

INSTALACIONES DE LA LÍNEA METROSUR DE METRO DE MADRID

INSTALLATIONS ON THE METROSUR LINE OF THE MADRID METRO

JUAN CARLOS DÍEZ MARTÍN. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Gerente de Ingeniería de Construcción de Metro de Madrid. jcarlos_diez@mail.metromadrid.es

JESÚS VADILLO VALLEJO. Ingeniero de Telecomunicaciones
Gerente de Ingeniería de Equipamientos de Metro de Madrid. jesus_vadillo@mail.metromadrid.es

JAVIER GONZÁLEZ FERNÁNDEZ. Ingeniero Industrial.
Jefe de la Unidad de Ingeniería de Metro de Madrid. francisco_gonzalez@mail.metromadrid.es

RESUMEN: El presente artículo describe las instalaciones eléctricas, electrónicas y electromecánicas que son necesarias para poner en marcha la explotación ferroviaria de METROSUR.

PALABRAS CLAVE: ENERGÍA, SEÑALIZACIÓN, COMUNICACIONES, TETRA

ABSTRACT: The present article describes the electrical, electronic and electromechanical installation necessary for railway operation on the METROSUR.

KEYWORDS: POWER, SIGNALLING, COMMUNICATIONS, TETRA

1. SUBESTACIONES ELÉCTRICAS, ELECTRIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

1.1. SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Metrosur responde al interés de la administración por incrementar la oferta de transporte y mejorar el servicio prestado a los usuarios. Desde el punto de vista de material móvil exige adquirir nuevos trenes con mayores prestaciones, desde el punto de vista de las instalaciones de una estación incrementar los servicios que se prestan.

El suministro de la energía consumida por el material móvil así como el resto de las instalaciones eléctricas que nos encontramos en una estación se aporta desde las subestaciones eléctricas distribuidas a lo largo de la línea.

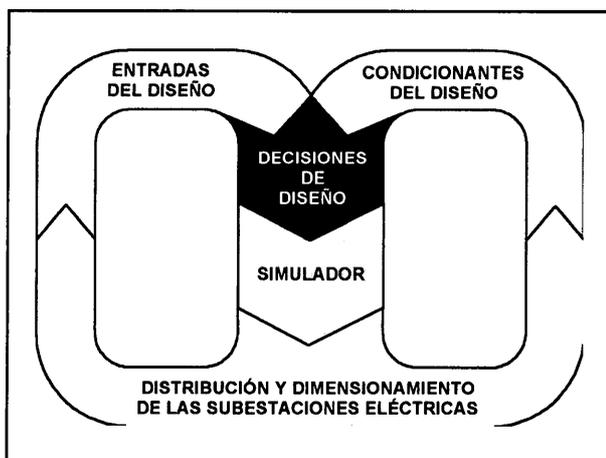
Las subestaciones eléctricas (Fig. 1) son subestaciones distribuidoras transformadoras rectificadoras. Es decir tienen una doble función, distribuir la energía que llega de las acometidas de compañía y por otro lado transformar y rectificar la energía a 1.500 V cc para alimentar a los trenes.

El proceso de diseño de la red de alimentación eléctrica de Metrosur consiste en validar mediante herramientas de simulación el modelo eléctrico de la línea.



Figura 1. Subestación eléctrica.

Figura 2. Distribución y dimensionamiento de las subestaciones eléctricas



Como entradas al diseño se modeliza el trazado, la situación de las estaciones, la señalización, el material móvil, las subestaciones y el sistema de electrificación.

Como condicionantes del diseño se tiene en cuenta la disponibilidad de espacio para ubicar las subestaciones, el coste económico de las distintas soluciones y los límites admisibles en cuanto a los niveles de tensión admisibles según normativa.

La resolución eléctrica y cinemática de la línea para el escenario de diseño permite obtener los parámetros eléctricos característicos de la línea. Es decir tensiones e intensida-

des instantáneas, potencia a instalar en cada subestación y energía consumida por cada una de ellas.

Estos resultados fueron transmitidos a las compañías eléctricas para definir el dimensionamiento de las acometidas atendiendo a unos exigentes criterios de fiabilidad.

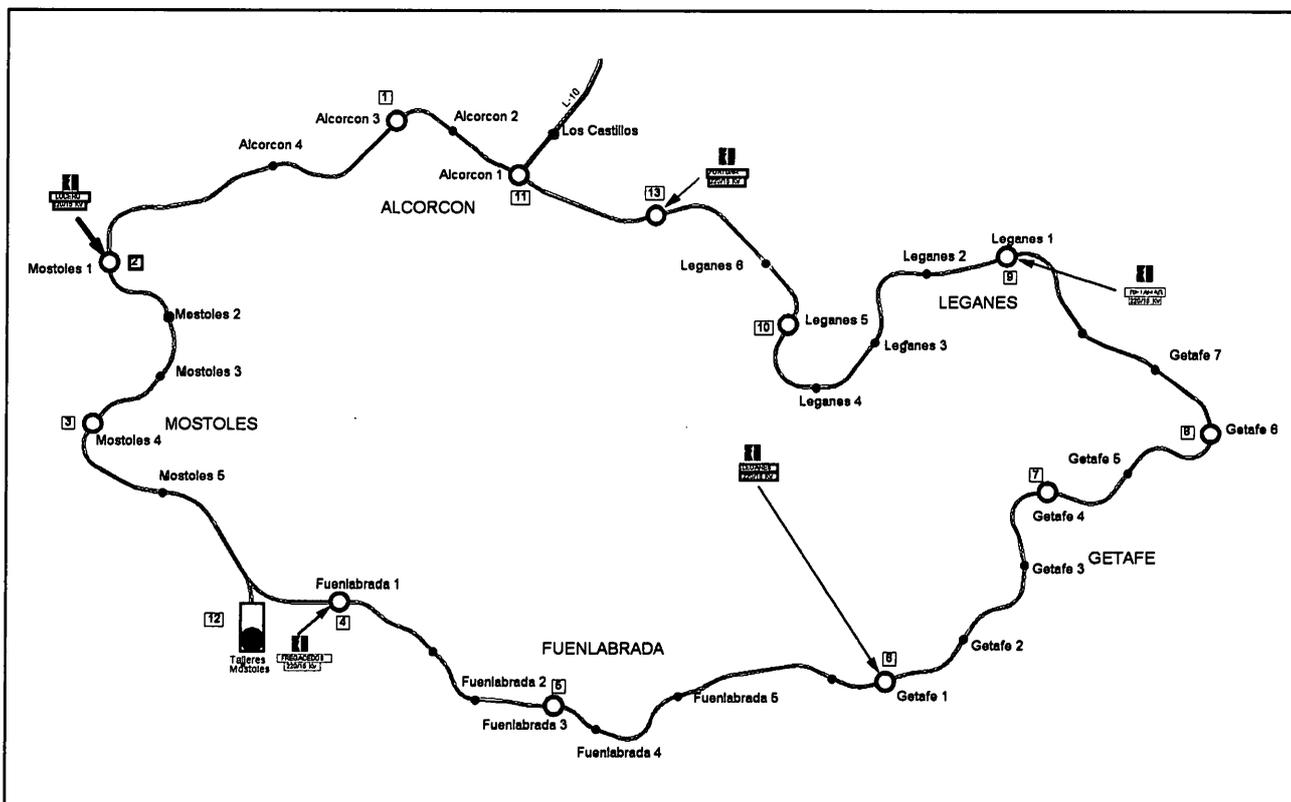
El criterio de fiabilidad exigido a las compañías para dimensionar las acometidas eléctricas es el N-1 para el escenario final de explotación. Es decir, ante el fallo de una de las acometidas, la distribución de cargas resultante, debería de poder ser absorbida por las restantes acometidas.

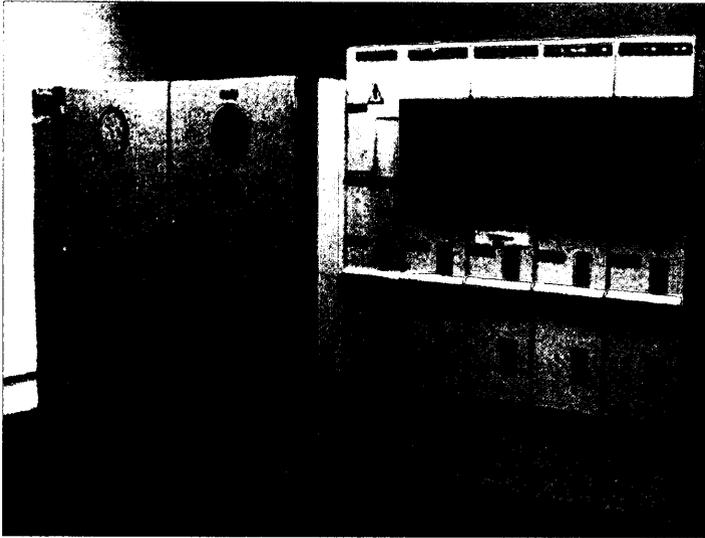
La solución de alimentación de Metrosur es un doble anillo de interconexión en 15 kV, entre doce subestaciones más un centro de reparto que alimentan los 40km de Metrosur así como la cochera de Loranca. La alimentación de este doble anillo se realiza desde cinco subestaciones de Iberdrola; Fregacedos, Lucero, La Fortuna, Getafe y Retamar. Los puntos de acometida de compañía son puntos de transformación dedicados (220/15 kV) para la red de Metro.

Las subestaciones incorporan los últimos avances del mercado como; control distribuido, telemando, aislamiento en gas y aire, disyuntores con corte en SF₆, transformadores secos con doble secundario, rectificadores de 12 pulsos, comunicaciones por ATM y acceso remoto a lectura fiscal e interna de Metro.

Las doce subestaciones, cumplen con las normativas más exigentes de seguridad; cables libres de halógenos, no propagadores del incendio y baja emisión de humos, transformado-

Figura 3. Acometidas eléctricas de Metrosur.





res de potencia para tracción tipo secos con clase E2 ambiental, C2 climática y F1 de comportamiento frente al fuego. Incluyen como novedad adicional un sistema de detección de incendios por aspiración.

1.2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN EN ESTACIÓN

La red de subestaciones de Metrosur además de alimentar la tracción de la línea da servicio a los centros de transformación de las estaciones que a su vez alimentan a las instalaciones de la estación.

Siguiendo el esquema tradicional en Metro de Madrid, la configuración de la red de alimentación de los centros de transformación de Metrosur es también un doble anillo alimentado desde las subestaciones.

En los centros de transformación de las estaciones se distinguen dos cuartos uno de alta tensión y otro cuarto de baja tensión. En el de alta tensión, para los dos cables de entra-

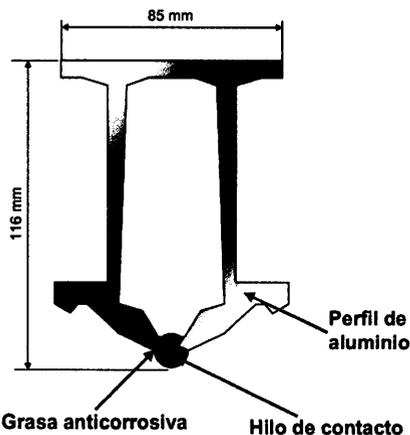
da salida, existe una etapa de transformación 15.000/400 V. En el cuarto de baja tensión se encuentra el cuadro de baja tensión. El cuadro de baja tensión alimenta los circuitos de la estación teniendo en su cabecera una conmutación automática entre los cables uno y dos de alimentación. Asimismo determinados circuitos disponen de una alimentación a su vez conmutada con la alimentación de emergencia de la estación.

Como novedad todos los centros de transformación de METROSUR incorporan telemando.

1.3. SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN DE METROSUR

En METROSUR el sistema de electrificación empleado ha sido catenaria rígida (Fig. 5). Este sistema se compone de un perfil de aluminio extrusionado, (2.214 mm²) de forma pentagonal, que pinza longitudinalmente el hilo de contacto el cual se monta sin tensión mecánica.

Figura 4. Cuarto de Alta Tensión en Centro de Transformación de Estación. A la derecha, catenaria rígida empleada en Metrosur.

