

LA NUEVA LINEA CALLAO-CARABANCHEL DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE MADRID

Por EDUARDO NUEZ CAÑIBANO

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El autor hace una somera descripción de la nueva línea núm. 5 del Ferrocarril Metropolitano de Madrid, haciendo mención de los procedimientos empleados en su construcción y de las tendencias seguidas en la elección de los diferentes elementos de sus instalaciones fijas y material móvil.

El día 5 del pasado mes de junio fue inaugurada por el Excmo. Sr. Ministro de Obras Públicas, Excmo. Alcalde Presidente del Ayuntamiento de Madrid y otras Autoridades civiles y militares el tramo Callao-Carabanchel de la línea número 5 del Metropolitano de Madrid.

Este tramo tiene seis kilómetros y medio de longitud con un desnivel entre su punto más alto y más bajo de 73 m. Tiene once estaciones, de las cuales tres tienen correspondencia con otras líneas del Metro y la terminal de Carabanchel con el Ferrocarril Suburbano.

La estación más profunda es la de Latina, con 28 m. de profundidad, que son salvados por el público mediante escaleras mecánicas; tienen asimismo escaleras mecánicas las estaciones de Pirámides y Callao, siendo esta última terminal provisional de la línea y enlace con la número 3 Moncloa-Legazpi. La escalera más larga es la de Latina, que salva mediante dos tramos un desnivel de 17 m. y otro de 10 m.

Actualmente está en fase muy avanzada de construcción la prolongación desde Callao hasta Ventas, con 4,8 Km. de longitud y siete estaciones, cuatro de las cuales son de correspondencia, de forma que una vez completada la línea, que absorberá también el trozo Ventas-Ciudad Lineal (actualmente incorporado provisionalmente a la línea núm. 2), tendrá correspondencia con las otras cuatro líneas del Metro.

Con la línea 1: En José Antonio.

Con la línea 2: En Opera y Ventas.

Con la línea 3: En Acacias y Callao.

Con la línea 4: En Peñalver y Alonso Martínez.

Con el Suburbano: En Carabanchel.

Esta línea, una vez completa, cruzará Madrid de NE. a SO., uniendo entre ellas y con el centro las populosas barriadas de Ciudad Lineal y Carabanchel.

Infraestructura.

La infraestructura, construida por el Estado, ha sido proyectada por la 1.^a Jefatura de Construcción de la Dirección General de Transportes Terrestres, con la colaboración de los Servicios Técnicos del Metropolitano, llevando la citada 1.^a Jefatura la dirección de la obra.

La construcción del túnel ha tenido que salvar numerosas dificultades, debidas principalmente a las características de los terrenos que ha tenido que atravesar y a la vecindad de edificios, sobre todo en la zona del casco antiguo de la ciudad, con cimentaciones muy precarias.

Asimismo, dificultaron la marcha de las obras las numerosas capas de agua freática encontradas a lo largo del trazado (algunas de ellas con fuerte agresividad en SO_4 y Mg).

Específicamente podemos mencionar que el trozo de túnel entre la plaza de Isabel II y la de Comandante Las Morenas, debido a la poca consistencia del terreno y a la abundancia de agua, hizo necesario el empleo de inyecciones químicas para consolidar el terreno previamente a su excavación.

