

SISTEMA DE OPEMA DE HINCA DE ESTRUCTURAS BAJO EL FERROCARRIL

Recibido: 14/3/06

Aceptado: 30/3/06

Resumen

La realización de paso bajo obras lineales implica afecciones importantes a las redes de transporte. Para minimizarlas se desarrollaron diversas técnicas mediante pilotes, pantallas, excavaciones manuales, etc. De esta forma, sobre todo en el caso ferroviario, se conseguía que el corte completo de tráfico se redujera a unas pocas horas, aunque con importantes limitaciones de velocidad durante la ejecución de las obras preparatorias. Para minimizar estas afecciones, en los años 80 se introdujeron técnicas basadas en el empuje oleodinámico de la estructura bajo el ferrocarril, que permitían la colocación de la estructura en su posición definitiva manteniendo en todo momento el servicio. En este artículo se presenta un conjunto de novedades introducidas en estos sistemas, los cuales permiten optimizar aún más, técnica y económicamente, estos sistemas.

Palabras clave: OPEMA, S.L., Sistema Complet, Hincado, Empuje oleodinámico, Corte de vía.

Abstract

The construction of underpasses below railways and roads has a serious impact on transport networks. In order to minimize the impact of these works, techniques have been developed using diverse elements such as sheet piling, retaining walls, manual excavations, etc. In this way, and particularly in the case of rail underpasses, traffic stoppages may be reduced to just a few hours, though speed restrictions have to be set in place during the preparatory work. In an attempt to reduce these disruptions, techniques were introduced in the 80's which were based on the jacking of the structure below the railway and which allowed the structure to be set in place while keeping the railway open to traffic at all times.



Fernando Carreño San Martín
Ingeniero Técnico de Minas
Consejero Delegado de OPEMA, S.L.



Oscar Diéguez López
Ingeniero Industrial
Gerente de OPEMA, S.L.

This article describes a number of innovations which have been introduced in these systems and which enable greater technical and economic optimization of the same.

Key words: OPEMA, S.L., Complet system, Piling, Jacking, Rail stoppages.

INTRODUCCIÓN

Desde hace años, la necesidad de realizar pasos bajo obras lineales, especialmente en el caso de carreteras y de ferrocarriles, ha supuesto un grave inconveniente por la afección importante que se generaba al tenerse que construir casi siempre en redes con fuerte tráfico. Para minimizar dichas afecciones se desarrollaron técnicas basadas en la ejecución de diversos tipos de obras como pilotes, pantallas, tableros isostáticos por elementos, excavaciones manuales, etc., técnicas que conllevaban importantes riesgos durante los trabajos.

Las afecciones que se producían al tráfico y su consiguiente costo, tanto en lo referido a la energía consumida como a los tiempos a disposición para el paso de circulaciones, señalizaciones especiales, pilotes, etc. eran muy altas.

El problema se ha ido agravando con el paso del tiempo, ya que la gran cantidad de obras ferroviarias y la cada vez menor dotación de pilotes en las empresas explotadoras hacen que la disponibilidad de éstos sea claramente insuficiente, llegándose a situaciones de paralización de tajos por largos períodos de tiempo.

Para minimizar las afecciones al ferrocarril, cada vez con costos más elevados por realizarse en líneas que, por lógica, son las que sufren tráficos más

importantes, se introdujeron varias técnicas que permitían el hincado de la estructura bajo el camino de rodadura manteniendo el servicio. Así, desde finales de 1987 se empieza a utilizar en España, y casi como método exclusivo, la ejecución de pasos inferiores mediante empuje oleodinámico.

En esencia, el método de ejecución de un paso inferior mediante empuje o desplazamiento horizontal consiste, como su propio nombre indica, en la construcción de la obra de fábrica en las proximidades del emplazamiento definitivo y posterior traslación mediante empuje oleodinámico en sentido transversal a la vía hasta su posición definitiva.

Con este método se mejora sensiblemente la seguridad, se acorta la duración de la obra y se permite utilizar una tipología más acorde con las exigencias de las circulaciones.

Sin embargo, los sistemas existentes en el mercado hasta la fecha precisan del apoyo provisional de la vía sobre vigas de un cierto canto, que hacen que la separación resultante entre traviesas y cajón sea muy superior a la estrictamente necesaria para la capa de balasto. Este espacio perdido sobre la estructura hay que compensarlo yendo a más profundidad, con mayor costo de excavación y peor resultado en la rasante definitiva. El relleno de este espacio conlleva pérdidas de tiempo y materiales. Por otro lado, estos sistemas, que en lo sucesivo denominaremos "convencionales", precisan de operaciones preparatorias y de reposición de la vía a su estadio inicial, con el consiguiente riesgo y gasto de tiempo.

Por todo ello, personal experto en temas ferroviarios se ha venido dedi-

cando a pensar en como solucionar estas cuestiones y, fruto de ello, aparece el sistema *Compleat*, más seguro y más rápido, que ha utilizado la experiencia en cuestión de empuje, mejorando el rendimiento y seguridad del sistema.