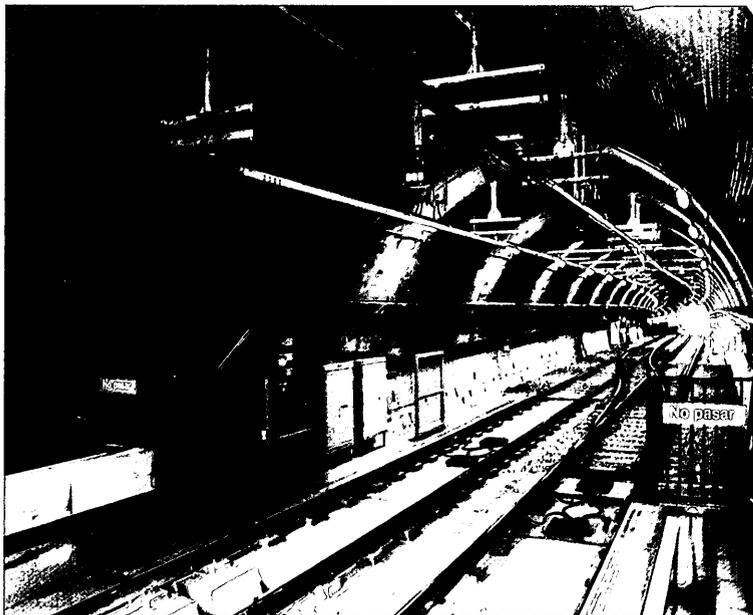
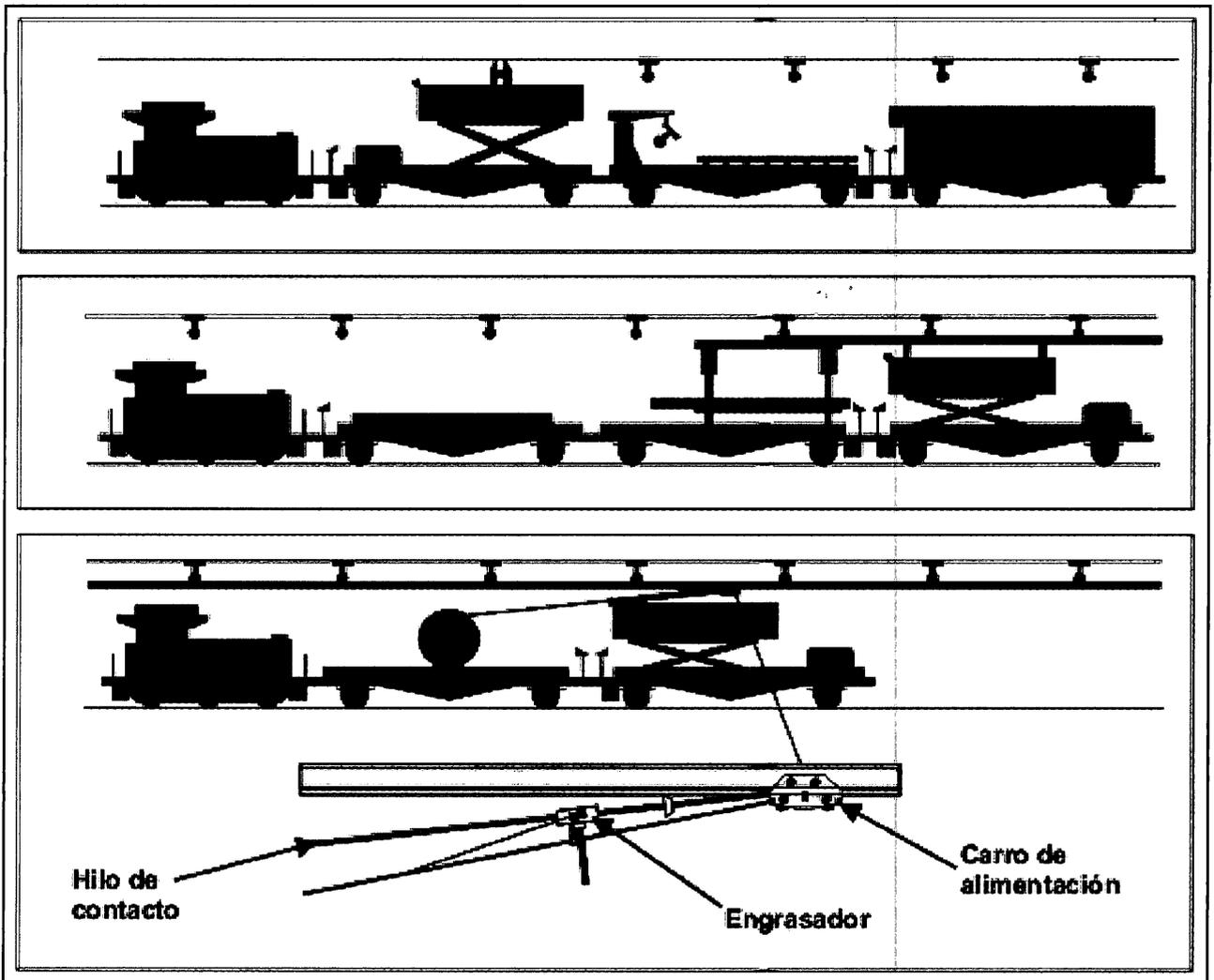


CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS

Parámetro	Valor
Área de la sección del perfil	2.214 mm ²
Perímetro	420 mm
Peso carril-conductor	58,0 N/m
Momento de inercia horizontal	339 cm ⁴
Momento de inercia vertical	113 cm ⁴
Módulo resistente horizontal	67,3 cm ³
Módulo resistente vertical	26,6 cm ³
Módulo elástico	69.000 N/mm ²
Coefficiente de dilatación lineal	24*10-6 1/°C
Tensión máxima	160 N/mm ²

Figura 6. Características estáticas del perfil de Catenaria rígida.

Figura 7.
Proceso de
montaje de la
Catenaria
rígida.



La facilidad de montaje es una de sus ventajas. Al montarse el hilo de contacto sin tensión mecánica se reduce la sección crítica y se aumenta el periodo de sustitución del hilo de contacto por desgaste. Por otro lado el conjunto del carril e hilo presenta una gran sección equivalente eliminándose los cables de acompañamiento.

Entre los inconvenientes que presenta este sistema de electrificación están las bajas velocidades de circulación, por su peor comportamiento dinámico, la pequeña distancia entre soporte y los problemas para su instalación en exterior.

No obstante los bajos costes de mantenimiento, su validez para las velocidades de circulación en la red metropolitana y sobre todo el aumento del grado de seguridad de la instalación al reducirse la posibilidad de enganchones entre el pantógrafo el hilo han hecho que este sistema de electrificación se haya impuesto en el anterior y actual plan de ampliación.

2. SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA

La señalización ferroviaria (Fig. 9) como sistema de mando, control y supervisión de la circulación en una línea de Metro se define como el conjunto de instalaciones relativas a:

- Señalización y Enclavamientos
- Protección y automática de trenes (ATP/ATO).
- Control de Trenes Centralizado (CTC) y Regulación.

Todo este conjunto de instalaciones ha quedado definido, para la línea Metrosur y Cocheras asociadas, en los siguientes proyectos, abiertos a las tecnologías de señalización ferroviaria consolidadas en el mercado:

- Proyecto de Señalización y enclavamientos de la línea METROSUR
- Proyecto de Señalización y enclavamientos de la Cochera de Loranca
- Proyecto de equipamiento de ATP/ATO y C. de Vía de Metrosur.
- Proyecto Centralizado de Trenes (CTC) y Regulación.

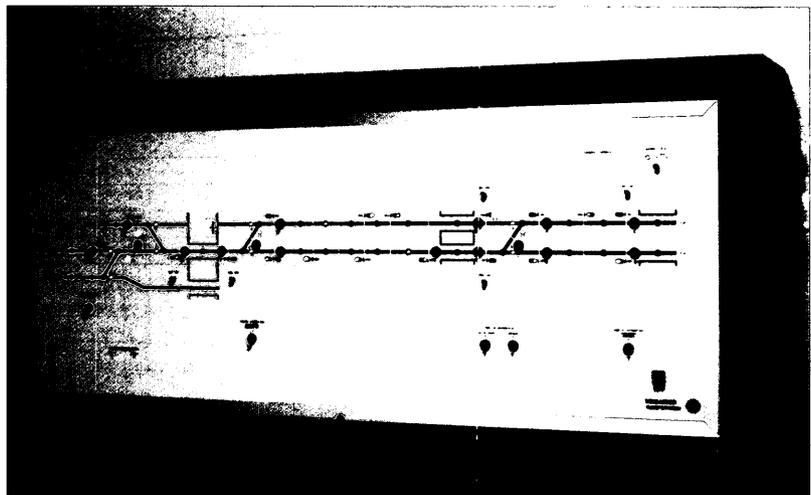
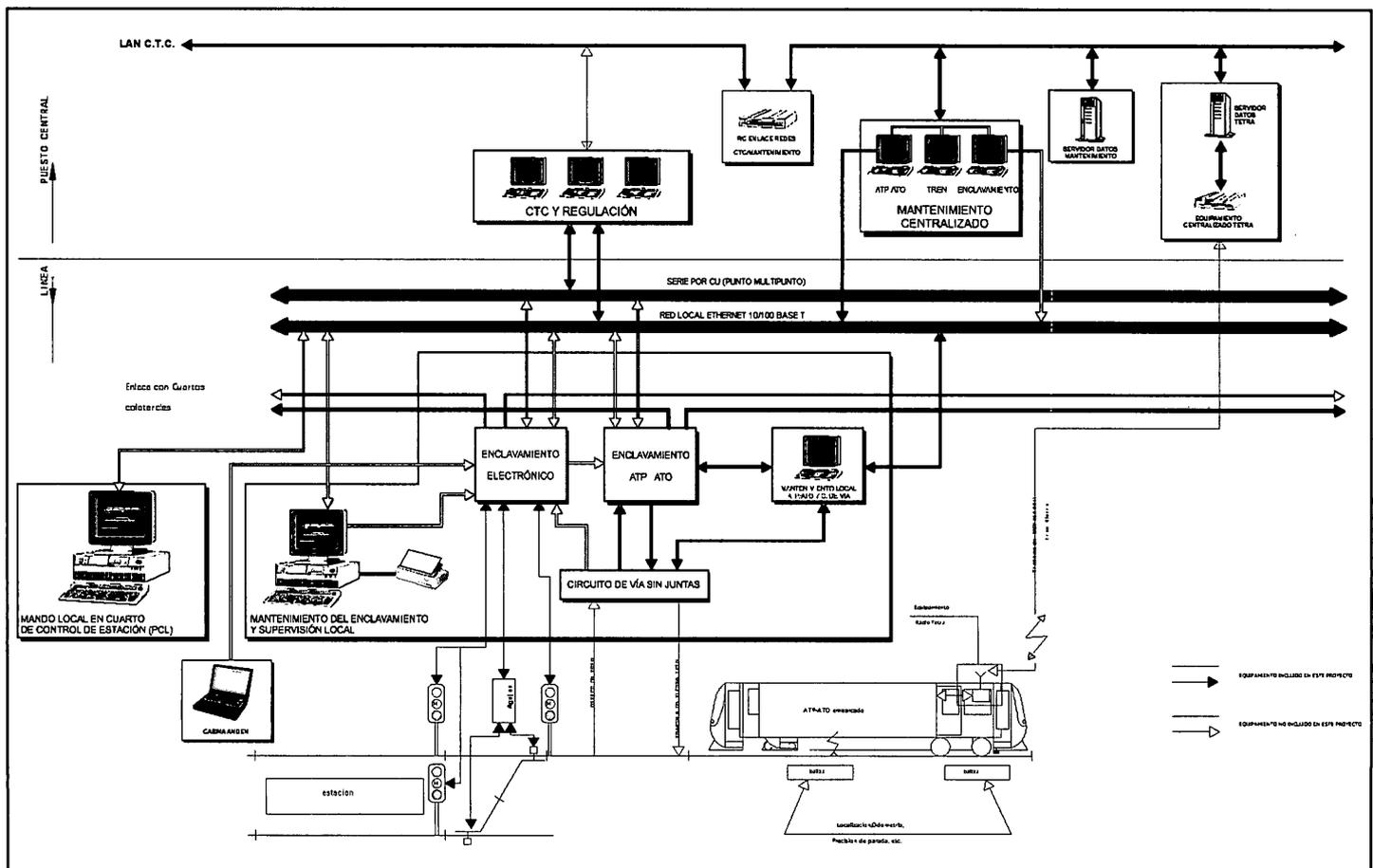


Figura 9. Señalización ferroviaria.

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN

En el esquema de la fig. 10 se adjunta un diagrama de bloques con el conjunto de sistemas, de que consta la línea METROSUR, y la interrelación entre ellos.

Figura 10. Diagrama de bloques de bloques de METROSUR.