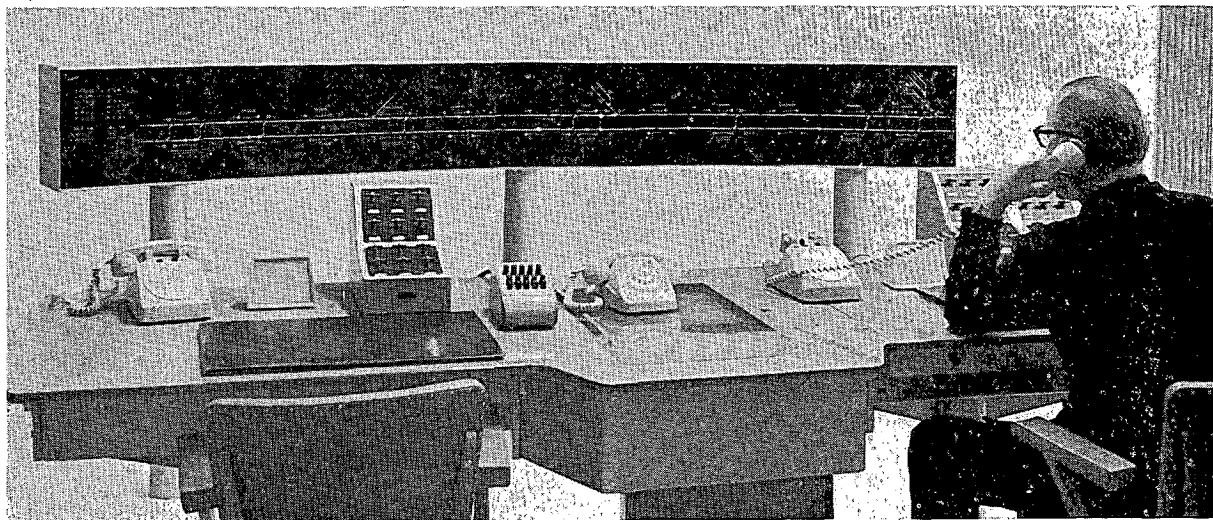
En las riberas del Manzanares se empleó para la construcción del túnel el sistema de pantallas de hormigón construidas en zanjas mediante el empleo de lodos tixotrópicos (bentonita), construyendo después el túnel a cielo

abierto bajo la protección de estas pantallas que sirvieron además como estribos.

La fuerte agresividad de las aguas hizo necesario emplear en algunos trozos del túnel cemento sulforresistente.

Tendido de vía.

En dos tercios de la totalidad, la vía está tendida sobre balasto con traviesas de madera de roble, a las que se sujeta el carril mediante tirafondos y placas de asiento de hierro.



Mando centralizado de tráfico C.T.C.

Túnel y estaciones fueron construidos enteramente en hormigón en masa, empleando el hormigón armado solamente en algunas secciones especiales sometidas a grandes esfuerzos y en las pantallas de bentonita.

Para la puesta en obra del hormigón se utilizaron bombas en la mayoría de los casos.

La excavación de los túneles fue realizada principalmente por el método belga, llegándose a un alto grado de mecanización en la excavación de tierras y transporte y elevación de las mismas.

Como es usual en este tipo de obras, la construcción de vestíbulos y accesos hizo necesario el desvío de numerosas canalizaciones de agua, luz, electricidad, teléfonos, etc. (en las que a veces se tarda más tiempo que en la obra en sí), y que muchas veces marcan el camino crítico en los planes de terminación de la obra.

Dada la profundidad relativamente grande de algunos trozos y del hecho de que el túnel atraviesa bajo el río Manzanares, han tenido que construirse dos instalaciones de bombeo que recogen las aguas procedentes de las infiltraciones del túnel en los puntos bajos de la línea; estas instalaciones funcionan automáticamente durante las veinticuatro horas del día.

Las estaciones y los trozos de vía con fuertes pendientes o curvas de pequeño radio llevan la vía sujeta directamente al hormigón sin intermedio de balasto. Para ello se emplean tacos de hormigón, a los que va sujeto el carril mediante grapas elásticas de acero especial con el intermedio de una capa de goma de 8 milímetros de espesor. Una vez establecidas las características geométricas de la vía (curvas de acuerdo, peraltes, etc.), se echa el hormigón que va a formar la solera definitiva del túnel, en el que quedan embebidos los tacos de hormigón a los que va sujeto el carril.

Este tipo de vía, largamente experimentado en el Metropolitano, reduce extraordinariamente la conservación, sin que la rodadura, gracias a la sujeción elástica y a las placas de asiento en goma, sea sensiblemente más ruidosa que una vía de tipo convencional.

