



ADECUACIÓN DE LÍNEAS A 220 KM./H. INFRAESTRUCTURA Y VÍA

Francisco Javier Medina Salanova

Ingeniero Jefe de la Segunda Jefatura de Construcción.

Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes.

Ministerio de Fomento

Plaza de los Sagrados Corazones, 7

28036-MADRID Tlfno.: 563.59.57

RESUMEN

La adecuación de líneas a 220 Km/h. se presenta como una de las direcciones de mejora de la red ferroviaria nacional.

Tiene sobre la alta velocidad las ventajas de economía en su instalación, ya que se apoya en líneas existentes y la mayor utilización que admite evaluada en circulaciones/día, al compatibilizar los tráficos de cercanías, largo recorrido y mercancías.

La adecuación en lo que afecta a infraestructura y vía, supone, de un lado, dotar a la línea de un trazado adecuado y de una rodadura con tolerancias mínimas y durables y de otra parte, una mayor amplitud de la plataforma.

La velocidad junto con la limitación del peralte y de la aceleración sin compensar que se transmita al viajero, fijan el radio mínimo; las rampas máximas vienen fijadas por la compatibilidad con la circulación de mercancías.

El establecimiento de tolerancias mínimas es función de la cuidadosa ejecución de la vía y su durabilidad de la indeformabilidad de la plataforma y de la rigidez de la vía.

La consecución de esta plataforma de calidad, se obtiene de forma diversa según las condiciones de partida (trazado, vía sencilla o doble) y de las posibilidades que brinde el nivel de explotación.

La presencia de trazados incompatibles con la velocidad deseada obliga a ejecutar variantes, en este caso se pierde parte de la ventaja en cuanto a economía de obra, pero se elimina uno de los problemas fundamentales en este tipo de actuaciones que reside en la compatibilidad del acondicionamiento con el tráfico.

Las duplicaciones por el mismo trazado representan el caso en que la economía y el respeto al tráfico, se conjugan con más facilidad.

Finalmente, el acondicionamiento de vías dobles en su mismo trazado representa el caso más problemático y tanto más cuanto mayor es el volumen de tráfico que soporta la línea.

1. EL OBJETIVO

Entre las direcciones en que se mueven las actuaciones para la mejora de la red ferroviaria nacional en estos momentos, la adecuación de líneas a 220 km./h. ocupa un lugar destacado junto a la construcción de líneas nuevas para velocidades iguales o superiores a 300 km./h. o líneas AVE.

Presenta la adecuación a 220 km./h. sobre la construcción de líneas AVE la ventaja de la gran economía en cuanto a su instalación, ya que se apoya en líneas existentes, lo que representa una reducción de costes en infraestructuras, variable según el punto de partida y lo accidentado del terreno por el que discurre la línea a acondicionar.

Por otra lado la utilización de la línea, evaluada en circulaciones/día, es mucho mayor en las líneas adecuadas a 220 km./h., ya que permiten compatibilizar los tráficos de trenes de cercanías, trenes regionales, largo recorrido y servicios de mercancías, en tanto las líneas AVE, y más desde que se decidió dotarlas de vía de ancho internacional, quedan limitadas a dar servicios a los trenes expresamente diseñados para ellas y a composiciones TALGO, que permiten un fácil cambio de ancho en los oportunos intercambiadores, lo que en la actualidad hace posible conectar la línea Madrid-Sevilla con el resto de la red en Madrid, Córdoba y Sevilla.

Por el contrario y al margen de la evidente desventaja de la menor velocidad, presentan, como contrapartida de la compatibilidad de distintos tipos de tráfico, el inconveniente de mayor dificultad y coste de mantenimiento, ya que éste de una



parte ha de ser más intenso ante la más severa agresión que supone el tráfico de mercancías y el mayor número de circulaciones/día, y éste a su vez dificulta la disposición de intervalos sin tráfico de duración suficiente para unos trabajos de mantenimiento eficaces y económicamente aceptables.

Por otra parte como contrapartida a los mayores costes de instalación, las líneas de alta velocidad, precisamente por no apoyarse en líneas preexistentes, presentan la ventaja de dejar "vivo" el ferrocarril alternativo.

Queda pues claro que con este preámbulo no pretendo decantarme a favor de la adecuación a 220 km./h. en contra de las líneas de alta velocidad. Creo que cada itinerario, y de acuerdo con los productos de transporte que demande el mercado, tendrá un tratamiento adecuado y para determinarlo están los métodos de análisis de rentabilidad de inversiones en sus aspectos económicos y sociales.