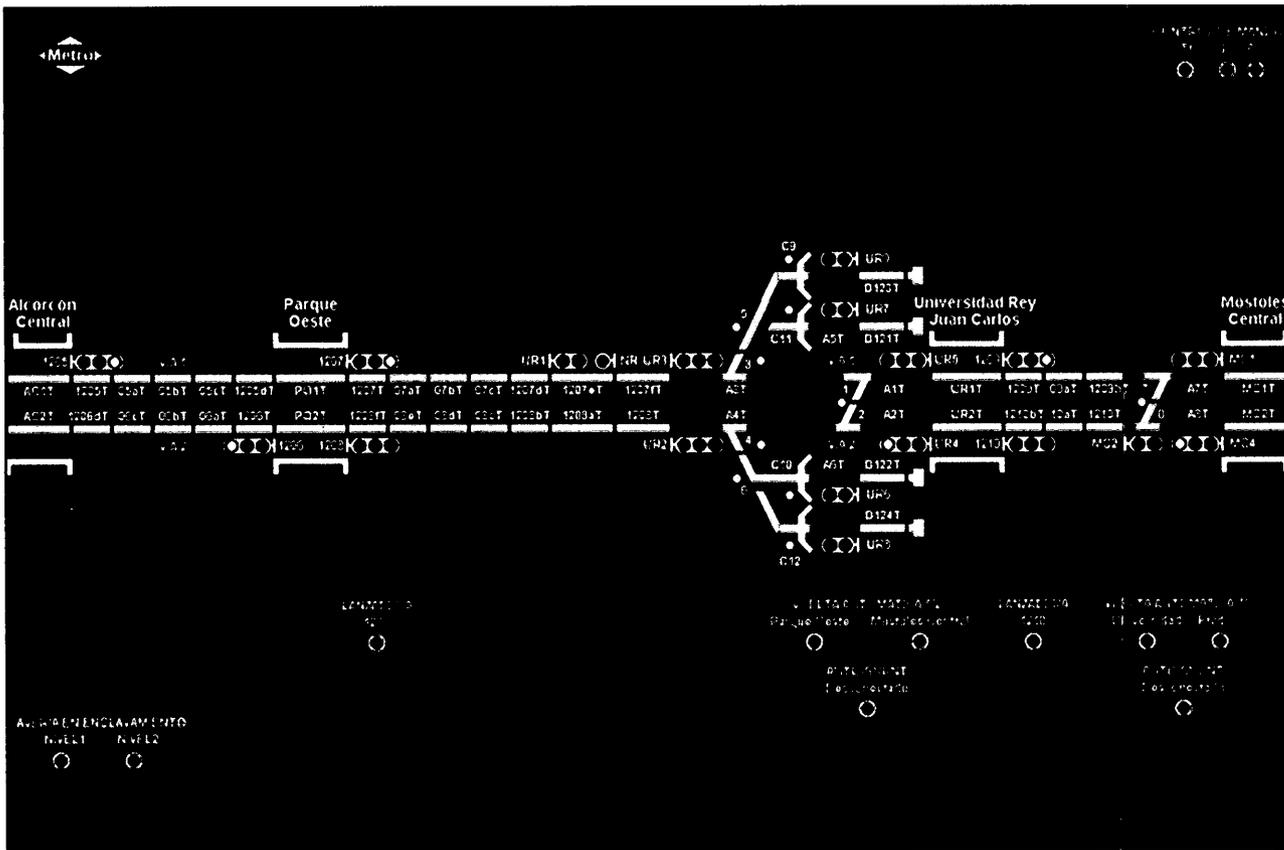


Figura 11. Enclavamiento de Universidad Rey Juan Carlos.

2.2. SEÑALIZACIÓN Y ENCLAVAMIENTOS

El enclavamiento es el sistema que permite el mando y supervisión de los elementos de vía :

- Señales
- Agujas
- Toperas y otros elementos auxiliares
- Circuitos de Vía (cuya función es la detección de los trenes, son del tipo "audiofrecuencia" sin juntas aislantes en vía).

El enclavamiento procesa las órdenes recibidas, bien sea localmente o desde el Puesto Central, y de acuerdo con el estado de los elementos de vía realizará los itinerarios y maniobras que estén permitidas impidiendo la realización de aquellos movimientos no autorizados. Tanto el software como el hardware del enclavamiento están diseñados cumpliendo normativas de seguridad muy rigurosas.

Los enclavamientos previstos para Metrosur son del tipo electrónico en configuración redundante "hot stand-by" con el fin de aumentar la disponibilidad de la instalación ante fallos. Cada enclavamiento dispone de un mando local, basado en ordenador, que permite controlar de forma individualizada cada uno de los enclavamientos así como la posi-

bilidad de ampliar el control a enclavamientos adyacentes o realizar el control del conjunto de la línea.

En el esquema de la figura 11 muestra el diagrama que aparece en el mando local del enclavamiento de "Universidad Rey Juan Carlos".

2.3. SISTEMA DE ATP

El sistema de Protección Automática de trenes (ATP) permite el control de la velocidad máxima de circulación de los trenes y en consecuencia protege a estos de forma segura y automática ante alcances, velocidades excesivas, etc.

El sistema de ATP se compone de equipos embarcados en tren, que realizan las funciones de seguridad en la circulación y equipo fijos instalados en vía que comunican el estado de las instalaciones a los trenes.

Para METROSUR se ha contratado un sistema de ATP del tipo "Distancia objetivo", cuyas características más importantes son:

- En este sistema el tren recibe de los equipos de ATP de vía, el número de c. de vía que están libres por delante del tren así como las restricciones especiales de velocidad por los condicionamientos de los itinerarios, trabajos de vía, etc.



Figura 12.
Armarios de
Comunicaciones.

- El tren dispone en su memoria de las informaciones referentes a las características de la línea y su perfil de velocidades. La localización del tren se realiza regularmente a través de una serie de balizas puntuales situadas en la vía.
- Con los datos disponibles el tren calcula la distancia de acercamiento a los obstáculos y realiza un control continuo de la velocidad máxima en función de su situación y distancia al objetivo.

Este sistema permite reducir el intervalo entre trenes, incluso a velocidades altas como en el caso de METROSUR (110 Km/h)

2.4. SISTEMA DE ATO

El sistema de Conducción Automática de Trenes (ATO) se compone de un conjunto de equipos situados tanto a bordo del tren como en la vía y que sustituyen parte, o la totalidad de las funciones de la conducción normal del tren, dependiendo del equipamiento de la línea. En el caso de METROSUR el ATO realiza la conducción automática del tren exceptuando la apertura y cierre de puertas y la orden de arranque.

El ATO está en todo momento supervisado por el sistema ATP y proporciona las siguientes ventajas:

- Tiempos de recorrido mínimos, a marcha tendida
- Marchas muy regulares para el conjunto de los trenes de la línea
- Marchas confortables
- Aparte de estas ventajas el sistema permite mediante la transmisión de datos variables de vía a tren, otras funcionalidades entre las que se encuentran:

- Paso sin parada por estaciones
- Cambio de punto de parada en estaciones
- Posibilidad de realizar diferentes tipos de marcha intersección (regulación, ahorro de energía, etc).
- El sistema permite igualmente la realización de vueltas automáticas en terminales o zonas de maniobra.

2.5. SISTEMA DE CONTROL DE TRÁFICO CENTRALIZADO (CTC)

El mando y supervisión de las instalaciones de Señalización-ATP y ATO de la línea METROSUR se realizarán desde el Puesto de Mando de Alto del Arenal donde está centralizado, actualmente, el control del conjunto de la red de Metro o bien desde el.

El sistema de CTC permite:

- Representación de los diferentes estados de los elementos de señalización (señales, agujas, itinerarios, etc).
- Representación, seguimiento e identificación de trenes dentro de las líneas.
- Envío de las ordenes generadas por los operadores hacia los enclavamientos de la línea para el cierre y apertura de señales, realización de maniobras, etc.
- Registro de incidencias, históricos, informes, etc.
- Asimismo el CTC a través de programas complementarios como el SIRAT, permite realizar la regulación de las líneas, bien sea manteniendo unos intervalos uniformes o cumpliendo las mallas horarias preestablecidas, todo ello sin empeorar la velocidad comercial y reduciendo el consumo energético.

Aparte del mando CTC situado en A. Arenal, que se ha indicado anteriormente, la línea METROSUR dispondrá de un mando alternativo, con menores prestaciones, situado en la estación de Puerta del Sur

3. COMUNICACIONES

3.1. COMUNICACIONES

El conjunto de las Comunicaciones de Metro (Fig. 12) permite establecer comunicaciones de voz, datos y vídeo entre los agentes de Metro y los Puestos de Mando.

Para conseguir un perfecto funcionamiento y una total integración con el resto del METRO DE MADRID, han sido necesarias realizar actuaciones suplementarias en la Línea 10 y en el Puesto de Mando Central de Alto del Arenal.

La red de comunicaciones esta pensada para dar servicio a las tareas relacionadas con la explotación ferroviaria, la atención a los viajeros y la gestión y mantenimiento de las instalaciones.

Las comunicaciones se componen de los siguientes sistemas:

- Sistema físico de red.
- Sistemas de transmisión en línea y estaciones.
- Servicio de radiotelefonía de estaciones y trenes.
- Servicio de telefonía.
- Servicio de información al viajero.

Independientemente de los sistemas de comunicaciones, también es necesario instalar, en los Cuartos de Comunicaciones de cada estación: un Sistema de Alimentación, el Equipamiento de Climatización y el suelo técnico junto con los armarios para los equipos.

3.1.1. La red de comunicaciones a nivel físico

La red física esta compuesta de cables de fibra óptica y cables de pares telefónicos que interconectan las estaciones.

CABLES DE FIBRA ÓPTICA

- Cable de línea. Dos cables de fibras ópticas monomodo, tendidos uno por cada paramento del túnel de toda la línea, con entrada y salida en los cuartos de comunicaciones de cada una de las estaciones.
- Cable de estación. Son cables de 8 fibras ópticas multimodo tendidos desde los cuartos de comunicaciones hasta una serie de dependencias remotas de estación (P.C.L., cuarto de enclavamientos, etc.) y, en las estaciones que dispongan de subestación, un cable de fibra mixto (8 f.o. multimodo + 8 f.o. monomodo) desde los cuartos de comunicaciones hasta las subestaciones correspondientes.
- Cable de interconexión de líneas. Incluye un cable de 64 fibras ópticas en la estación de Puerta del Sur entre los cuartos de comunicaciones de METROSUR y Línea 10.

En METROSUR se implementará un sistema de supervisión remoto de fibra óptica para gestionar la red. Monitorizará fibras oscuras, fibras sin servicio, pero el sistema esta preparado para monitorizar fibras activas en un futuro.

CABLES DE PARES TELEFÓNICOS

Este cable, denominado generalmente cable de telefonía, es de tipo interurbano apantallado, de 100 pares, tendido a lo largo del túnel con entrada y salida a los cuartos de comunicaciones de todas las estaciones. Es el soporte físico para los servicios de telefonía automática, telefonía selectiva, CTC y servicios varios.

3.1.2. Sistemas de transmisión en línea y estaciones

El Sistema de Transmisión de Línea se encargará de la integración de todo el sistema de comunicaciones en la Red Integrada Multiservicio IP/ATM y PDH. Para ello implementará los servicios de acceso y distribución, y también los nodos troncales.

ATM

El sistema de comunicaciones ATM diseñado, contempla un esquema de Red Jerárquico, en donde se identifican claramente tres niveles: la Red de Acceso, que proporcionará la conectividad a la Red IP/ATM en cada una de las estaciones; la Red de Transporte o Distribución que permitirá la interconexión de la Red de Acceso; y la Red Nodal que será la responsable de concentrar las capacidades de la totalidad de la Red y permitir la vinculación de la Red de METROSUR con la Red IP/ATM actualmente operativa en el resto de METRO DE MADRID.

La solución diseñada cumple con las siguientes premisas básicas de servicio:

- El sistema soporta los actuales y futuros requerimientos de comunicaciones.
- El sistema soporta los servicios de la red actual de METRO DE MADRID, por lo que la solución es exportable al resto de la red.

PDH

Este subsistema de comunicaciones de Línea tendrá como finalidad, facilitar circuitos dedicados para comunicaciones de voz y datos de baja velocidad, entre los Puestos de Mandos y el conjunto de estaciones de la red.

RED ETHERNET DE ESTACIÓN

En todas las estaciones de METROSUR se implantará una red Ethernet interna para dar servicio al equipamiento instalado en los diferentes cuartos técnicos.

La estructura de red sigue una topología en estrella, siendo el punto central el Nodo de Acceso a la Red ATM/IP instalado en el Cuarto de Comunicaciones de cada estación. La comunicación entre los diferentes cuartos se realizará a través de cables de Fibra Óptica Multimodo.

3.1.3. Sistemas de radiotelefonía de estaciones y trenes

El Sistema de Radiotelefonía se divide en el Sistema de Radiotelefonía de Estaciones y el Sistema de Radiotelefonía de Trenes. A su vez esta línea dispondrá del sistema de radio TETRA, que se expone en un capítulo aparte.