El carril va enteramente soldado en toda su longitud, sin más solución de continuidad que las juntas aislantes de los circuitos de vía de la señalización, lo que contribuye evidentemente a una rodadura suave sin obstáculos. El procedimiento empleado es la soldadura *in situ* por el procedimiento de la aluminotermia.

Señalización.

La señalización de esta línea marca un rumbo nuevo, completamente distinto de las instalaciones anteriores y cuya meta, que es inevitable conseguir mediante etapas, será la conducción automática del tren. Bien entendido que aunque el tren vaya automáticamente conducido no quiere esto significar que se piense en suprimir el conductor (lo que técnicamente sería posible y de hecho lo es en algunas insta-

marcado tres etapas, la primera de las cuales está en marcha:

1. Establecimiento de circuitos en vía codificados.
2. Control automático del tren (ATC).
3. Conducción automática (ATO).

La primera fase, ya en montaje, consiste en superponer al circuito de vía clásico (que en esta instalación lleva además por primera vez en España relés de vía electrónicos) una codificación de la corriente del circuito de vía me-



Escalera mecánica en la estación Latina.

laciones mineras), sino que el conductor no intervendría más que en casos de emergencia y normalmente para la apertura y cierre de puertas, y decidir el momento en que el tren debe arrancar de la estación. A partir de este momento el tren toma la marcha adecuada para el trayecto a recorrer, teniendo en cuenta las condiciones de señalización por bloqueo automático (distancia del tren precedente), y parar en la siguiente estación de una forma totalmente automática. Para conseguir esta meta se han

diente impulsos a diferente frecuencia, que captados mediante unos captadores especiales que lleva el tren, marcan en la cabina del conductor una repetición de la señal que va a encontrarse próximamente.

Estos circuitos de vía codificados permitirán en la segunda etapa, que está en estos momentos en fase de adaptación de los prototipos existentes a nuestro material móvil, regular automáticamente la velocidad del tren mediante indicación luminosa (*cab signal*) en la cabina



Nuevo material móvil serie 1.000 en servicio en la línea 5.

del conductor (lo que permite la supresión de las señales en el túnel); si éste no respeta las indicaciones y sobrepasa la velocidad establecida por el *cab signal*, recibe un aviso acústico, y si no respeta este aviso, actúan sobre el tren los frenos de emergencia.