2. EL NUEVO SISTEMA

2.1. INTRODUCCIÓN

La empresa OPEMA, S.L. ha patentado un nuevo sistema de hincado llamado *Compleat*, al cual nos referiremos a partir de ahora con este nombre.

En esencia, el método de ejecución de un paso inferior mediante empuje continuo, consiste en la construcción de la obra de fábrica en las proximidades del emplazamiento definitivo y posterior traslación mediante empuje oleodinámico en sentido transversal a la vía, hasta su posición definitiva, de manera continua, de modo que se minimice la afección a las vías y por lo tanto a las circulaciones ferroviarias.

La obra se ubica y construye en las inmediaciones sobre una plataforma de hormigón y, una vez conseguida la resistencia requerida, se procede al empuje mediante cilindros hidráulicos que transmiten los esfuerzos a un muro de reacción y al propio terreno.

Las vías quedan suspendidas en la plataforma dispuesta bajo ella durante todo el proceso de empuje sin apeos longitudinales. Para ello no es necesario cambiar las traviesas existentes por otras de madera, al contra-

rio de lo que ocurre en el método de empuje convencional utilizado hasta ahora, en que se hacía necesario cambiar las traviesas existentes por otras de madera y su posterior restitución para asegurar en todo momento del proceso de empuje que las vías permanecieran apeadas longitudinal y transversalmente.

En el nuevo sistema, una vez ubicada la estructura en su posición definitiva, se procede a retirar el equipo móvil de sustentación en una sola maniobra y se vierten 35 cm de balasto directamente sobre la estructura, al quedar ésta a la cota definitiva.

Esto supone una diferencia importante respecto del método convencional ya que en este último, una vez ubicada la estructura en su posición definitiva (cuyo proceso suele durar una o dos semanas con una velocidad de avance de unos 3-4 metros al día), se debía proceder a encofrar entre vigas de maniobra, hormigonando con hormigón bombeable para, posteriormente, desencofrar, acuñar los paquetes contra la parte hormigonada y retirar las vigas de maniobra, procediendo a continuación a hormigonar los huecos dejados por ellas. Después de hormigonar dichos huecos, ya se puede proceder a extender 35 cm de balasto sobre ese hormigón, se sacan las cuñas y se realiza un bateo ligero. Se retiran los paquetes de carriles y se sustituyen las traviesas de madera por las traviesas de hormigón primitivas, realizando un nuevo bateo ligero para dejar la vía alineada y nivelada.

Con este método se suele afectar a las circulaciones unos 20-30 días en los que se debe limitar su velocidad a 20-30 km/h a su paso por la zona de obras.

En cualquiera de los métodos, una vez se producen los asientos de consolidación, se realiza un bateo final con bateadora pesada, dejando ya la vía en perfectas condiciones.

Los elementos del sistema, que pasamos a analizar con más detalle, son los siguientes:

- Elementos para el empuje.
- Elementos para el deslizamiento.
- Elementos para la seguridad de las vías.

2.2. ELEMENTOS PARA EL EMPUJE

Los elementos que nos permitirán el empuje y movimiento (traslación) de la estructura son los cilindros hidráulicos, que se dispondrán en cantidad suficiente para poder mover la estructura con un coeficiente de seguridad alrededor de 1,5. Los cilindros utilizados son de dimensiones 200 x 350 x 500 (Ø vástago x Ø pistón x carrera), con camisa de una sola pieza, vástagos templados por inducción, cromados y rectificados.

El sistema hidráulico está maniobrado por un equipo eléctrico dotado de todos los componentes de seguridad necesarios, además, dispone de la posibilidad de paro de emergencia desde la botonera para actuar en cualquier fase de la maniobra. Este sistema es el responsable de proporcionar la presión suficiente a cada una de las unidades distribuidas uniformemente en el ancho de la estructura de manera sincronizada.

2.3. ELEMENTOS PARA EL DESLIZAMIENTO

2.3.1. Solera

Acorde con las dimensiones de la obra de fábrica, la solera sobre la que se ejecutará la estructura, tiene una longitud y un ancho suficientes para albergar todos los elementos necesarios. En su extremo dorsal esta solera se une al muro de reacción de longitud igual al ancho de la solera más muretes, elemento de especial importancia al comienzo del proceso.



2.3.2. Muretes laterales

Como hemos apuntado tienen la misma longitud que la solera a la que proporcionan el cierre lateral, de modo que se une a la ella mediante armaduras, que son cercos verticales y al muro de reacción mediante armaduras longitudinales. Su misión es la de guiado lateral de la estructura.

2.3.3. Muro de reacción

En la primera fase de la traslación, es necesario disponer de un muro transversal que soporte y aguante la reacción para poder conseguir el despeje y el movimiento posterior de la estructura. Este muro se une rígidamente a la solera de deslizamiento mediante armaduras que equilibren los esfuerzos movilizados, y descansa sobre el propio terreno al que transmite parte de los esfuerzos del empuje.