El Sistema de Radiotelefonía de Estaciones permitirá establecer comunicaciones radioeléctricas bidireccionales entre el Puesto de Mando de Estaciones y los agentes que trabajan en las estaciones. Constará de un equipo base en el Cuarto de Comunicaciones de cada una de las estaciones desde donde se da cobertura, mediante cable coaxial radiante y antenas, a la totalidad de cada estación

El Sistema de Radiotelefonía de Trenes permitirá establecer comunicaciones radioeléctricas bidireccionales entre el Puesto de Mando Central y los conductores de los diferentes trenes que recorrerán la Línea. La red de transmisión radioeléctrica de túnel se basará genéricamente en un cable coaxial radiante de 1" con sus componentes auxiliares (acopladores, divisores, cargas terminales, etc.).

3.1.4. Sistemas de telefonía

El Sistema de Telefonía que se instalará en METROSUR es un sistema mixto de telefonía tradicional (basado en centralitas telefónicas) y sistemas digitales de telefonía IP (ToIP) que proporcionarán servicios suplementarios a la red.

Los elementos que constituirán el Sistema de Telefonía serán: las centralitas digitales PABX, los equipos integradores de extensiones telefónicas, terminal para adaptadores telefónicos, un equipo gestor de servicios de Voz sobre IP y un equipo gestor de encaminamiento de llamadas, responsable de realizar las funciones de enrutamiento entre adaptadores telefónicos y extensiones.

Además se añadirá un servidor de conferencias que gestionará todo el sistema de conferencias multiusuario dentro de METROSUR. Este sistema sustituirá al actual servicio de telefonía selectiva o ferroviaria.

3.1.5. Sistema de información al viajero

El Sistema de Información al Viajero permite la gestión y presentación de la información en los distintos paneles teled indicadores de estación (Paneles de Información Visual, P.I.V.).

Este sistema proporciona información a los viajeros en los andenes, vestíbulos y zonas de torniquetes de las estaciones. La actualización de la información en toda la infraestructura de la línea se realiza en tiempo real y las informaciones cambian en toda la infraestructura de la línea en un tiempo máximo de 1 segundo.

4. TETRA

El Sistema de Radiocomunicaciones TETRA a implantar en la Línea METROSUR prestará Servicio a Trenes, a Estaciones y Seguridad, y a Mantenimiento. Estos servicios forman grupos de usuarios cerrados soportados por una misma in-

fraestructura de gestión y conmutación, compartiendo los canales del sistema.

El Sistema TETRA, basado en el Sistema Dimetra de Motorola, permite la transmisión de voz y datos en las distintas modalidades previstas por dicho estándar (mensajes de estado, datos cortos, y datos en modo paquete). El sistema TETRA está constituido básicamente por dos tipos de emplazamientos denominados Emplazamiento maestro (centro de gestión y conmutación) y Emplazamientos remotos (las Bases de Cobertura Radio)

El estándar TETRA (Transeuropean Trunking Radio) es el único estándar europeo para redes radio trunking digitales avanzadas. Desarrollado por el Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones (ETSI), está especialmente concebido para cubrir las necesidades de comunicaciones de voz y datos de usuarios de redes privadas de radio (PMR) que tienen que enfrentarse a la congestión del tráfico y a una demanda creciente de servicios de voz y datos que los actuales sistemas analógicos no pueden suministrar..

TETRA es un estándar abierto con espectro radioeléctrico armonizado que asegura a los posibles usuarios y operadores beneficios tales como:

- Mayor eficiencia de uso del espectro radioeléctrico. Cuatro canales por portadora de 25 KHz. La asignación de los canales de tráfico se realizará automáticamente por el sistema en función de la demanda (tecnología trunking).
- Versatilidad en las llamadas de grupo, privada, individual, modo directo,...
- Asignación de canal según la prioridad del usuario.
- Suministro de múltiples fabricantes, tanto de infraestructuras como de terminales de usuario.
- Reducción de los costes de equipamiento gracias a la economía de escala.
- Reducción de los costes de operación mediante la compartición de recursos.
- Facilidades de voz y datos integradas.

El estándar TETRA utiliza las últimas tecnologías de codificación de voz y el reconocimiento de voz que permiten comprimir la información manteniendo una excelente calidad de audio.

El Sistema de Radiotelefonía TETRA hará uso de las infraestructuras radiantes que se implanten en la línea (túneles y estaciones) en forma compartida con los sistemas de Radiotelefonía de Trenes (sistema analógico en canal abierto en banda VHF) y Radiotelefonía de Estaciones y Seguridad (sistema analógico con llamada selectiva en banda de UHF) previstos en el Proyecto de Comunicaciones de METROSUR.

El Sistema radiante del túnel presentará una topología de anillo, siguiendo la configuración de la red ferroviaria. Poseerá un elevado grado de solapamiento de cobertura en-

tre estaciones adyacentes lo cual le permitirá operar en forma redundante. El sistema será capaz de funcionar a nivel de cobertura de móviles en cualquier tramo del trayecto, incluso ante la caída de cualquiera de sus Estaciones Base de Cobertura Radio merced al grado de solapamiento conseguido.

El Sistema TETRA para METROSUR está compuesto por un Centro de Gestión y Conmutación (SwMI) que se instalará en el Puesto de Mando de Puerta del Sur, que gestionará un total de 30 Estaciones Base de Cobertura Radio. Todas las Estaciones Base de Cobertura del sistema están equipadas en principio con una única portadora, lo que supone disponer de 4 canales (tres canales de tráfico más uno de control).

El Centro de Conmutación y Gestión (SwMI) a instalar será totalmente compatible con el ya instalado en el Puesto de Mando de Alto del Arenal de forma tal que el sistema de comunicaciones TETRA podrá ser escalado para cubrir la totalidad de METRO DE MADRID mediante una red de SwMI interconectados por la red de transporte de METRO DE MADRID de forma tal que un usuario pueda localizarse en cualquier parte de la red de Metro independientemente del grupo TETRA al que pertenezca.

5. CONTROL DE ESTACIONES

El Proyecto de Control de Estaciones comprende las siguientes instalaciones en cada una de las estaciones:

- sistema de control de instalaciones electromecánicas
- sistema de comunicaciones asociado al Control de Estación
- sistema de telecontrol centralizado de estación (TCE)
- sistema de cancelas
- sistemas de control de peaje y venta
- sistemas de control de accesos y antiintrusión

5.1. SISTEMA DE CONTROL DE INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS

Este sistema, engloba el sistema de supervisión y control del conjunto de instalaciones electromecánicas de la estación (escaleras mecánicas, ascensores, cancelas, ventilación, instalaciones de bombeo) y se interconecta con el TCE para la realización de las funciones de presentación, control y correlación de actuaciones con otros sistemas.

Se considera un sistema distribuido que utiliza diferentes autómatas programables para el control y supervisión de las instalaciones asociadas e implantadas en la estación. Existen familias de autómatas diferentes según las instalaciones que controlan y supervisan, todas con protocolo de comuni-

cación TCP/IP. La comunicación entre la unidad maestra que hace las funciones de gestor de la red y el TCE será con TCP/IP, a través de la red de comunicaciones Ethernet de la estación.

Las instalaciones sobre las que se hacen tareas de control, telemando y supervisión son las siguientes:

- Escaleras mecánicas
- Ascensores
- Ventilación
- Cancelas
- Equipos de bombeo
- Energía:
 - Alumbrado de túnel
 - Alumbrado de estación
 - Cuarto de Baja
 - Armarios de Energía
- Salidas de Evacuación
- Sistema contra incendios

Esta arquitectura de control permite conocer el estado de funcionamiento de las mencionadas instalaciones en cada estación, reflejando las alarmas e incidencias o los cambios en el funcionamiento normal preasignado, así como permite dar los órdenes oportunas para modificar el estado de funcionamiento.

Las tareas de supervisión y control se podrán realizar desde cualquiera de los tres emplazamientos: CCI, TICS (Telecontrol de Instalaciones y Control de Seguridad) en Puerta del Sur, o Puesto de Mando Central de Alto del Arenal, siempre que las instalaciones no estén en modo local.

Los componentes principales de este sistema son:

- Los autómatas programables o unidades remotas (UR)
- Una unidad central, que recoge las informaciones de todos los autómatas, Unidad Maestra (UM), instalada en el armario de control del CCI y que será la que se comunique con el sistema de telecontrol centralizado de la estación TCE
- La red de transmisión (Fig. 13)

COMUNICACIONES ASOCIADAS AL CONTROL DE ESTACIONES

Sistema de T.V.C.C.

El sistema de televisión en circuito cerrado (TVCC) permitirá la vigilancia centralizada de todos los andenes, escaleras mecánicas, ascensores, vestíbulos, pasillos de una estación y, eventualmente, sacos de fin de línea.

El sistema de TVCC constará de los siguientes componentes principales:

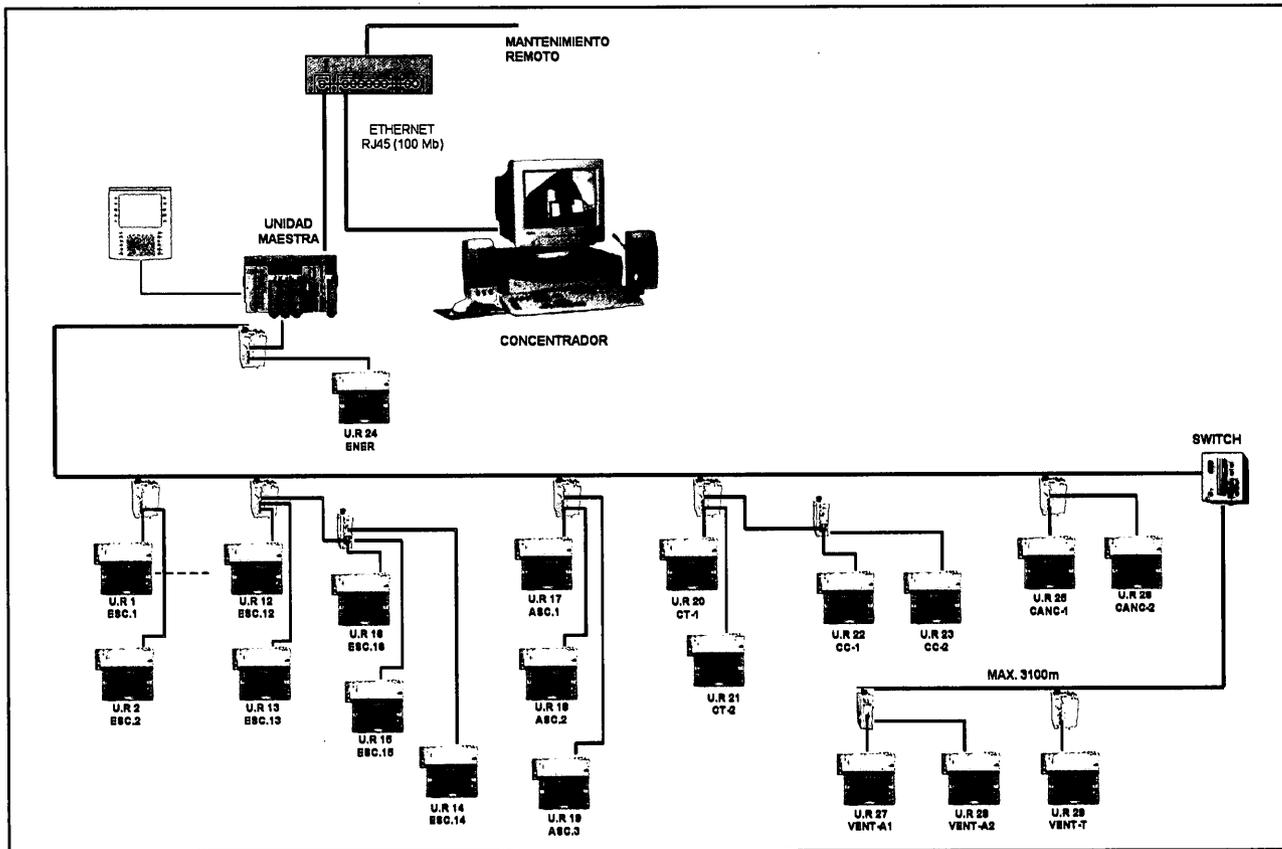


Figura 13.
Red de
Transmisión.

- Cámaras
- Red de cable coaxial
- Sistema de Centralización de Vídeo
- Equipo de gestión de visualización
- Paneles de vigilancia

Las señales de vídeo procedentes de las cámaras, serán enviadas por los correspondientes cables coaxiales hasta el equipo de centralización, Sistema de Centralización de Vídeo, instalado en el armario de TVCC del cuarto de comunicaciones.

La alimentación de las cámaras se realizará por el propio cable coaxial.

Desde una pantalla de plasma situada en el vestíbulo de la estación y a través del equipo de gestión de la visualización se podrán visualizar todas las cámaras de la estación, así como las de las estaciones telecontroladas. Además, se podrán visualizar estas cámaras en el monitor del TCE.

El sistema de TVCC se integrará con los sistemas de control de la estación: la Unidad Maestra (U.M.) del sistema de control de instalaciones y el TCE (Telecontrol Centralizado de Estaciones), permitiendo un funcionamiento coordinado con el resto de los sistemas.

