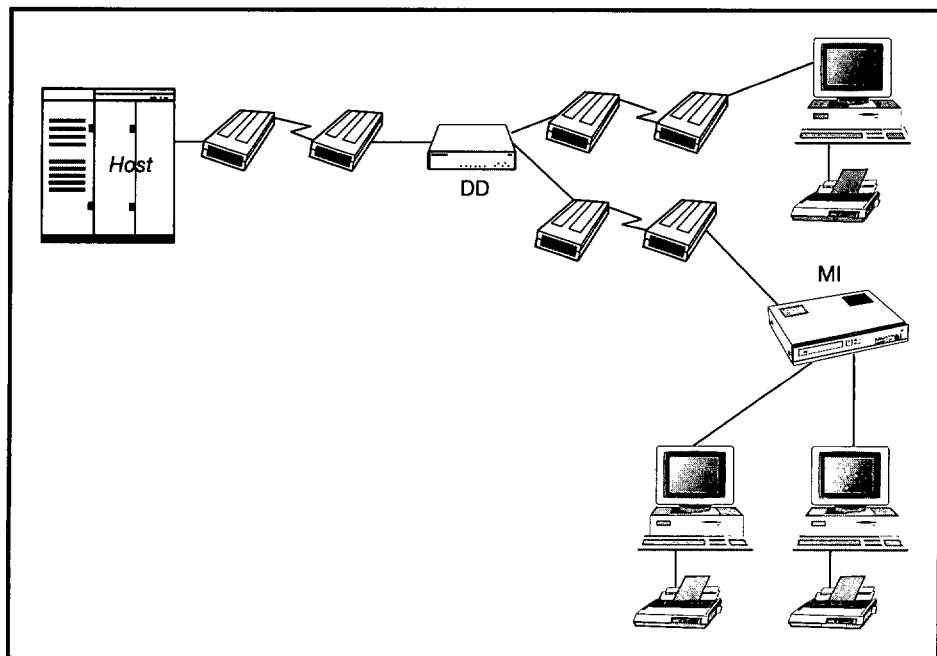


Figura 5.—Conexión con difusor digital.

### CONEXIÓN IBERPAC O FERPAC (X-25)

Llamamos red Ferpac a una red X-25 propia de Renfe. Iberpac es la red X-25 propia de Telefónica.

A partir de una línea conectada a Iberpac, un terminal puede conectarse a través de esta red al entorno correspondiente del CPD Delicias, estableciéndose un circuito lógico entre terminal y *host*. Cada entorno tiene conectadas líneas troncales X-25 con capacidad para soportar el número de terminales correspondiente.

Todos los terminales que acceden a la red de datos se conectan al CPD de Delicias. En el caso de que el usuario desee servicios de otros CPD,s se facilita esta posibilidad a través de la configuración de red SNA establecida entre los CPD,s.

### ARQUITECTURAS EXISTENTES

SNA (IBM). El entorno SNA lo componen:

Delicias:

- Tres CPU,S con sus métodos de acceso (VTAM) correspondientes, actuando el VTAM de una de ellas (CPU-C) como propietaria de todos los recursos de red.
- Seis controladores de comunicaciones, dos 3.725 que contemplan *backup* entre ellas, y cuatro 3.745 con capacidad de *backup* en sí mismas debido a su propia configuración.
- Soportan actualmente 750 líneas aproximadamente.

### SIEMENS (TRANSDATA)

Esta arquitectura está ubicada en el CPD de Delicias. Se constituye como dos entornos claramente diferenciados (real y pruebas) actuando como redes independientes y no integradas.