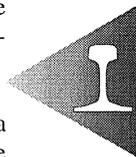
2. LAS NECESIDADES

Dejando la electrificación y las condiciones específicas de señalización como objeto de otras ponencias, voy a limitar la exposición de ésta, de acuerdo con su título, a lo que un tráfico de las características descritas demanda de la vía y la infraestructura.

Es evidente que lo primero que precisa una línea para circular a 220 km./h. es un trazado en planta con radios mínimos y longitudes de curvas de transición, tales que la aceleración sin compensar tanto por su cuantía como por su progresión no resulten molestas para el usuario y ello con un peralte, que no de lugar en los mercantes a un exceso que produzca un desgaste en el carril bajo, que a su vez obligue a su sustitución en un plazo antieconómico para evitar así un sobrecoste que afecte a la comodidad del viajero o a la seguridad de la circulación.

Como cifras indicativas puede darse 0,65 m/seg². para la aceleración sin compensar, 2.700 m. para el radio mínimo y una longitud mínima de curva de transición igual 9,30 veces el peralte multiplicado por la velocidad en km./h., manteniendo como peralte máximo 160 mm.

En cuanto al trazado en perfil, viene fijado no tanto por la velocidad máxima, como por las necesidades de la composiciones de mercancías y aunque en las líneas tratadas hasta el momento las rampas máximas vienen fijándose en torno a las 12 milésimas, es evidente que es más importante su homogeneidad a lo largo de un itinerario que su cuantía, ya que la rampa máxima fija la carga que puede remolcar cada tractor, por lo que se debe ser generoso con los recursos económicos para rebajar pendientes ante obstáculos aislados en un itinerario que pudiera calificarse de llano, en tanto se podrá ser más estricto cuando el itinerario a adecuar presenta todo él un perfil accidentado.



Tras ello hay que señalar, dentro de los aspectos geométricos de la obra, los elementos que definen la sección transversal, empezando por una mayor entreeja que reduzca a un mínimo aceptable los efectos aerodinámicos que se producen en el espacio entre dos trenes en el tiempo en que se cruzan. A estos efectos la experiencia en la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, en la que para una velocidad de 300 km., se dispuso un entreeje de 4,30 m., permite considerar suficientemente seguro para 220 km./h. el entreeje de 4,00 m., si bien, cuando las condiciones lo permiten, se proyecta un entreeje de 4,20 m. Relacionada con este fenómeno y con la resistencia al avance por efecto émbolo en los túneles, está el incremento de sección en ellos hasta valores del orden de 80 m². netos.

Asimismo en el ancho de plataforma y las cunetas en las trincheras se tiende a dar una mayor amplitud fundamentalmente para facilitar las tareas de mantenimiento y proteger la vía del agua y los desprendimientos.

Finalmente la última condición en el orden de exposición, pero a mi juicio la primera en importancia, es que la vía tenga unas tolerancias reducidas en alineación, perfil, ancho y peralte y la durabilidad de esta situación, ya que de nada sirve tener en el momento de la terminación de la obra una vía perfecta, si se deteriora su geometría rápidamente.

3. LA EJECUCIÓN

La consecución de una vía con una perfecta geometría no presenta dificultades cuando todas las fases que integran la secuencia de su ejecución, desde el montaje de la vía a la segunda nivelación pueden llevarse a cabo sin soportar más tráfico que el de los propios trenes de trabajo, sustituyendo el paso del tonelaje que fije en cada caso la norma entre primera y segunda nivelación por la acción equivalente de la estabilizadora dinámica.

Muy distinta es la situación cuando las condiciones de explotación de la línea exigen la devolución de vía al tráfico al término de cada intervalo de trabajo, aún en los casos en que la reducción de tráfico en fin de semana permiten intervalos de duración entre 48 y 56 horas.

En estos casos la ejecución de soldaduras en posteriores intervalos, tras haber soportado el carril varios días de circulación, a veces muy severa en cuanto a cargas y deficiente estado de ruedas, presenta dificultades que no se dan en la ejecución de una vía que no ha de soportar tráfico, y lo mismo puede decirse de las labores de alineación y primera y segunda nivelación tras la puesta en servicio de la vía en condiciones más o menos precarias al término del intervalo de trabajo.

Menos incidencia tienen las condiciones de trabajo en el amolado preventivo que, siendo la última operación de ejecución de la vía, puede considerarse más encaminado a la durabilidad de las tolerancias que a su obtención ya que las imperfecciones de laminación



que elimina el amolado son muy inferiores en cuantía a los márgenes de variación admisibles en la geometría de la vía.