En concreto, a través de la U.M., a nivel de estación, se podrán fijar, de forma automática, las cámaras en la panta-

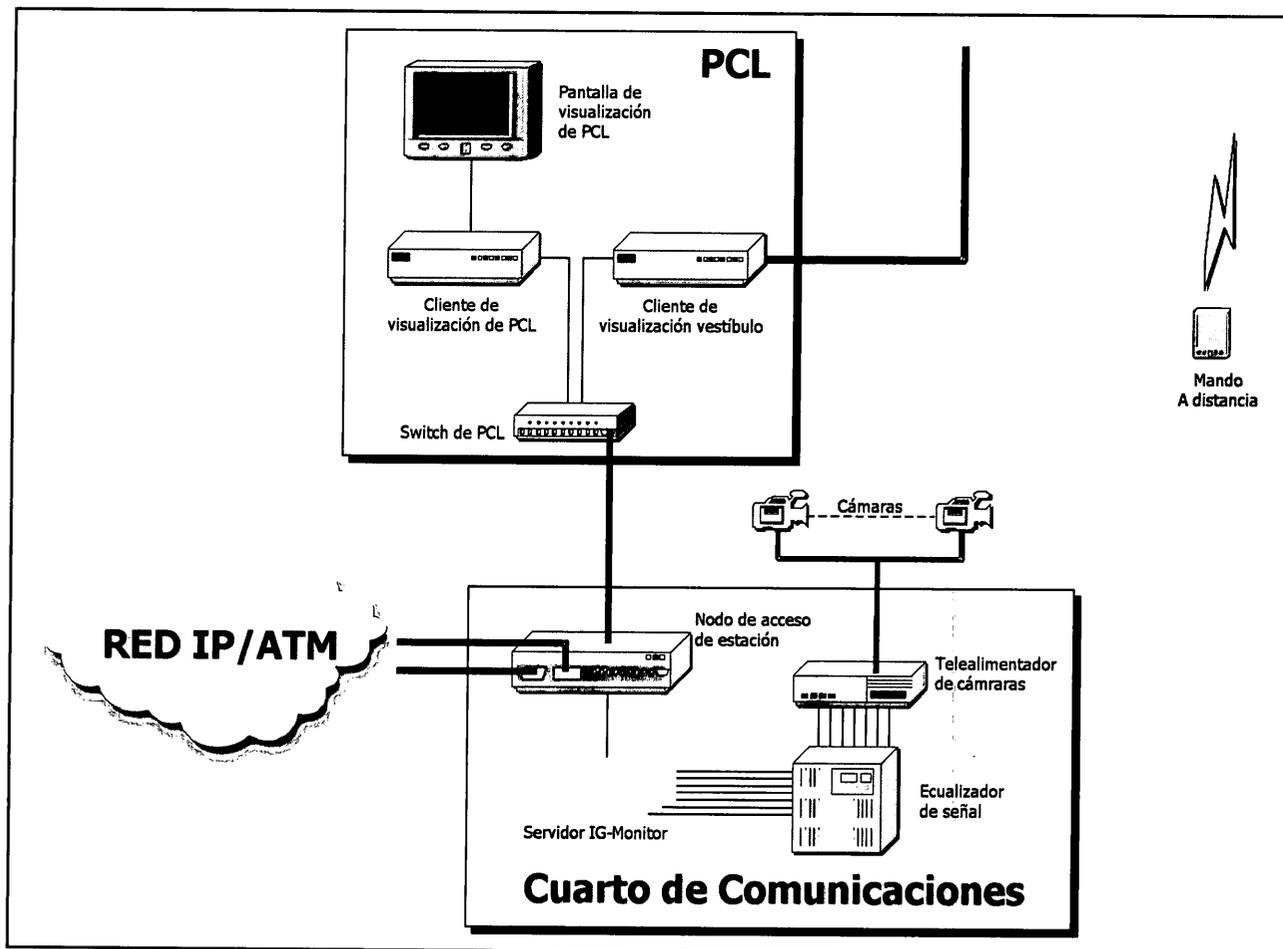
lla del vestíbulo ante determinadas situaciones (llamada a un Interfono, arranque de una escalera, alarma en un ascensor, etc.). Por medio del TCE, desde el centro TICS y desde el Puesto de Mando Central de Alto del Arenal se podrán fijar, bajo demanda, las cámaras en las pantallas gigantes ante la atención de esas mismas incidencias.

Este sistema permitirá, además, la creación de rondas de cámaras y la gestión de la pantalla por cuadros.

El sistema de TVCC ha de permitir

- La visualización de cualquier cámara de cualquier estación en el puesto de mando habilitado a tal efecto.
- La visualización sobre la pantalla de video-vigilancia de vestíbulo de cualquier cámara de la estación, así como de las estaciones telecontroladas.
- La visualización en el monitor del TCE de cualquier cámara de la estación, así como de las estaciones telecontroladas.
- La interrelación con la unidad maestra, para que ante cualquier alarma o actuación sobre las instalaciones electromecánicas y la activación de un interfono, aparezca la imagen de la cámara correspondiente sobre la pantalla de visualización del vestíbulo.

Figura 14.
Red Integrada
Multiservicio de
Metro de
Madrid.



- La visualización en un puesto remoto ya sea desde vestíbulo o monitor de TCE de otra estación predefinida o telecontrolada y desde el Puesto de Mando Central del Alto del Arenal, como destino final de la centralización de vídeo.
- La integración de forma transparente con el sistema de gestión de visualización de un módulo que permita la gestión del movimiento de las cámaras motorizadas.

Utilizando el Sistema de Centralización de Vídeo se enviarán, utilizando la Red Integrada Multiservicio IP\ATM de Metro de Madrid, las imágenes de las cámaras de TV al Puesto de Mando Central. (Fig. 14).

Sistema de Megafonía

El sistema de megafonía permitirá la sonorización de la estación, pudiendo seleccionar una, varias o todas las zonas que se mencionan a continuación:

- Cada andén de la estación
- Cada uno de los vestíbulos

- Cada una de las escaleras
- Cada una de las zonas de pasillos de cierta longitud

La sonorización se hará utilizando las siguientes fuentes sonoras:

- Mensajes hablados mediante micrófono y mensajes pre-grabados, a nivel local.
- Fuente local de audio constituida por el ordenador del cuarto de comunicaciones, donde se podrá almacenar y transmitir mensajes pregrabados relacionados con la circulación de trenes.
- Acceso a las mismas zonas locales desde otras fuentes similares procedentes del Puesto de Mando Central de A. Arenal o el TICS de Puerta del Sur.
- A su vez, es posible la transmisión de mensajes desde el Puesto Central o TICS a cualquier zona o grupo de ellas de una estación, vía central telefónica PABX.

Para la selección de las distintas fuentes de sonido y las diferentes zonas a sonorizar, el operador del CCI dispondrá del monitor del TCE.

También existirá un sistema de megafonía centralizada desde el Puesto de Mando Central.

El conjunto de los centros de emisión de mensajes: CCI, Cuarto de Andén, TICS y Puesto de Mando Central, constituyen diferentes niveles jerárquicos del sistema de megafonía centralizada de Metro. Dichos niveles estarán interrelacionados y su configuración evitará el riesgo de que exista superposición de mensajes en el mismo ambiente o zona de una estación cuando estén actuando simultáneamente los operadores de los centros mencionados.

El nivel sonoro especialmente en andenes se adaptará dinámicamente al nivel de ruido existente en cada momento y con respuesta en tiempo real.

Existirá un control sobre el volumen de salida en función de dos parámetros:

- Situación del tren en los andenes, recibida del ordenador de información al viajero que dispone de la información asociada a la circulación prevista de trenes en los andenes.
- Nivel de ruido ambiente, medida según el procedimiento anterior.

Sobre este nivel predefinido para cada escenario, se aplicará una corrección de acuerdo con las medidas de ruido ambiente realizadas.

Sistema de Interfonía

El sistema de interfonía permite tanto a los agentes de Metro, como a los viajeros, establecer de modo sencillo y rápido, comunicación telefónica con el agente que tenga bajo su control (local o remoto) las instalaciones de la estación y ante la imposibilidad de establecer esta llamada, comunicación con el centro TICS o con el Puesto de Mando Central de estaciones o información al viajero de Alto del Arenal.

Se utilizará para la implementación de este sistema la tecnología Voz IP, que permite la instalación de una sola red (para datos y voz) dentro del ámbito de la estación, lo que supondrá una ventaja importante ya que evitará la instalación de una red específica para la voz.

5.2. SISTEMA DE TELECONTROL CENTRALIZADO DE ESTACIÓN (TCE)

El sistema de telecontrol centralizado de estación (TCE) unifica en un único monitor y teclado el control y la monitorización de los sistemas inteligentes de la estación:

- sistema de control de instalaciones electromecánicas
- sistemas de comunicaciones de estación (TVCC, Megafonía e Interfonía)
- sistemas de venta (METTAs)

- sistema de peaje (pantallas móviles)
- sistemas de control de acceso y anti-intrusión
- sistemas de alimentación ininterrumpida
- sistema de protección contra-incendios (PCI)
- sistema de información al viajero
- sistema de cancelas

5.3. LA MAYOR PARTE DE ESTOS SISTEMAS ESTARÁN CONECTADOS AL TCE A TRAVÉS DE LA RED DE COMUNICACIONES ETHERNET DE LA ESTACIÓN Y UTILIZANDO EL PROTOCOLO TCP/IP.

Desde el TICS y el Puesto de Mando Central se podrá acceder a todas las funciones disponibles a nivel local de la estación, a través de la red de comunicaciones multiservicio IP/ATM.

El sistema TCE de cada estación se comunicará permanentemente con el Puesto de Mando Central al que presta las funcionalidades de: Estaciones, Seguridad e Información al Viajero.

El sistema TCE dispondrá de un interfaz gráfico que permitirá el acceso a los sistemas inteligentes de la propia estación o de las telecontroladas a partir de una única aplicación basada en un plano de las mismas.

Sobre el plano de cada estación se representará con iconos los subsistemas conectados, de forma que su color represente el estado de los mismos.

Desde los diferentes puestos centrales se podrá acceder a la misma información que el sistema TCE ofrece al nivel local para las siguientes funciones:

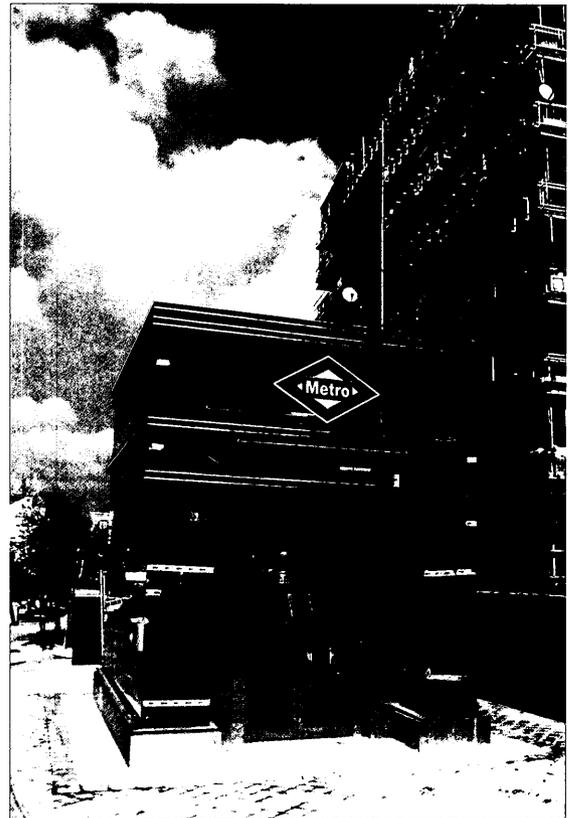
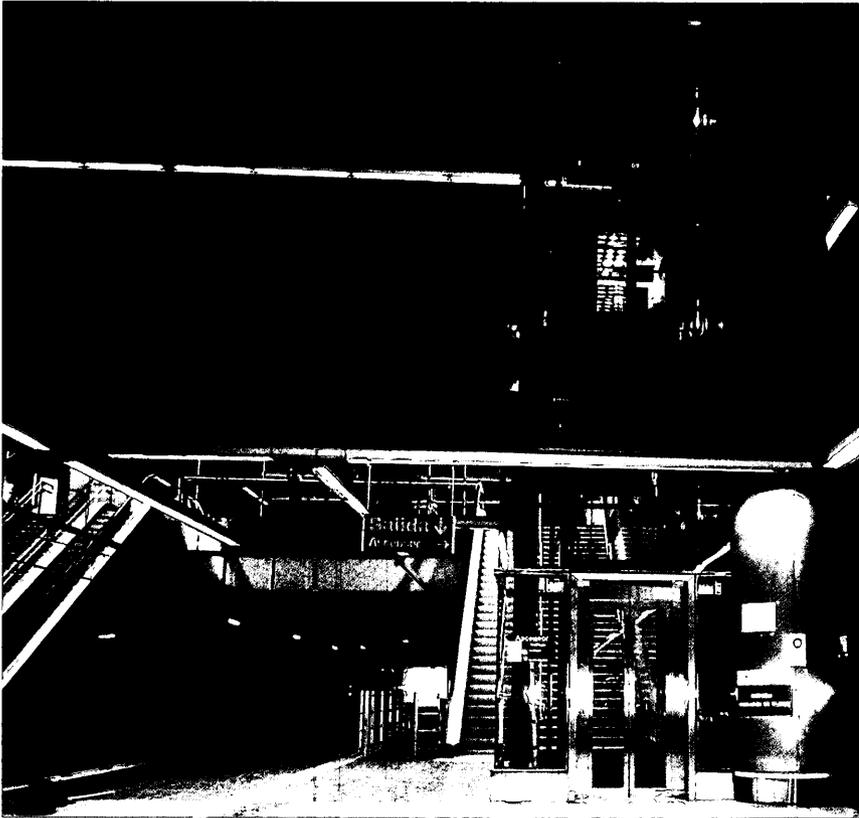
- Telecontrol y Monitorización de sistemas (Estaciones/Seguridad)
- Información al Viajero (Información al Viajero)
- Sistema de Protección Contra Incendios (Estaciones/Seguridad)
- Peaje

Será posible establecer jerarquías de control sobre las funciones de forma que se establezcan prioridades de acceso.