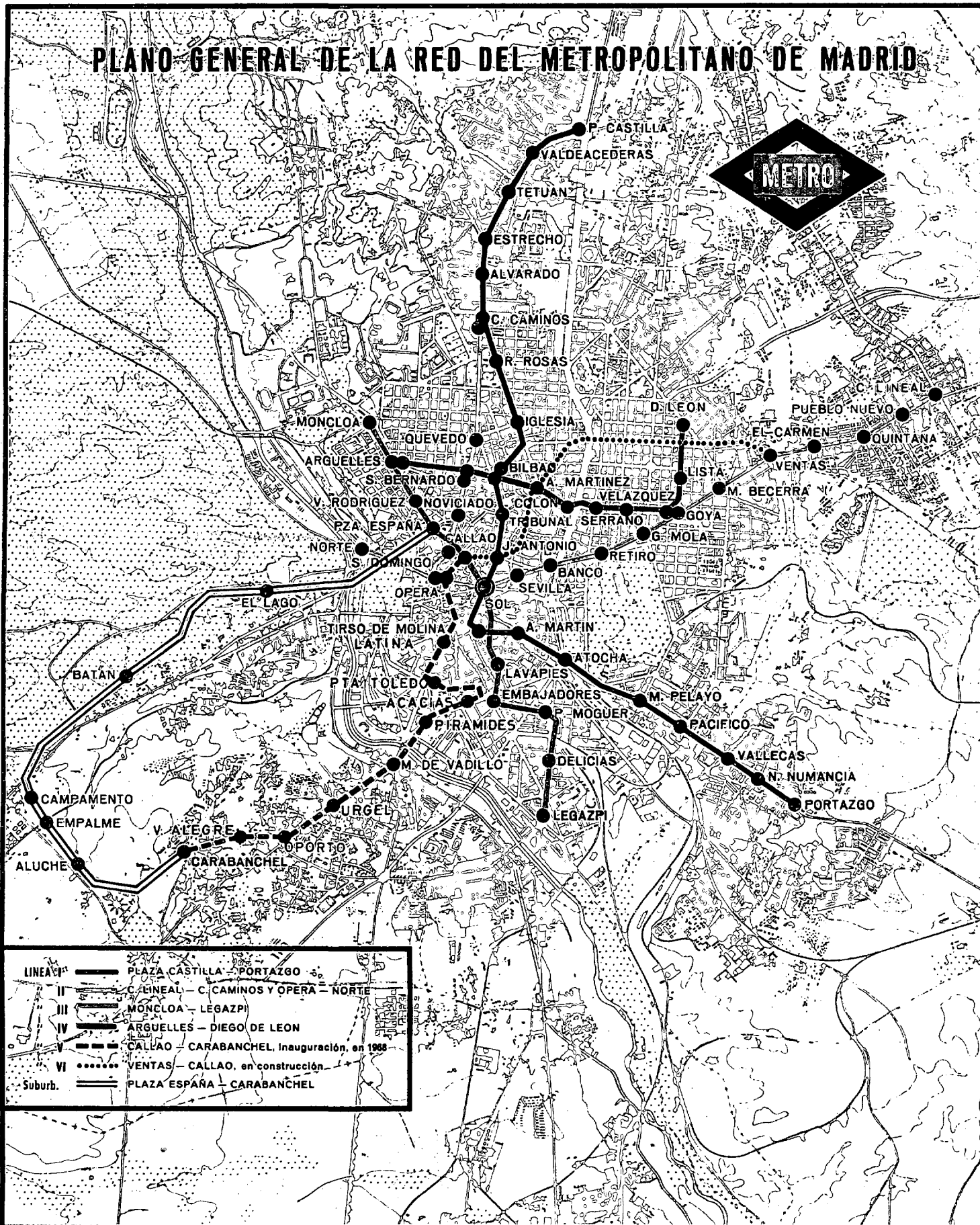
Este sistema, aparte de que incrementará las condiciones de seguridad reduciendo al mínimo la posibilidad de "fallos humanos", permitirá elevar la velocidad comercial, ya que el paso de una condición de circulación más restrictiva a otra menos restrictiva, o de vía libre sin restricción, se recibe sin esperar a llegar a

la siguiente señal, lo que permite la reacción instantánea del conductor. Inversamente hay más tiempo para actuar al pasar a una condición más restrictiva, ya que ésta se recibe también instantáneamente. Esto resulta de gran ayuda en circulaciones cuyo intervalo mínimo está previsto en dos minutos.

Se espera que el control automático del tren entre en servicio cuando la línea 5 esté completa desde Ciudad Lineal a Carabanchel.

Para la tercera fase (conducción automática) se están en estos momentos estudiando los sistemas posibles; una vez en servicio el con-

PLANO GENERAL DE LA RED DEL METROPOLITANO DE MADRID





Estación de 90 m. de longitud con capacidad para trenes de seis coches.

trol automático del tren, imprescindible para el establecimiento de ésta, se ensayarán diversos prototipos para llegar a la solución definitiva en esta línea y en las que se construyan en el futuro.

Las señales, maniobra de aguja, etc., estarán telemandadas desde un puesto de control centralizado de tráfico (CTC) único para toda la línea, que quedará por tanto gobernada por un solo hombre para la regulación del tráfico y establecimiento de maniobras cuando sea preciso. De este mismo sistema, totalmente electrónico, está en funcionamiento ya desde hace tiempo un puesto de mando análogo en la línea 3 (Legáspi-Argüelles).