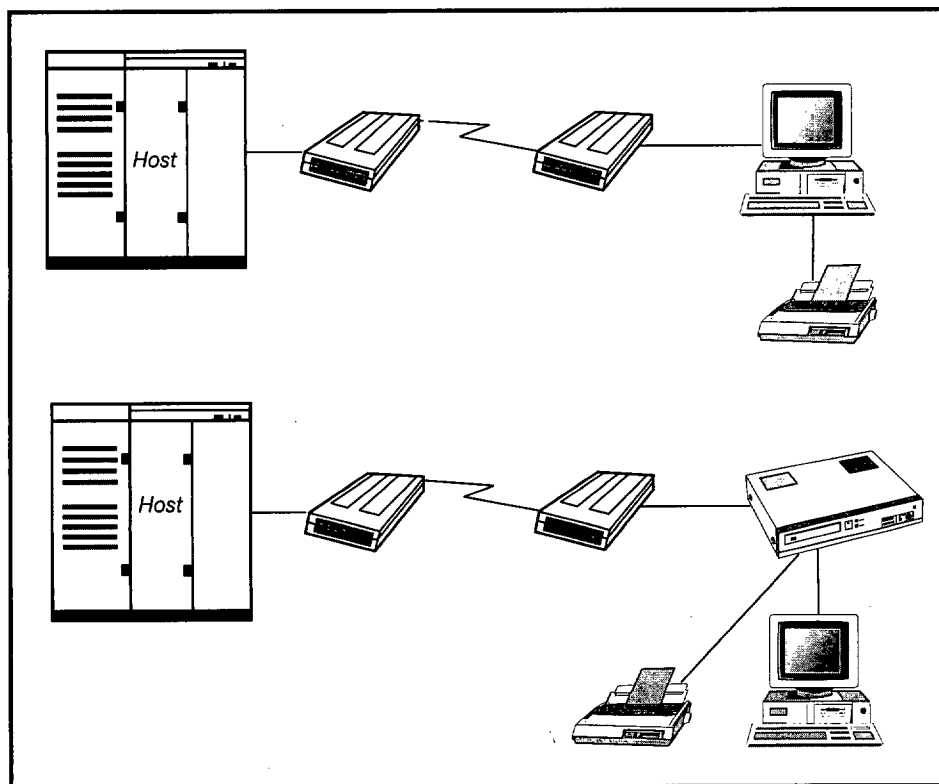


Figura 6.—Línea multipunto con Amplificador Concentrado Difusor (ACD).

Existen siete controladores de comunicaciones 9.688 (5-real y 2-pruebas) con posibilidad de *backup* entre ellos.

#### *DIGITAL (DNA). INTERCONEXIÓN A LA RED HERMES EUROPEA*

Ubicado en el CPD de Delicias. Dos micro VAX conectados en red local ETH conectan a su vez, por un lado con el nodo Hermes (Alcatel) y por otro con el entorno Siemens e IBM.

La red Hermes está formada por doce nodos en Madrid, París, Berna, Roma, Viena, Frankfurt, Copenhage, Estocolmo, Utrecht, Bruselas, Nottingham y Ljubljana.

Estos nodos están unidos por líneas a 64 kbps suministrados, en general, por los ferrocarriles correspondientes. El centro de control de red está en Nottingham.

En la actualidad el uso de Hermes es para aplicaciones ferroviarias. Las más significativas son:

- Reserva de plazas internacional.
- Localización de vagones.
- Aviso de incidencias en tráfico internacional.
- Kilómetros recorridos por los vagones.
- Aviso de llegada a frontera.
- Correo electrónico internacional.

En desarrollo está la Gestión de la Producción Asistida por Ordenador (HIPPS), implantada en su fase uno en varios países y el proyecto del Tráfico Internacional de Mercancías sin Documentación en Papel (ORPHEUS).

#### *CENTRO AUTORIZADOR DE TARJETAS (TANDEM)*

Integrados los controladores de comunicaciones en el propio host, dispone de dos entornos (real y pruebas) utilizando la misma red. Configurado como punto focal al que acceden los usuarios que deseen servicios de tarjetas o requieran estos servicios de otros centros autorizadores (Visa, Ceca, 4B, etc.).

Todas estas arquitecturas están interconectadas entre si mediante conexiones a canal o líneas directas a 64 Kb.

## PROTOCOLOS DE ACCESO

- SNA3270. Terminales del entorno IBM que de forma nativa acceden al *host*. Terminales que a través de PAD-QLLC acceden vía Ferpac al *host*. Terminales que a través de PAD-QLLC acceden vía Iberpac al *host*.
- X-25. En forma nativa conexión *host-to-host* con entidades externas. Conexión de terminal en forma nativa.
- MSV19750. Terminales que acceden al *host*-Siemens con el protocolo nativo. Terminales que acceden al *host*-Siemens con emulación «específica» para venta de billetes.
- 3270-SAV. Terminales de la red Savia en agencias de viaje que trabajando como SNA3270 han tenido adaptación para venta de billetes mediante una aplicación en el controlador de comunicaciones de Siemens.
- EM6530as. Terminales con protocolo propietario de Tandem.
- Datáfono. Terminales para tarjeta con protocolo datáfono con acceso al Tandem, bien directamente o a través de X-25 (con *Pad-conversor*).