5.4. SISTEMA DE CONTROL DE ACCESOS Y ANTIINTRUSIÓN

Sistema de control de accesos

Al objeto de controlar el acceso al Cuarto de Control de Instalaciones (CCI) y otros cuartos técnicos (C. Comunicaciones, C. Transformación, C. Enclavamiento y C. de P.C.I.), y permitir el paso a los mismos exclusivamente al personal debidamente autorizado, se instalará un Sistema de Control de Accesos. Este personal irá equipado con tarjeta de doble tecnología magnética y de proximidad.



Sistema de control antiintrusión

Con objeto de controlar las actuaciones no autorizadas en el CCI, así como la manipulación de las máquinas billeteras y la pantalla de vigilancia, se instalará una centralita de seguridad en el armario de control del CCI de cada estación, equipada para el control de hasta 16 zonas y conectada a cada uno de los detectores de zona.

6. ASCENSORES Y ESCALERAS MECÁNICAS

6.1. ASCENSORES

En las 28 estaciones de la línea METROSUR se instalarán un total de 98 ascensores (Figuras 15 y 16) repartidos de la siguiente forma:

Línea 10	Puerta del Sur	3
Línea 12	Puerta del Sur	4
Línea 12	Parque Lisboa	3
Línea 12	Alcorcón Central	4
Línea 12	Parque Oeste	3
Línea 12	Univ. Rey Juan C.	3
Línea 12	Móstoles Central	4
Línea 12	Pradillo	3
Línea 12	Hosp. de Móstoles	3

Línea 12	Manuela Malasaña	3
Línea 12	Loranca	3
Línea 12	Hosp. de Fuenlabrada	3
Línea 12	Parque Europa	3
Línea 12	Fuenlabrada Central	6
Línea 12	Parque de los Estados	3
Línea 12	Arroyo Culebro	3
Línea 12	Conservatorio	3
Línea 12	Alonso de Mendoza	3
Línea 12	Getafe Central	3
Línea 12	Juan de la Cierva	3
Línea 12	El Casar	5
Línea 12	Los Espartales	3
Línea 12	El Bercial	2
Línea 12	El Carrascal	3
Línea 12	Julián Besteiro	3
Línea 12	Casa del Reloj	3
Línea 12	Hosp. Severo Ochoa	3
Línea 12L	eganes Central	7
Línea 12	San Nicasio	3

Figuras 15 y 16. Ascensores.

Siendo uno de los objetivos del proyecto el dotar a las estaciones de ascensores de gran fiabilidad y disponibilidad de servicio, se ha elegido, para las estaciones de la Línea METROSUR, el tipo de ascensor eléctrico sin reductor, por las elevadas prestaciones de estos, entre las que destaca el número

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ESCALERAS MECÁNICAS

• Ancho del peldaño.	1,0 m.
• Largo del peldaño	0,4 m
• Velocidad de desplazamiento	0,65 m/seg.
• Sentido de la marcha.	Reversible.
• Recorrido horizontal escalera.	1,2 m. (tres peldaños).
• Inclinación con la horizontal de la escalera mecánica.	30º sexagesimales.
• Capacidad de transporte.	11.700 personas/hora.
• Equipo eléctrico.	Alimentación por corriente alterna trifásica 380 V con neutro frecuencia 50 Hz Protección IP-54.
• Tipo de transporte	Público
• Sistema de arranque	Local o remoto mediante CCTV.

de arranques/hora del ascensor, que deberá estar por encima de 180 arranques/h que se corresponde con el régimen de tráfico habitual de usuarios del transporte público del METRO DE MADRID.

Con el fin de dotar a las estaciones de ascensores que transporten un flujo fuerte de viajeros, la capacidad de carga de estos será de 1600 Kg. (21 personas), según lo detallado en el apartado "Datos y esquema funcional de las instalaciones".

La velocidad de transporte de los ascensores será de 1 m/seg., estarán dotados de variador de velocidad para dotar de mayor comodidad en la maniobra de arranque y parada y mayor precisión en la parada.

ACABADOS DE CABINA

Los acabados de las cabinas son de primera calidad y antivandálicos, paredes y techos de acero inoxidable y en ocasiones en vidrio de seguridad para ascensores panorámicos, y suelo en tacos de goma.

Los ascensores estarán dotados de cámaras CCTV con sistema de protección antivandálica e interfono para permitir una comunicación total con el Puesto de control.

Los ascensores están dotados de todo tipo de elementos que los hacen que estén homologados para usuarios de movilidad reducida (pasamanos a una altura de 0,90 m, botones de cabina y piso en braille, etc.)

Puertas de 1100 x 2000 mm de vidrio de seguridad PF-30, con apertura por contacto físico y por barrera de luz.

Tipo de maniobra universal o simple para 2 paradas. Para 3 paradas la maniobra será selectiva en subida y bajada con by-pass automático, están dotados también de maniobra de emergencia y bomberos.

Transmisión de señales al CCI y TICS. se enviarán y recibirán datos digitales de tres tipos, averías, estados y ordenes, para conseguir tener pleno control y conocimiento de la situación de cada ascensor desde el centro de control de instalaciones de la estación.

6.2. ESCALERAS MECANICAS

En la Línea METROSUR se están instalando un total de 238 escaleras mecánicas (Fig. 17) repartidas en las 28 estaciones, que acumulan un desnivel superior a 1.640 m.

Las principales características técnicas de las escaleras mecánicas son las reflejadas en el cuadro 1.

INNOVACIONES TÉCNICAS:

- Mayor velocidad de desplazamiento, de 0,5 m/s pasan a 0,65 m/s lo que las dota de mayor capacidad de transporte (de 9.000 Personas/h a 11.700 Personas/hora).

Figura 17. Escaleras mecánicas.



- Escaleras dotadas de variador de frecuencia, esta característica permite que la escaleras pueda funcionar a una velocidad de 0,2 m/s cuando se encuentra en vacío pasando a régimen normal de funcionamiento (0,65 m/s) cuando detecta la incorporación de personas a la misma. Esta característica supone un notable ahorro de consumo de energía.
- Balastrada de vidrio de seguridad de 1.000 mm de alto con iluminación bajo el pasamanos, para aumentar el nivel de seguridad y confort al viajero.
- Escaleras mecánicas que comunican los accesos a nivel de calle con los vestíbulos de las estaciones. Estas escaleras están dotadas de características de intemperie es decir, sus elementos cumplen el requerimiento específico de diseño para funcionamiento en condiciones extremas de humedad, lluvia, nieve, etc.
- Escaleras mecánicas dotadas de sistema de extinción de incendios de agua nebulizada.
- Cadena de arrastre de peldaños sin engrase o ecológica.
- Sistema de frenos con forros exentos de amianto.
- Escaleras mecánicas dotadas de central de alarmas con diagnóstico de avería, medidas de frenada y transmisión de la alarma al concentrador de estaciones y al puesto de mando de la Línea METROSUR.

7. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

7.1. INTRODUCCIÓN

El sistema integral de protección contra incendios instalado en METROSUR, es un desarrollo en el que se utilizan las tecnologías disponibles más avanzadas actualmente en el mercado en cuanto a detección, extinción y señalización de emergencia.

- Detección - aspiración A.S.D., con gestión nodal
- Extinción - agua nebulizada "Water mist"
- Extinción - columna seca en estaciones, pozos interacción y salidas de emergencia.
- Señalización de evacuación - señalización fotoluminiscente

7.2. INSTALACIONES

7.2.1. Detección

Los sistemas de detección precoz por aspiración, constituyen la tecnología más eficaz y ampliamente utilizada para riesgos importantes. Este tipo de detección facilita una vigilancia continua con indicación de cualquier fuente de potencial ignición con horas de anticipación, a que en circuns-

tancias normales, se pueda producir un conato de incendio. Este sistema, constituirá la primera línea de defensa contra incendios.

El sistema de detección incipiente de incendios instalado, es un sistema activo que utiliza una red de tuberías para aspiración con puntos u orificios de muestreo, para monitorizar y controlar la polución o contaminación del aire en relación con las partículas de humo o gases de combustión que puedan originarse.

Todos los equipos de detección se unirán mediante un bucle de comunicaciones, permitiendo la interacción recíproca de todos ellos. Mediante los respectivos Interface permitiremos la comunicación, por un lado, a un puesto de control local (P.C.L.), y por otro, con el sistema de extinción de incendios por agua nebulizada (Cuarto P.C.I.).

Los riesgos considerados a proteger, de forma genérica, en las diferentes estaciones son:

- PCL (Equipos)
- Ascensores
- Cuartos Técnicos (CC, CE, CT, CBT, Telefonía, P.C.I.)
- Escaleras Mecánicas

7.2.2. Agua nebulizada

El sistema se compone de un equipo centralizado de presurización y bombeo que alimenta los diferentes atomizadores instalados en los riesgos definidos en la estación, a través de una red de tuberías. Estos atomizadores son de dos tipos, abiertos en el caso de las escaleras, con lo cual al abrirse la válvula selectora correspondiente saldrá el agua nebulizada por todos los atomizadores, y del tipo cerrado para el resto de los locales, por lo que solamente descargará agua aquel atomizador cuyo fusible se haya fundido por causa de un incendio. En ambos casos el equipo suministrará el agua necesaria para sofocar el incendio y posterior refrigeración del espacio afectado, durante un tiempo garantizado de 10 minutos por el agua almacenada en el depósito, más el tiempo de descarga del agua aportada por la red de la estación.

El sistema está concebido, en el caso de los locales que protege, para un funcionamiento automático mediante la apertura de uno o varios sprinklers en un local, con lo cual se despresurizará la red provocando el arranque de las bombas. En el caso de las escaleras mecánicas, la activación ha de ser manual, bien por la apertura de la correspondiente válvula selectora de escaleras o bien por la válvula by-pass de cada nicho, lo cual producirá el mismo efecto de despresurización de la red de tuberías y activación del equipo de bombeo.

Este proceso provocará una señal de alarma que se recogerá en los paneles de control del sistema para su posterior transmisión a P.C.L. y Puesto de Mando.

Los riesgos considerados a proteger, de forma genérica, en las diferentes estaciones son:

- PCL's
- Taquillas auxiliares
- Cuarto de P.C.I.
- Cuartos de Basuras/limpieza
- Locales
- Escaleras Mecánicas

7.2.3. Columna seca

La instalación básicamente consta de:

- a) Toma de alimentación: La toma de alimentación se instalará en el exterior del pozo. Irá alojada en una arqueta (en acera) lo más próxima posible en la rejilla del pozo, instalándose una por pozo
- b) Bocas de columna seca:
 - b1) Se situará una boca de columna seca -boca de pozo- en la galería de entronque con el túnel de intersección.
 - b2) Se situará una boca de columna seca en piñón -boca de andén-.
- c) Conducción: A partir de la toma de alimentación se iniciará el recorrido de la red de columna seca hasta llegar a las bocas de toma situadas en los andenes.
- d) Válvulas de seccionamiento: Las bocas de pozo llevarán asociada una válvula de seccionamiento localizada en la vertical de dicha boca.
- e) Válvulas de vaciado: Se instalarán válvulas de vaciado en todos los puntos bajos de la red de tuberías, donde sea susceptible que se acumule el agua, tras el uso de la instalación.
- f) Carteles de señalización: Todos los elementos componentes de la instalación de columna sea susceptibles de ser utilizados por los bomberos, excepto la toma de alimentación, estarán convenientemente señalizados a través de carteles de naturaleza fotoluminiscente, con la simbología específica de cada uno de ellos.