Otro factor importante para la durabilidad, de las tolerancias es la rigidez de la vía frente a las deformaciones que pueden producir, tanto el tráfico como las variaciones térmicas a partir de la temperatura de neutralización de tensiones, ya que la barra larga soldada al impedir las variaciones de longitud, traduce las variaciones de temperatura en esfuerzos de tracción o compresión que tienden a provocar garrotos localizados. Para evitar la aparición de estos garrotos aún en grado mínimo, la solución no es sino extremar las precauciones que se adoptan en la vía que podríamos calificar de convencional, mayor sección de carril (60 kg./m.l.), travesa de hormigón monobloque y amplia banqueta de balasto.

Finalmente, el elemento fundamental para la durabilidad de la geometría de la vía es la calidad de la plataforma. Basta decir, para hacer patente su importancia, que en tanto las tolerancias de vía se miden en milímetros las deformaciones de una plataforma deficiente puede llegar a centímetros.

A estos efectos el medio básico consiste en la disposición de capas de sub-balasto y de coronación de terraplén o de forma, con calidades establecidas en las normas y ejecutadas con un nivel de compactación suficiente para evitar deformaciones de la explanación. Aunque las limitaciones de las tolerancias son más exigentes para líneas explotadas a 300 km./h. que para las que lo son a 220 km./h., la compatibilidad de los servicios a esta velocidad con las mercancías, cuyo impacto sobre la plataforma es mucho más intenso, hace que la adecuación de líneas a 220 km./h. debe ser en este aspecto más exigente que la construcción de líneas AVE.

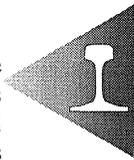
Como complemento a ello hay que incluir la ejecución de cuñas de transición en la proximidad de las obras de fábrica para evitar deformaciones diferenciales entre losa y terraplén.

4. LA INFLUENCIA DE LAS SITUACIONES DE PARTIDA

La situación en que se encuentra la línea objeto de adecuación es de una importancia capital tanto en lo que se refiere a los costes de la operación como en lo que afecta al procedimiento de ejecución.

A estos efectos podemos clasificar las actuaciones por tres características:

- que el trazado inicial tenga o no los parámetros antes indicados,
- que la vía sea sencilla o doble,



- ❑ que la explotación, en caso de vía doble, permita el corte permanente de una vía por trayectos entre estaciones.

En el caso de que el trazado inicial no tenga los parámetros necesarios para circulación a 220 km/h., las restantes características son irrelevantes, ya que la solución es la ejecución de un nuevo trazado apto para 220 km/h. y con las restantes características ya indicadas, y por consiguiente no se dan los problemas..

Es el caso en que la adecuación es más costosa, no sólo por que ha de ejecutarse una plataforma nueva con todos sus agravantes de pasos a distinto nivel, reposición de servidumbres, desvío de servicios, reducción de impacto ambiental, etc., sino además porque un trazado como el previo no procede del capricho o ineptitud de nuestros predecesores, sino de una topografía hostil, consecuencia de lo cual es un proyecto más laborioso.

Por el contrario la independencia respecto a la circulación permite que los aspectos específicamente ferroviarios (plataforma suficiente y superestructura) se lleven a cabo con mayor facilidad y garantías de mas más correcta ejecución.

Evidentemente hay tramos en que la inadecuación del trazado no es total y este tipo de tratamiento se aplica en variantes localizadas, procediéndose en el resto como se verá sucesivamente.

Cuando se parte de una vía sencilla con trazado adecuado, hay que comenzar por ejecutar la plataforma necesaria para que, junto con la existente, se obtenga la plataforma para doble vía con las características (cunetas incluidas) que antes he indicado. Ello supone fijar el eje de la nueva vía a distancia suficiente de la existente (siempre más de 4,20 m.) para que, entre el borde más alejado de la explanación existente y el de la construida, se tenga el ancho que se exigirá a una variante.

Construida la plataforma con estas características, se monta la vía con todas las garantías y, ejecutada la catenaria y las instalaciones de seguridad necesarias, se procede a su puesta en servicio como vía única, procediendo a dar de baja la preexistente. Tras ello es ya posible levantar la vía y proceder a ejecutar los trabajos necesarios para dar a la plataforma preexistente las características de calidad exigidas y la rasante adecuada para que, colocada encima la capa de sub-balasto, la rasante de la vía coincida sensiblemente con la de la segunda vía previamente ejecutada, operación que asimismo se lleva a cabo con independencia de la explotación.

Las interferencias con la explotación en este caso afectan a la adecuación de las estaciones que han de adaptarse tanto para la circulación a 220 km/h. en las vías generales, como a la explotación en doble vía.



Cuando el punto de partida es una doble vía, las condiciones de trabajo y la forma de ejecución difieren radicalmente según el número de circulaciones/día permita o no el corte de una vía entre estaciones en trayectos sucesivos.