## MEDIOS DE TRANSMISIÓN UTILIZADOS

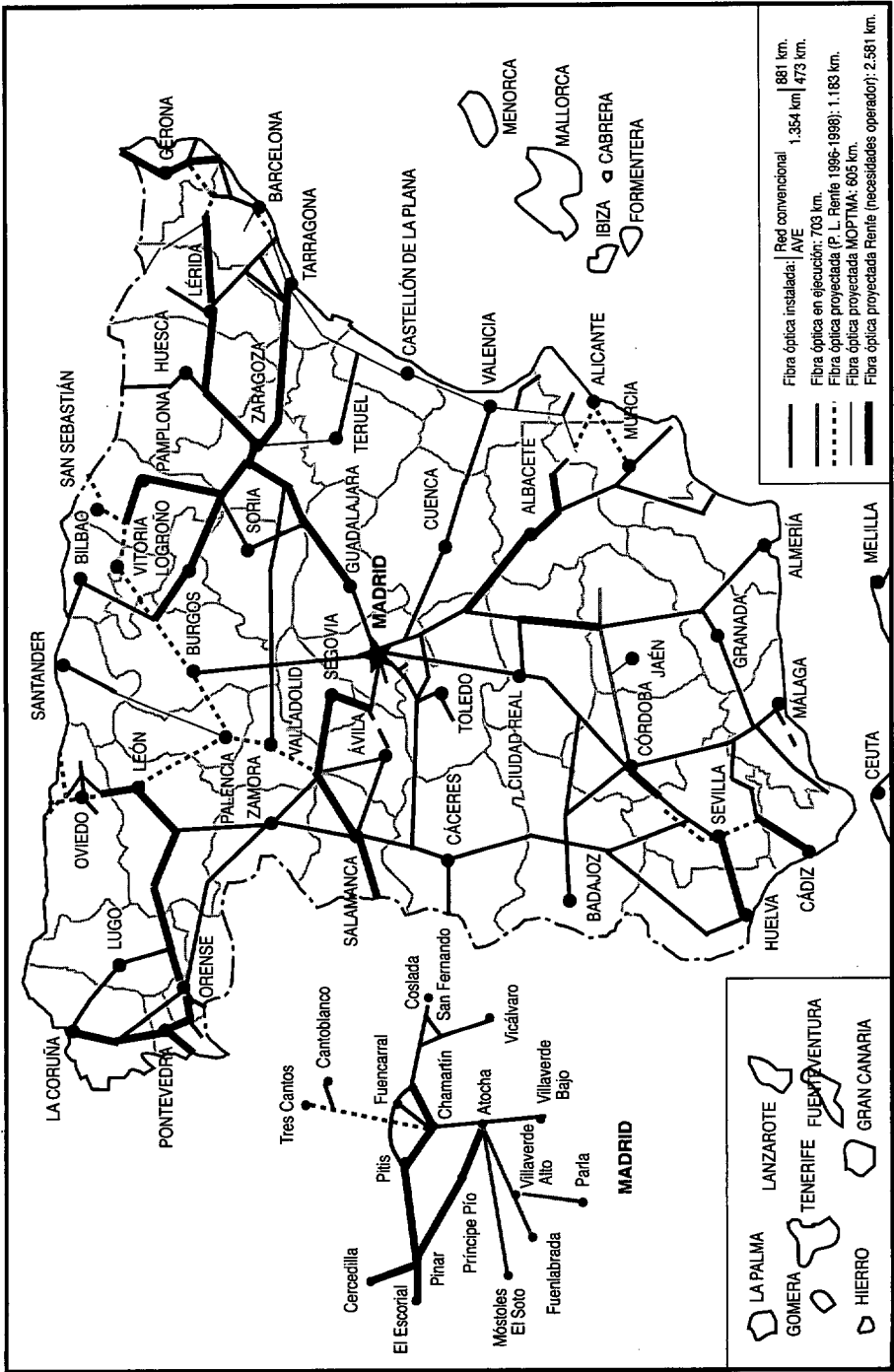
### LÍNEAS TELEFÓNICA

Líneas dedicadas que enlazan nuestro CPD con terminales que no tienen posibilidad de línea de Renfe. Este tipo de líneas también puede estar presente en una configuración multipunto con difusor digital combinada con líneas de Renfe.

La determinación de averías en estos casos se hace muy difícil.

### LÍNEAS RENFE

Líneas dedicadas tendidas para nuestra propia infraestructura o bien compartidas con otros operadores (Correos y Retevisión). En este último caso los mantenimientos de las líneas con compartidos por tramos y en el caso de mezclarse en una configuración multipunto con difusor digital intervenirían tres operadores (Telefónica, Correos y Renfe) en el mantenimiento de esta configuración, figura 7.