7.2.4. Señalización fotoluminiscente

Para balizar las vías de evacuación se ha planeado un "sistema de líneas" que permita conducir a las personas al exterior. Este sistema además de identificar los límites del camino direccionará la evacuación.

El balizamiento se realiza en la parte baja de los paramentos verticales al objeto de que su visibilidad no se vea afectada en caso de humo denso. Además de implantar un sistema de balizamiento se ha realizado la señalización de seguridad, a través de pictogramas normalizados, de tal manera que permita reconocer las rutas de escape y la ubicación de los medios de extinción.

Para la realización del balizamiento y señalización se emplea elementos fotoluminiscentes adoptando di-

versas formas: placas, flechas, pictogramas, etc, en función del papel que deban desempeñar. A continuación se hace mención de dichos elementos básicos.

- Placa de balizamiento en paramentos verticales: Esta formada por una placa de 6 cm de espesor, soportada bajo perfil de aluminio extrusionado. Se ubicarán principalmente en sentido longitudinal a lo largo de los cañones a 24 cm del suelo.
- Bandas de balizamiento en borde de andén: Las bandas que deban ubicarse en suelos serán continuas de 10 cm de anchura.
- Unidades modulares de flechas direccionales: Estas unidades se intercalarán en las placas de balizamiento para definir el sentido de la evacuación. Cada unidad esta integrada por un grupo formado por seis flechas, que ocupan una longitud de 790 mm e integradas en la banda de balizamiento anteriormente descrita. Dichas unidades se implantarán en los cambios de dirección para guiar la evacuación, asimismo para confirmar ésta se ubicarán regularmente en los tramos rectos cada 35 m como máximo. Generalmente deberán coincidir en su localización las unidades modulares de flechas direccionales con los pictogramas de señalización de vías de evacuación.
- Balizamiento en escaleras fijas: Escaleras de sentido de evacuación ascendente, se balizan marcando las contrahuellas con placa fotoluminiscente soportada por perfil de aluminio extrusionado. Será de la misma naturaleza que la de los paramentos verticales, con la única diferencia de que su ancho es de 4 cm, a excepción de la primera tabica, que será de 6 cm.
- En el arranque de cada tramo de escalera y a ambos lados de ésta se colocarán módulos de flechas direccionales de 210 x 40 mm, sobre perfil de aluminio.
- Placas de balizamiento específicas, estas placas sirven para distinguir los elementos que pudieran ser un obstáculo en la evacuación (pasos enclavados, torniquetes, etc). Serán, en cuanto a ideogramas, exclusivas para cada uno de los elementos a señalar.
- Carteles de señalización de seguridad, los carteles de señalización de seguridad son fotoluminiscentes, englobándose bajo este concepto los carteles con pictogramas que indican las vías de evacuación y los que nos señalan los medios de extinción. Entre los carteles que indican las vías de evacuación de emergencia, se han simplificado, reduciéndolos a dos tipos:
 - Pictograma de salida a izquierda (DSI).
 - Pictograma de salida a derecha (DSD).

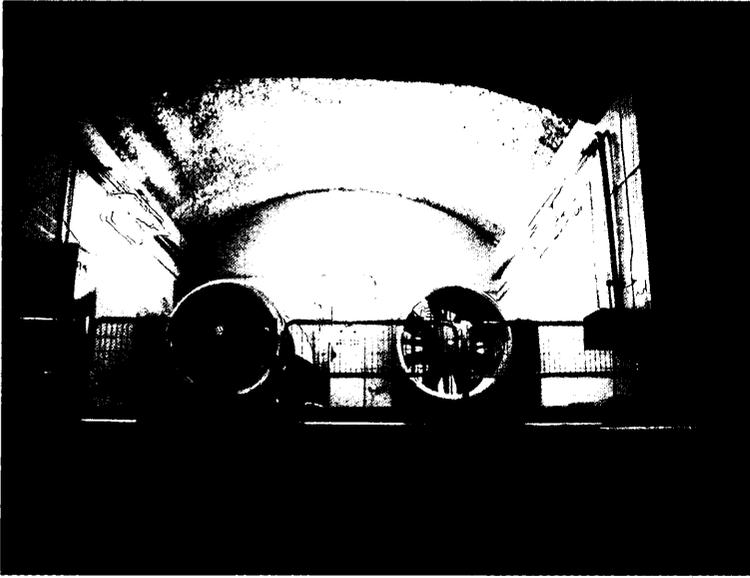


Figura 18.
Sistema de ventilación

- Entre los carteles que indican los medios de extinción se emplearán los convencionales para los medios de extinción usuales (extintores, BIE, pulsador, etc).

8. VENTILACIÓN

8.1. INFRAESTRUCTURA

El sistema de ventilación de túneles (Fig. 18) y acondicionamiento ambiental de las estaciones de METROSUR está basado en la creación de una serie de pozos:

- Pozos de extracción (E): situados generalmente en las proximidades del punto medio de los distintos tramos de túnel interestación. Dispondrán de una galería donde se ubicarán los equipos mecánicos.
- Pozos de compensación (C): generalmente existen dos por estación, localizándose preferentemente en los piñones de entrada y salida de la misma.
- Pozos de inmisión (I): se localizan en las estaciones; dependiendo del sistema constructivo de la estación podrán ser independientes de los de compensación o bien asociados a éstos. En todo caso conectarán al exterior con una sala donde se ubicarán los equipos mecánicos.

En los pozos de inmisión se capta el aire primario del exterior, desde éstos una parte se conduce de manera forzada, bien por el bajo andén que actúa de plenum de distribución hasta las rejillas de la estación a través de las cámaras laterales que forman el paramento con la caverna de la estación, bien por difusores montados en red aérea de conductos.

En los pozos de compensación el aire procedente del exterior entra directamente compensando la mayor demanda de cau-

dal provocada por los ventiladores de interestación. Esta comunicación libre con el exterior sirve, además, para compensar las sobrepresiones producidas por los trenes debidas al efecto pistón.

En el centro del túnel interestación se extrae el aire de cada uno de los lados del túnel que provendrá, como ya se ha indicado, de las estaciones (a través de pozos de inmisión) y de los pozos de compensación adyacentes.

El dimensionado de los pozos se ha realizado para que sean capaces de albergar a los equipos mecánicos de ventilación.

La figura 19 muestra el esquema tipo del sistema de ventilación adoptado.

8.2. OBJETIVOS

Los objetivos que bajo el concepto genérico de "ventilación", en estaciones y túneles del METRO, se han de cumplir, en condiciones normales de explotación, son básicamente los siguientes:

- Renovación del ambiente interior del sistema, extrayendo el aire viciado (monóxido de carbono, olores, etc) e introduciendo aire fresco del exterior, siempre que el aire que se capte (generalmente a nivel de calzada) cumpla unos requisitos mínimos de pureza.
- Limitación de la carga térmica en el sistema, producida por los trenes, personas y demás cargas caloríficas (alumbrado, centros de transformación, motores, equipos de climatización aire-aire, etc).
- Limitación de las corrientes de aire y variaciones de presión provocadas por el efecto pistón que efectúa el tren a su paso.
- Evacuación de humos en caso de emergencia, alcanzándose velocidades en túnel de 1,5 m/s.

8.3. INSTALACIONES

De acuerdo a los cálculos realizados y atendiendo a criterios de uniformidad se han seleccionado los equipos de ventilación que se indican seguidamente:

8.3.1. Instalaciones mecánicas

a) Pozos de ventilación-extracción

De acuerdo con los condicionamientos de diseño se instalarán en cada pozo 2 ventiladores. Estos ventiladores serán axiales Ø 1.800 mm de 2 velocidades, proporcionando en la primera velocidad un caudal unitario de 180.000 m³/h. y en la segunda (emergencia) un caudal de 240.000 m³/h con presiones estáticas mínimas disponibles de 300 y 535 Pa. respectivamente, y con un rendimiento estático mínimo del 55% en ambas velocidades.

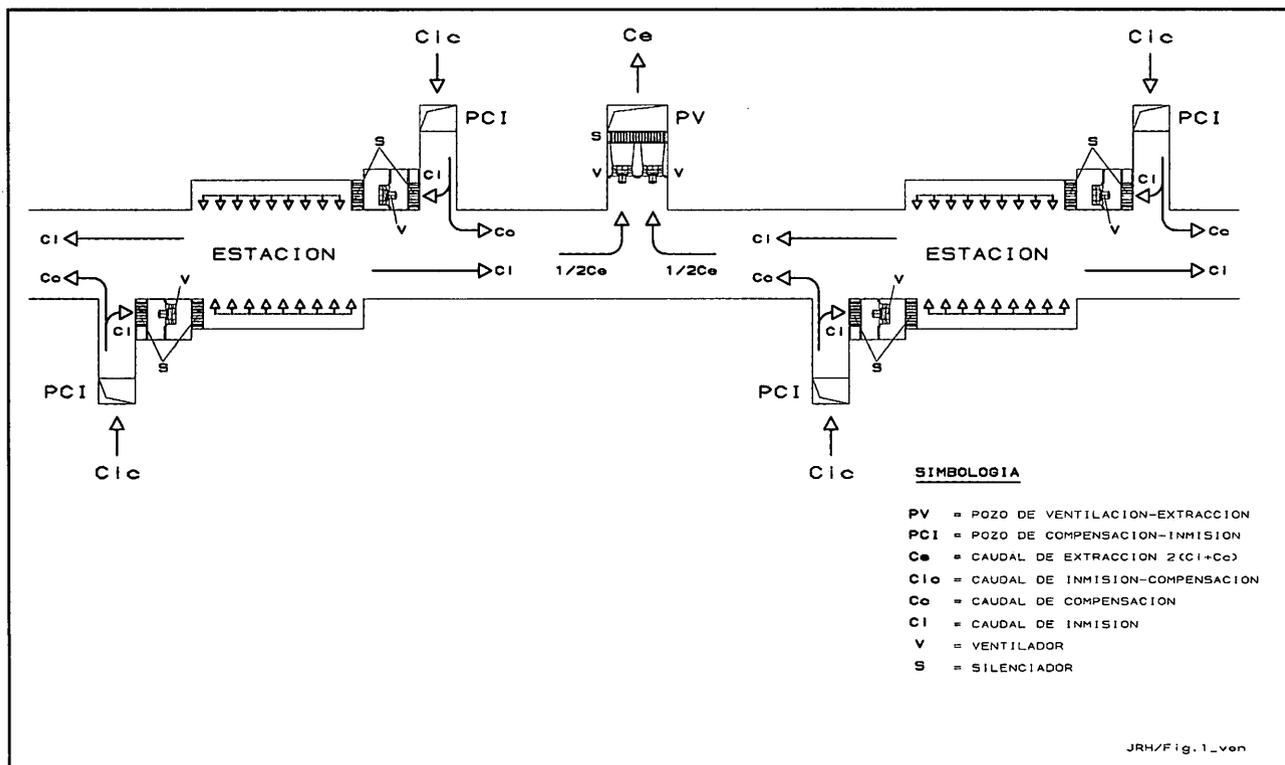


Figura 19. Esquema tipo de ventilación.

Los ventiladores dispondrán de arrancadores estáticos, para su accionamiento.

Dichos ventiladores incluirán difusor de aspiración y rejilla de protección, como difusor con conexiones antivibratorias que impulsarán el aire sobre un plenum de descarga forrado de paneles acústicos, cuya longitud deberá ser, como mínimo, 1,5 veces el diámetro hidráulico de los ventiladores.

Se complementará el sistema con un silenciador rectangular construido a base de baffles de fibras minerales que limitarán el nivel de ruido del conjunto a un máximo de 45 dBA a 1 m de la rejilla, en su parte exterior.

La impulsión del aire en la salida del silenciador es guiada hacia la chimenea de evacuación a través de un grupo de álabes directores.

b) Pozos de inmisión

El alcance de las instalaciones mecánicas en estos pozos se limita a la instalación de los ventiladores de impulsión y a los silenciadores de estación.

El ventilador que se instalará en cada pozo será de tipo axial de dos velocidades de accionamiento directo, de 90.000 m³/h de caudal máximo y 450 Pa de presión estática disponible, con un rendimiento estático mínimo del 55%. Dichos ventiladores trabajarán en modo impulsión.

El ventilador, tanto en el lado exterior como en el lado estación incorporará un silenciador rectangular de celdillas.

Los niveles de ruido que como máximo se pretenden alcanzar son los siguientes:

- En calle (a 1 m de rejilla): [45 dBA
- En estación (rejilla más desfavorable): [55 dBA

8.3.2. Instalaciones eléctricas y de control

La instalación eléctrica proyectada parte, tanto para los pozos de extracción (E) como para los pozos de inmisión o salas de ventilación, en estación (I), del cuadro general de distribución y mando de ventilación, localizándose uno por cada pozo y/o sala.