Línea aérea.

Siendo las características y gálibo de esta línea análogas a las de las líneas antiguas, el sistema de tracción es el mismo, con línea aérea a 600 V. y tomas de corriente consistentes en pantógrafos de gran ligereza y altura muy reducida.

Esta será la última línea posiblemente en la que se siga este sistema, ya que en los proyectos de las líneas 6 y 7 se han previsto gálibos diferentes, y al romperse la unidad de explotación y haber dos redes distintas, se podrán reconsiderar las características principales de la explotación, adoptando las óptimas con exclusión de otras consideraciones de uniformidad.

Bajo esta base el sistema de toma de corriente de tracción en las futuras líneas será por tercer carril, como lo es actualmente en la mayoría de los ferrocarriles metropolitanos del mundo.

Subestaciones.

La alimentación de tracción para esta línea se realiza desde tres subestaciones ubicadas en C. Colegiata, C. Soria y General Ricardos (Puerta Bonita). Estas subestaciones toman corriente a 15 000 V. de las compañías hidroeléctricas y la convierten en 600 V. c. c. para la

tracción eléctrica y 3 000 V. c. a. para servicios auxiliares.

Los rectificadores (dos o cuatro por subestación) son del tipo más moderno (diodos de silicio) de 2 000 kW. de potencia, alimentados por transformadores de 2 400 kV., con disyuntores de alta de 24 kV. (15 kV. en servicio) y 600 A. La protección en corriente continua consiste en dos automáticos extrarrápidos de 3 000 amperios cada uno.

Los rectificadores de silicio, ya en uso en este ferrocarril desde hace algunos años, han demostrado la superioridad sobre otros sistemas, debido principalmente a razones, tales como simplificación de elementos auxiliares, bombas, ventiladores, etc., ahorro de espacio, insensibilidad a las vibraciones, simplificación de la refrigeración (natural por aire), arranque instantáneo en frío en las condiciones más severas, larga vida, escasa conservación y mayor rendimiento.

Las subestaciones están a corta distancia del túnel y unidas a él mediante galerías de cables por las que van los cables de feeder, retornos, servicios auxiliares, etc., en óptimas condiciones de vigilancia y conservación.

Material móvil.

En esta línea circula el material tipo 1 000, ya experimentado anteriormente en la línea número 2. Los trenes (de cuatro unidades con posibilidad de llegar a seis) son todos automotores. Cada coche tiene a su vez los cuatro ejes motores, cada uno de ellos accionado por un motor de 110 CV. enteramente suspendido, accionando los ejes mediante transmisiones elásticas. Los bogíes son de chapa soldada, careciendo de muelles metálicos o ballestas que son sustituidos por muelles formados por bloques de goma y acero intercalados en forma de rebanadas. Estos bloques se emplean en la suspensión primaria y secundaria (bogíe) y terciaria (bogíes-caja), resultando en conjunto una suspensión mucho más suave que la del material antiguo de tipo convencional.

Los frenos son de tipo eléctrico y neumático, actuando escalonados, de forma que el neu-

mático actúa normalmente sólo por debajo de los 15 Km./h.

El alumbrado del coche es fluorescente, alimentado por estatodina, que a su vez sirve para carga de batería y alimentación del equipo de control y servicios auxiliares.

La aceleración del tren oscila entre 0,95 y 1,05 m./seg.².

Depósitos y talleres.

Para el trozo actualmente inaugurado (Ca-

llao-Carabanchel) se utilizan los talleres y cocheras de Aluche, que hasta ahora servían solamente al F.C. Suburbano y que han sido ampliados para su utilización por el material de la línea núm. 5.

Como estas cocheras resultan de una capacidad insuficiente para albergar el material de toda la línea (Ciudad Lineal-Callao-Carabanchel), se están proyectando unas nuevas cocheras en Canillejas, no lejos de la estación de Ciudad Lineal, que entrarán en servicio cuando se inaugure la totalidad de la línea.