## LÍNEAS IBERPAC

Medios de transmisión propios de Telefónica para esta red.

## LÍNEAS FERPAC

Los medios de transmisión utilizados son los especificados en el punto líneas renfe con la misma problemática de compartición de recursos con otros operadores. Para algunas conexiones SDLC se emplean cajas convertidoras (Teldat y Microturbo).

## LÍNEAS RED TELEFÓNICA CONMUTADA (RENFE O TELEFÓNICA)

En este caso la calidad de transmisión depende en gran medida de la norma de *modems* que se instalen siendo en nuestro caso V-21 una de las más bajas.

## GESTIÓN Y CONTROL DE RED

No existe una plataforma que integre las distintas arquitecturas de comunicaciones existentes (SNA, Transdata, Tandem, Digital lo que hace de la gestión de red una función compleja y dependiente de la bondad de los productos propietarios de cada fabricante que, por otra parte, residen en los *host* correspondientes y, por lo tanto, utilizan recursos de éstos.

Dada la singularidad de cada fabricante en cuanto a gestión de red, y la adaptación de ésta a su propia arquitectura, el soporte de cualquier otra configuración no propietaria, evidencia una precariedad en el producto correspondiente, figura 8, pp. 70-71.

## SNA

Este entorno está gestionado con Netview. Esta herramienta facilita el control de la red de IBM y mediante desarrollos propios (*clist*) y facilidades del producto permite la adaptación personalizada. No obstante cabe señalar el impacto que puede producir en el *host* ante cualquier incidencia en la red.

El control de los terminales que acceden por X-25 se lleva a cabo mediante un desarrollo específico para éstos.

Las configuraciones en la red requieren la generación y carga del controlador de comunicaciones correspondiente.