La alimentación a estos cuadros se realizará desde los C.T. más próximos.

En estos cuadros se incluirá todo el aparellaje, tanto de protección de cada una de las líneas de distribución, como de mando y control de los equipos de ventilación. Contará asimismo, con un selector general que permitirá dejar al sistema de ventilación en los siguientes estados:

- Fuera de servicio
- Mando local
- Mando remoto

En dichos cuadros, además de los dispositivos de arranque, regulación y protección de motores se incluirá el



Figura 20.
Equipos de
Control de
Peaje.

aparellaje necesario para el gobierno de compuertas en los pozos de extracción y selección de velocidad.

En condiciones normales, el mando y control del sistema de ventilación se realizará mediante actuación manual desde el "Puesto de Control".

9. CONTROL DE PEAJE Y MÁQUINAS EXPENDEDORAS DE TÍTULOS DE TRANSPORTE AUTOMÁTICAS (METTA)

9.1. CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS DE CONTROL DE PEAJE

Los equipos de control de peaje (Fig. 20) que se han implantado en la Línea METROSUR se caracterizan por incorporar aspectos de diseño ergonómico que incluyen las directrices de accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas que se recogen en la Ley 8/93, de la Comunidad Autónoma de Madrid, de 22 de Junio, de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas. Por esta razón se han instalado equipos de control de viajeros por pantalla móvil en lugar de los torniquetes convencionales que tradicionalmente se han instalado en Metro de Madrid, incorporando puertas de ancho especial en cada barrera de acceso para usuarios de movilidad reducida.

Las puertas de paso están dotadas de sistema de control de títulos tanto en sentido de entrada como de salida, así como de preinstalación para la instalación en un futuro de lector/validador de títulos en formato de tarjeta sin contacto (Tipo A y B), que facilitará la integración del sistema tarifario de la Red de Metro de Madrid en el Proyecto de Billética Inteligente de Transporte (B.I.T.) desarrollado por el Consorcio de Transportes de Madrid.

Todos las Puertas de paso están controladas y supervisadas por un PC denominado Pupitre de control que almacena

y gestiona los datos asociados a la batería de control de peaje de la estación y que hace posible la comunicación y gestión con el Sistema Concentrador instalado en la estación y que a su vez, permite el control y gestión de datos de cada estación desde un Puesto de Control Centralizado.

Las unidades lectoras de los títulos de transporte permiten la lectura, escritura y relectura de billetes en formato Edmonson (66 x 30) utilizado en Metro de Madrid. Permite el proceso del título en cualquiera de las cuatro formas posibles de introducción y con una velocidad de tratamiento entre 0,6 sg. y 1,1 sg. en función del tipo del tratamiento que necesite éste, todo ello encaminado a asumir un flujo fuerte de viajeros en torno a 45 viajeros por minuto.

9.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS MÁQUINAS EXPENDEDORAS DE TÍTULOS DE TRANSPORTE AUTOMÁTICAS

El diseño de las Máquinas expendedoras de títulos de transporte automáticas se ha proyectado sobre un nuevo sistema de explotación, que contempla que la venta de los títulos de transporte se realice únicamente desde máquinas automáticas, lo que conlleva la incorporación de nuevas funciones asociadas a estos equipos -que hasta ahora se realizaban en los puestos de venta de taquilla- como son:

- Canje y devolución de billetes por incidencias en el servicio, cambio de tarifas, etc.
- Regeneración de información de la banda magnética, si es posible.
- Generación de títulos de tarifa complementaria para viajes realizados con tarifa inferior (Canje, etc.).
- Expedición de todo tipo de billetes (diez viajes, abonos mensuales, etc.)

Para realizar todas estas nuevas tareas, se han incorporado a las M.E.T.T.A. una serie de nuevos Interface con los usuarios, como son: lectores de códigos de barras, de billetes magnéticos en formato Edmonson, etc.

Las M.E.T.T.A. instaladas en METROSUR disponen, además de los métodos tradicionales de pago (moneda y billetes Euro), de sistema de pago electrónico mediante tarjetas bancarias tanto de crédito como de débito, asentando así una forma de pago que se ha ido incorporando paulatinamente en Metro de Madrid.

Los equipos incorporan además las características necesarias para realizar interface con los usuarios mediante tecnología multimedia, incluyendo imágenes explicativas de su utilización e incorporando mensajes de voz y texto en, al menos, cuatro idiomas, que servirán como guía para invidentes, así como interfono que permite la comunicación entre usuario y Puesto de Control Central para solucionar a distancia posibles incidencias que se produzcan en la explotación.

Al igual que el resto de equipos, las M.E.T.T.A. también están integradas en el Sistema Concentrador instalado en la estación y que a su vez permite el control y gestión de datos de cada estación desde un Puesto de Control Centralizado, de forma que desde un puesto remoto se permite la actualización de nuevas tarifas o mandar órdenes de visualización de mensajes en la pantalla sobre información en general del estado de explotación de la Red, por ejemplo.

9.3. EQUIPAMIENTO

En las 28 estaciones de la Línea METROSUR (L12) se instalarán un total de 218 equipos de peaje y 170 Máquinas expendedoras de títulos de transporte automáticas (M.E.T.T.A.) repartidos de siguiente forma que se refleja en el cuadro 2.

10. PUESTO DE CONTROL CENTRALIZADO DE LAS ESTACIONES DE METROSUR "TICS"

Las estaciones de METROSUR, incluidas las correspondientes a la prolongación de la Línea 10, dispondrán de un centro para el telecontrol de las instalaciones de estas líneas que denominaremos Telemando de Instalaciones y Control de Seguridad (TICS), y que estará equipado con ocho puestos de operador desde los que se realizará el control completo de las instalaciones de estas estaciones y la gestión de la operación de las mismas, de igual forma que se realiza ahora en las estaciones actuales de Metro a nivel local.

También se equipará este centro de control para desarrollar las funciones de seguridad de las estaciones y dependencias de METROSUR.

Este centro de control estará localizado en la estación de Puerta del Sur y tendrá dos ámbitos funcionales diferenciados, que corresponden a los siguientes:

- Telemando de Instalaciones (4 puestos).
- Control de Seguridad (4 puestos).

Los puestos de operador estarán equipados con una configuración similar al Puesto Central de Alto del Arenal que actualmente controla la operación de toda la Red del Metro de Madrid.

Para los cuatro puestos asignados al control de las estaciones se dispondrá de dos retroproyectores, para acceder a los sistemas de Operación, Control de estaciones, CCTV, etc. y con este mismo equipamiento se dotará a los cuatro puestos asociados al Control de Seguridad, que además dispondrá de comunicación con Samur y un terminal del Centro de emergencias 112.

Este Centro, se ha diseñado además para cubrir las funciones de "Puesto de Mando Réplica" del actual Puesto de

CUADRO 2

Línea	Estación	Equipos	M.E.T.T.A.
Línea 12	Puerta del Sur	16	12
Línea 12	Parque Lisboa	6	5
Línea 12	Alcorcón Central	8	7
Línea 12	Parque Oeste	6	5
Línea 12	Univ. Rey Juan C.	8	6
Línea 12	Móstoles Central	8	6
Línea 12	Pradillo	6	5
Línea 12	Hosp. de Móstoles	7	5
Línea 12	Manuela Malasaña	6	5
Línea 12	Loranca	6	5
Línea 12	Hosp. de Fuenlabrada	7	5
Línea 12	Parque Europa	6	5
Línea 12	Fuenlabrada Central	16	5
Línea 12	Parque de los Estados	7	5
Línea 12	Arroyo Culebro	6	5
Línea 12	Conservatorio	6	5
Línea 12	Alonso de Mendoza	7	5
Línea 12	Getafe Central	8	7
Línea 12	Juan de la Cierva	6	5
Línea 12	El Casar	15	12
Línea 12	Los Espartales	6	5
Línea 12	El Bercial	6	4
Línea 12	El Carrascal	6	5
Línea 12	Julián Besteiro	6	5
Línea 12	Casa del Reloj	6	5
Línea 12	Hosp. Severo Ochoa	7	5
Línea 12	Leganes Central	15	11
Línea 12	San Nicasio	6	5

Mando Central de Alto del Arenal, de forma que pueda asumir el control de la Red completa del Metro ante una eventual caída parcial o total del Puesto Central.

El nivel de requerimientos básicos de operatividad exigido para esta importante función, reasignará a cada uno de los ocho puestos de operador las aplicaciones que gestionan la red del Metro, con una redistribución de estos puestos que comprende un puesto de operador por cada uno de los sistemas de Estaciones, Seguridad, Energía, Información al viajero, y 112 y cuatro puestos para el servicio de Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.).

Por lo tanto el diseño de este centro está orientado a responder a los requerimientos de dos modos de funcionamiento diferenciados: Normal y Réplica o back-up.

En su funcionamiento normal, este centro es una parte del Puesto Central de Alto Arenal que se ubica geográficamente en otro emplazamiento (Puerta del Sur) utilizando los recursos de la red multiservicio IP/ATM.

FUNCIONALIDAD DEL CENTRO TICS EN MODO NORMAL

Las instalaciones sobre las que se realizarán tareas de telemando y/o supervisión para todas las estaciones de METROSUR son las siguientes:

- Escaleras mecánicas y pasillos rodantes
- Ascensores
- Ventilación (de andén y de túnel)
- Equipos de bombeo
- Puertas cancelas
- Alumbrado de túnel
- Alumbrado de estación
- Sistemas contra-incendios (detección y extinción)

La arquitectura del sistema de control en la Estación permitirá conocer el estado de funcionamiento de las mencionadas instalaciones en cada estación, reflejando las alarmas e incidencias o los cambios en el funcionamiento normal preasignado, así como dar las órdenes para modificar el estado de funcionamiento.

La aplicación dispondrá de un proceso jerarquizado para cesión y toma del mando de las instalaciones, así como de un procedimiento de toma del mando en casos excepcionales.

Además, el sistema de TVCC permitirá la vigilancia centralizada de todos los andenes, escaleras mecánicas, ascensores, vestíbulos de una estación, pasillos y puertas cancelas. También existirán cámaras asociadas a los interfonos de la estación con el fin de visualizar la imagen del viajero cuando se atiende una llamada, cuya gestión será igualmente centralizada.

El sistema de megafonía permitirá la sonorización de la estación, pudiendo seleccionar una, varias o todas las zonas de la misma, desde el Puesto de Control de Puerta del Sur.

La interfonía permitirá comunicarse desde el TICS con cualquier viajero de METROSUR que demande información.

Es interesante reseñar que además del telecontrol de todas las funciones actuales de las máquinas expendedoras de billetes METTA, el centro TICS ofrecerá soporte a las nuevas funciones de estas máquinas: devolución por incidencia y emisión autorizada de billetes para un viaje.

Se tendrá acceso a la información de flujo de viajeros, tanto de entrada como de salida, y su evolución podrá representarse tanto en la pantalla de los Puestos de Operador del ámbito de telecontrol de estaciones como en la Pantalla Gigante asociada.

La gestión de este Centro incluye aspectos tales como un almacenamiento histórico de todos los eventos e incidencias de las instalaciones, donde además quedará reflejada de forma explícita la asociación entre las operaciones de telemando de las instalaciones y el operador, ya sea de forma local, en TICS o en Puesto Central. Existirá un sistema de filtrado de dichos eventos por subsistema, localización, tipo, fecha y hora, etc. que podrá presentar la consulta bajo demanda de un usuario, con posibilidad de volcado o de exportar para su tratamiento posterior a través de la ofimática corporativa. ■

FICHA TÉCNICA

PROMOTOR	MINTRA (Madrid, Infraestructuras del Transporte) Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes. Comunidad Autónoma de Madrid	ELECNOR
AUTOR DEL PROYECTO	MINTRA.	ELECSA
DIRECCIÓN DE OBRA	Manuel Arnáiz Ronda Jesús Trabada Guijarro	ELECTREN
ASISTENCIA TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD	GEOCISA INCOYDESA INTEMAC INSERAIL NOVOTEC SGS TÉCNOS	EPRISA
CONSTRUCTORAS	ALCATEL ALSTOM AMPER-SISTEMAS BOMBARDIER COBRA COBRA-CRESPO Y BLASCO CRESPO Y BLASCO CYMI DIMETRONIC	INABENSA
		INDRA
		ISOLUX
		KONE ELEVADORES
		MACOSA ELEVACION
		REVENGA
		ŠAINCO TRAFICO
		SCHINDLER, S.A
		SEMI
		ŠICE
		SIEMENS
		THALES E TRANSACTIONS
		THYSSEN INGENIERÍA
		VIAS Y CONST-ELECTREN
		WATSEGUR
		ZARDOYA OTIS
		PRESUPUESTO INSTALACIONES 392.253.826,72 Euros