En el primer caso el tratamiento es muy similar al de duplicación de vía, ya que temporalmente y por tramos sucesivos la vía se convierte a efectos de explotación en vía sencilla.

Esto permite una vez levanta la vía que se suprime temporalmente, adaptar la plataforma a las condiciones de geometría y calidad de materiales y capacidad portante necesarias, montar la vía y la catenaria, disponer las instalaciones de seguridad precisas y devolver al tráfico la vía nueva para a continuación proceder a hacer las mismas operaciones en otro trayecto hasta cubrir el tramo afectado por la adecuación, para pasar después a la vía no tratada y desarrollar en ella el mismo proceso.

Mucho más complicado es el caso en que la baja de una vía entre estaciones debe darse en condiciones de devolución a hora fija, lo que supone en condiciones óptimas disponer de 54 horas entre circulaciones y en algunos casos no más de 8 horas y para operaciones excepcionales de 12.

En estas circunstancias, obtener un ritmo adecuado de trabajo exigiría disponer en la fase de proyecto de la información suficiente de la plataforma sobre la que se va a actuar mediante la ejecución de catas bajo la propia vía que permitan determinar la granulometría y límites de Atterberg del terreno y ensayos de placa de carga para determinar su capacidad portante "de hecho". Estos conocimientos permitirían proyectar la actuación más rápida y acorde con el tiempo disponible para conseguir la mejor plataforma posible, que si además cumpliera la norma, ya sería el colmo de la satisfacción.

No obstante hay que lamentar que no siempre los responsables de la circulación comprendan que soportar unas pequeñas incomodidades en la fase de proyecto reduciría notablemente las que inevitablemente habrán de padecer durante la obra.

En cualquier caso y para no ir a unos rendimientos tan bajos, que los costes y los plazos de ejecución no resulten inadmisibles, la experiencia recomienda no levantar la plataforma existente, siempre que el módulo de deformación del terreno obtenido con un ensayo de placa de carga resulte suficiente, y mejorarla en su caso con una capa de sub-balasto de suficiente espesor.

Para el caso de que la deficiencia de la plataforma proceda de la plasticidad de los finos, una buena solución es cubrirla con un geotextil de gramaje adecuado.

El principal inconveniente de estas actuaciones "hacia arriba" reside en la reducción de gálibo en los pasos superiores, muchos de los cuales por su antigüedad ya de por sí son bastante estrictos para las dimensiones de las catenarias a instalar.



Esto obliga a optar entre dos soluciones, bien tratar la plataforma “hacia abajo” en los puntos de ubicación de los pasos que lo precisen y en la longitud necesaria a ambos lados, lo que afecta a la bondad de la rasante, o bien demoler y rehacer los pasos superiores con el incremento correspondiente del coste de las obras.

Como ejemplo de una actuación de este tipo puede considerarse la adecuación del tramo Tarragona-San Vicente de Calders, en el que se trabajó con intervalos de 7 horas. Comprobada con una campaña en ensayos de placa de carga la suficiente capacidad de carga de la plataforma existente para su utilización como sub-balasto, se proyectó una solución en la que sobre ella se extendía un geotextil, sobre él una capa de arena de 10 cm. para evitar el punzonamiento del geotextil por los vértices del balasto y sobre esta capa de arena se colocó la vía.

La ejecución se llevó a cabo con dos tajos, uno de desguarnecido, en el que tras la retirada del balasto viejo se extendía el geotextil y la capa de arena antes del extendido de la primera capa de balasto nuevo, y un segundo tajo de renovación en el que se procedía a sustituir carriles y traviesas y completar la dotación de balasto.

Como era de prever, y dado que con 7 horas de intervalo era impensable tratar la plataforma “hacia abajo” ni en forma localizada, hubo de demoler y reconstruir 4 pasos superiores de los 13 existentes.

Evidentemente estos procedimientos de trabajo no garantizan el cumplimiento de las normas, pero es cuanto puede hacerse cuando se trabaja “a intervalo”.

De todas formas, no se debe olvidar que las normas que no afecten a la seguridad no han de sacralizarse, ya que su fin es esencialmente armonizar la economía de instalación con la de mantenimiento, y cuando los costes de instalación vienen distorsionados por unas condiciones de trabajo impuestas por las necesidades de la explotación, el punto de ese equilibrio armónico se desplaza respecto al óptimo considerado en la norma para otras circunstancias.

Otra opción posible, en aquellos casos en que la vía no discurre por zonas urbanas cuya ordenación lo impida, es la ampliación de doble a triple vía, aunque para reducir costes de primer establecimiento, y en tanto el volumen de tráfico no lo demande, puede no renovarse más que una de las vías preexistentes.

El proceso de ejecución en este caso sería similar al que se ha expuesto para la adecuación con duplicación.