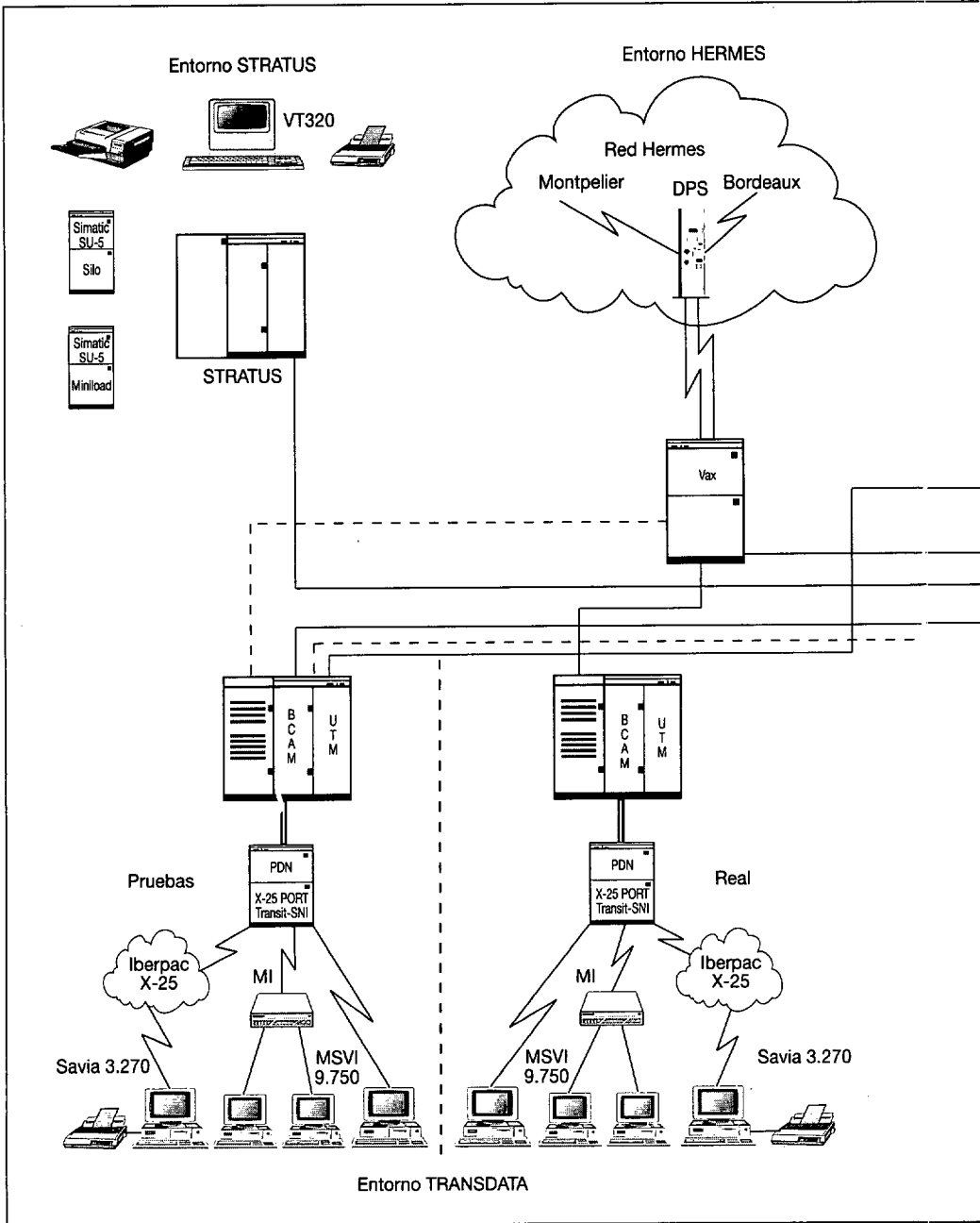
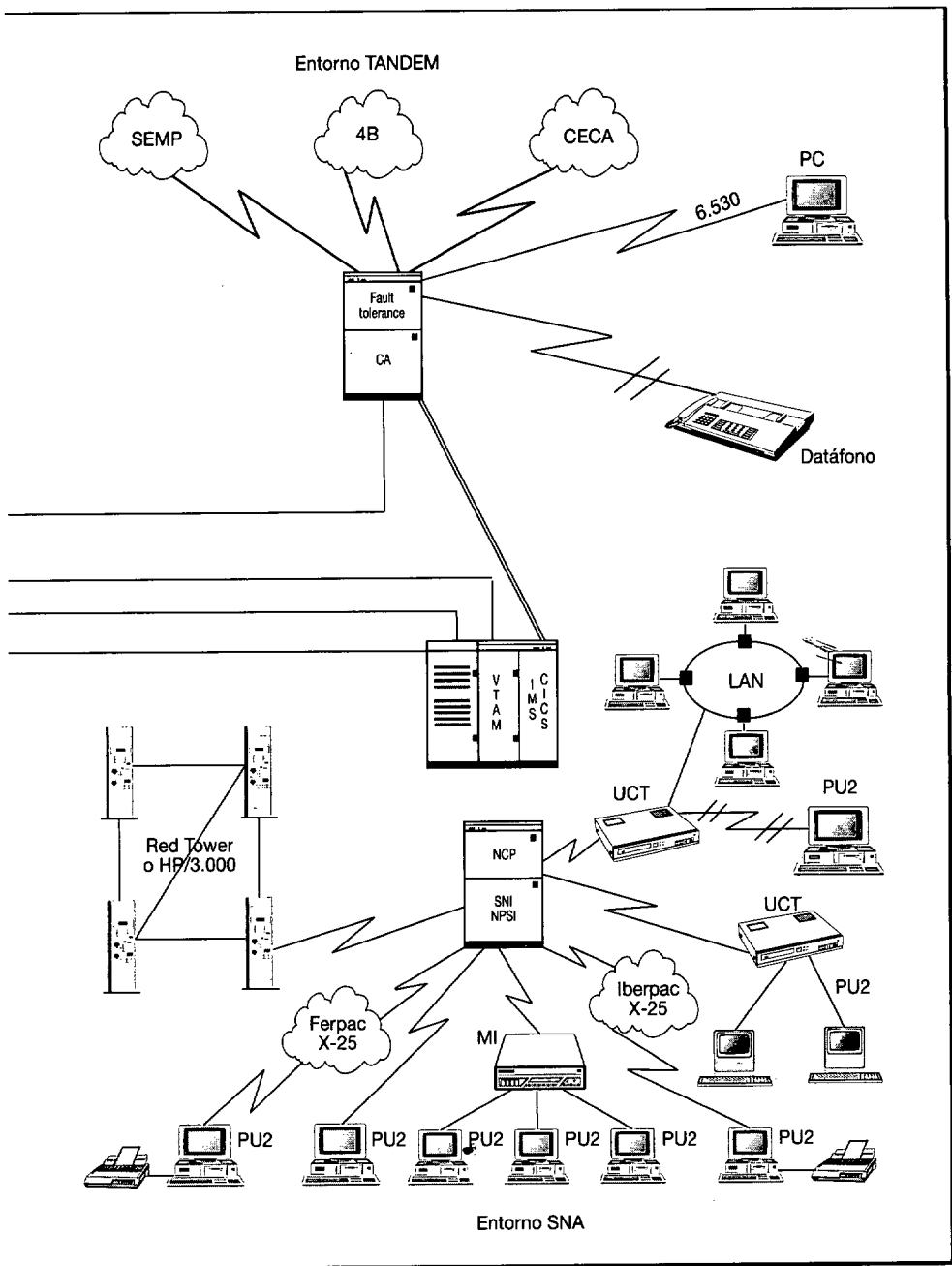


Figura 8.—Red actual.





## *TRANSDATA*

Corresponde al entorno de Siemens y no existe un producto específico de control de red. Éste se lleva a cabo mediante la emisión de comandos propios del sistema, trances, procesos *offline*, etc., que actúan directamente sobre los recursos.

Conviene resaltar en este entorno la importancia de los terminales Savia que acceden a él (2.600 terminales). No existe ningún tipo de control sobre estos terminales.

Las configuraciones en la red requieren la generación y carga del controlador de comunicaciones correspondiente.

## *TANDEM*

Gestión propietaria muy ligada a la aplicación SEB10.

## *DIGITAL*

Desarrollo específico de gestión para la red Hermes.

## *Nueva red de datos*

### TOPOLOGÍA

Para determinar la topología de la red de datos es inevitable tener en cuenta los puntos a los que acceden actualmente los usuarios de red sin que esto conlleve una rigidez de encaminamientos, sino que, por el contrario, facilite la posible conexión entre cualquier punto de la red.

Se debe establecer un modelo topológico de red basado en la tipificación de las ubicaciones, las áreas geográficas y la integración de recursos propios existentes. Por este motivo la estructura que mejor se adapta a nuestras necesidades es la estructura jerárquica ya que nos va a aportar rendimiento de los recursos utilizados, fiabilidad de la configuración final, establecimiento de mecanismos redundantes compartidos, facilidad de gestión de red centralizada o distribuida, figura 9.

En este tipo de topología se establecen tres capas o niveles:

### *NIVEL DE TRANSPORTE*

Está formado por nodos de red de alto rendimiento y su distribución geográfica viene definida por los puntos con mayor densidad de terminales y

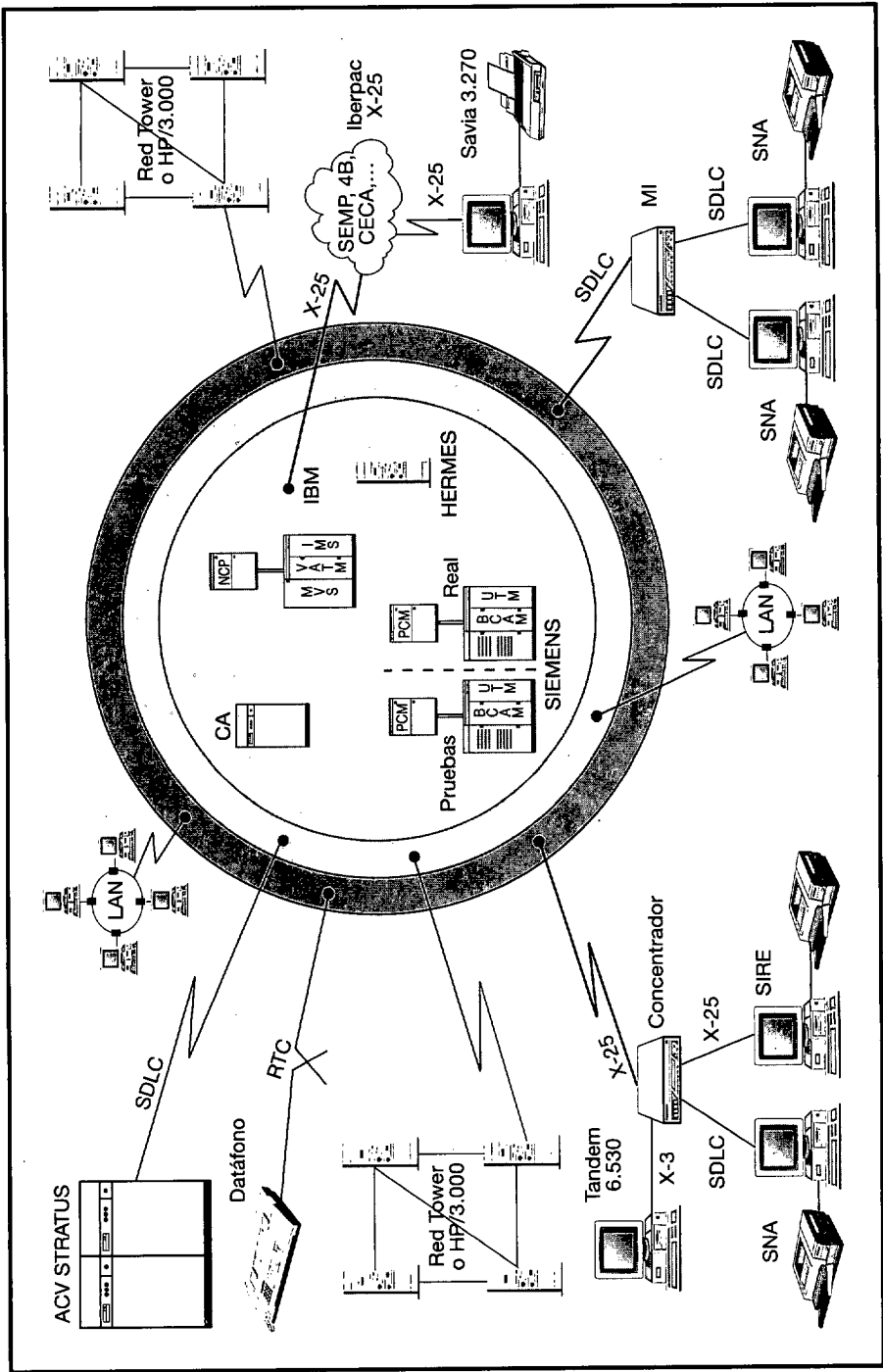


Figura 9.—Nueva red de datos.

por nuestra propia estructura organizativa (centros de decisión de las Unidades de Negocio de Mantenimiento de Infraestructura y ubicaciones importantes).

Este nivel tiene una estructura mallada con dos o más rutas alternativas según los casos garantizando el transporte óptimo de los datos, el encaminamiento y el acceso a los niveles inferiores.

### *NIVEL DE ACCESO*

Formado por nodos concentradores distribuidos en ubicaciones con una menor densidad de accesos. Estos equipos, además de ser redundantes en sí mismos, se conectan al nivel superior a través de dos rutas activas con tráfico distribuido por prioridades y dimensionadas para que cualquiera de ellas sea capaz de soportar el tráfico propio y de la alternativa en un momento dado.

Entre las funciones más importantes de este nivel están las de conversión de protocolos y concentración que permitan compartir recursos a usuarios de distintas arquitecturas, así como garantizar el transporte de datos entre los demás niveles.

### *NIVEL LOCAL*

Este nivel lo forman las configuraciones locales necesarias que facilitan el acceso a la red de los terminales o agrupaciones de éstos.

Los equipos integrados en estas configuraciones deben simplificar la topología local soportando de forma transparente los terminales actuales y facilitando la evolución tecnológica de éstos.

En equipos aislados (SDLC, Transdata) se utiliza concentrador pasivo con acceso directo de terminales y conectado en local al nivel superior. En el caso de agrupaciones de terminales (unidades de control, HP,s, Tower,s, redes locales, etc.) el acceso es directo al nivel de acceso en protocolo nativo del equipo correspondiente, figura 10.

### *MEDIOS DE TRANSMISIÓN*

Los enlaces que intervienen en esta red son de Renfe y Telefónica. Las calidades de transmisión se establecen a partir de parámetros tales como criticidad del servicio, carga de tráfico, densidad de terminales, recursos propios, etc.

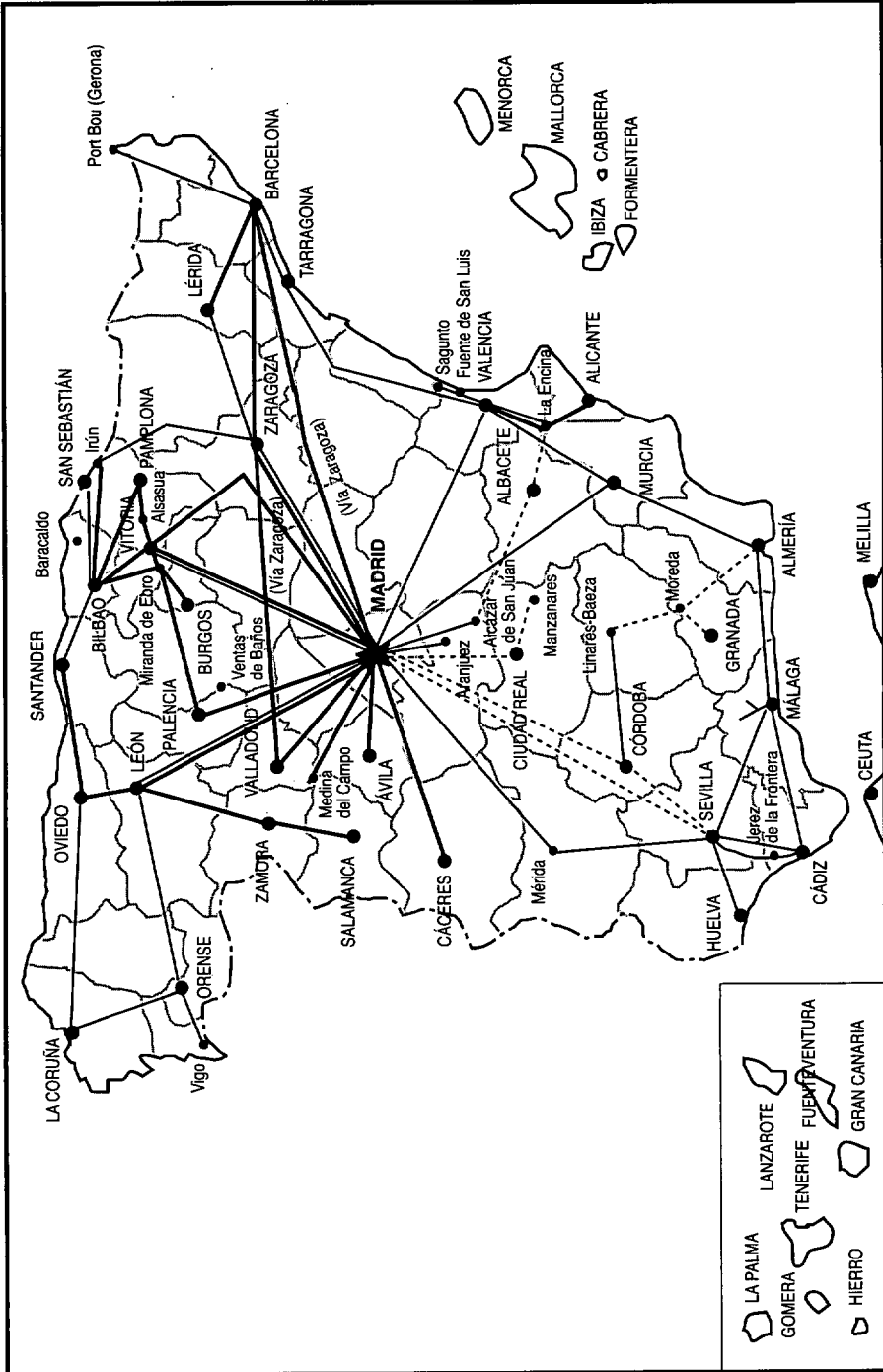


Figura 10.—Red de flujos digitales existentes.

Tanto el nivel de transporte como el nivel de acceso están dotados de enlaces alternativos para cada nodo. Esto supone definir rutas físicas distintas para cada una de las líneas y, por lo tanto, acudir a distinto proveedor para cada una de los enlaces si fuera necesario.

Los accesos a cada uno de los *host* del CPD de Delicias son desde dos nodos de red de primer nivel y ubicados en el propio centro de cálculo (conexiones locales). Los accesos de la red a estos nodos deben ser por canalizaciones distintas y con distinto proveedor de líneas.

En el caso de líneas troncales Iberpac (red Savia), éstas se conectan directamente al nodo de red del CPD de Delicias si es posible con protocolo de interconexión X-75.

Para dar solución al CBB de Barcelona, sólo será necesario la instalación en éste de un nodo en el propio centro conectado a los nodos de red de esta ciudad. La transmisión utiliza dos líneas de 64 Kb.

Si hubiera necesidad de conectar el nivel local al nivel de acceso de forma remota, y dependiendo de la criticidad del servicio, la línea de conexión podrá dotarse de *modems* con facilidad PP y RTC para garantizar la transmisión.

Para la modalidad de conexión RTC, se establecen grupos de salto conectados a nodos de la red de las áreas geográficas definidas teniendo en cuenta tanto aspectos económicos como técnicos y de rendimiento. Los *modems* a utilizar son multinorma para adaptarse a las características de cualquier equipo remoto que desee conectarse.

Es muy importante estudiar la utilización de *modems* con capacidad de gestión remota.