2.3.4. Vigas longitudinales de avance

Son unas vigas metálicas de 3,00, 3,50 o 4,00 m de longitud y sección 0,50 x 0,48 m, que se dispondrán, en sentido longitudinal a la solera de deslizamiento, sobre la propia losa.

Se utilizan para apoyo directo de los cilindros hidráulicos y reparto de cargas.

2.4. ELEMENTOS PARA SEGURIDAD DE LAS VÍAS

La seguridad de las vías, y por tanto de las circulaciones ferroviarias que soportan, es el punto fundamental a tener en cuenta en todo trabajo que interfiera con una línea.

2.4.1. El método convencional

En el método convencional esto se consigue mediante un apeo longitudinal de las vías realizado normalmente con paquetes de carriles, colocados a ambos lados de cada carril y unidos en su parte inferior por un cupón de carril en posición transversal a la vía.

En ese caso se tienen utilizar traviesas de madera en toda la zona de

apeos. Este apeo longitudinal recibirá las cargas del ferrocarril y las transmitirá a unas vigas transversales en acero (denominadas vigas de maniobra) que se apoyarán, a su vez, en el propio cajón mediante apoyos deslizantes y, por el otro extremo, se apoyarán en el terreno subyacente a las vías con elementos de reparto, en función de la capacidad del terreno para admitir las cargas que le sean transmitidas en condiciones de seguridad.

La primera fase del apeo es la sustitución de las traviesas de hormigón por traviesas de madera que admiten mejor las deformaciones que se producen en todo el proceso. Una



vez sustituidas todas las traviesas de una vía (la más próxima al cajón), se procede a la colocación de los paquetes de carriles de 54 kg/m, uniendo mediante cupones tres carriles atados al hilo interior y cinco carriles al hilo exterior, distanciando el solape de carriles en 5 m puesto que van a funcionar como vigas.

En caso de diferencias importantes de temperatura puede llegarse a hacerse necesario cortar los hilos de vía para que admitan los movimientos que se pueden generar.

Una vez ejecutado el apeo de la primera vía, se colocan las vigas de maniobra sobre el cajón. Hecho esto se procede a la excavación de las zanjas de alojamiento de las vigas de maniobra y se colocan las vigas hasta el eje de la doble vía. A continuación, mediante la utilización de cuñas de madera quedan apuntalados los paquetes de carriles y, por medio de estas cuñas, se va nivelando la vía en todo el proceso.

2.4.2. El método *Compleat*

La seguridad de las vías, y por tanto de las circulaciones ferroviarias que soportan, es el punto fundamental a tener en cuenta en todo trabajo que interfiera con una línea.

Por ello, a pesar de no ser necesario en la mayoría de los casos la simultaneidad de circulaciones y desplazamiento de la estructura (por aprovechar éste uno o varios intervalos de circulación) se tiene prevista dicha posibilidad estudiando y disponiendo los elementos necesarios para asegurar tal contingencia.

Los elementos de seguridad, presentes en la obra desde el primer momento, son:

- Vigas longitudinales para asegurar la situación de la vía en planta.
- Equipo móvil de sustentación de la vía para asegurar la situación de la vía en alzado.
- Vigas transversales

para asegurar cualquier problema que pueda retrasar el normal desarrollo del avance e impida el uso de alguno de los elementos anteriores.

Vigas longitudinales

Para evitar que, en el transcurso del avance de la estructura, la vía pueda sufrir movimientos transversales que pongan en peligro la circulación de las composiciones ferroviarias, se dispone una viga lateral longitudinal a las vías en la que se apoyan unos tensores/tiradores que sujetan a uno

de los carriles impidiendo la traslación del conjunto de la vía cuando se queda sin guarnición de balasto.

Se trata de una viga reforzada de la longitud adecuada, con las alas en posición vertical y rigidizadas en sus extremos con chapas dispuestas cada metro lineal, de 20 cm de longitud y 15 mm de espesor y con diagonales, de modo que en el ala contigua a las vías se sujetan los tensores/tiradores que actúan sobre el carril.

Esta viga se apoya en unas zapatas que se sitúan a ambos lados de la obra de fábrica, con una separación necesaria, en sentido longitudinal paralelo a las vías y a una distancia de 1,15 m desde el eje del carril al eje de las zapatas en sentido transversal.

Equipo móvil de sustentación de la vía

Se trata de una estructura metálica compuesta por perfiles, cilindros hidráulicos verticales, juego de rodamientos y uniones a los carriles.

Elementos transversales

Para prever la contingencia de tener que detener el avance de la estructura por causas ajenas al mismo (avería de la maquinaria, terreno con más consistencia de la prevista, etc.), en una posición en la que todavía no es posible utilizar la plataforma de suspensión, se tendrán preparados unos perfiles metálicos de 12,00 m de longitud, que en caso necesario se dispondrán bajo los carriles, entre traviesas, de modo que apoyan en vigas frontales, cuyo eje se encuentra a 3,00 m del eje de la vía, y en perfiles IPE, IPN o HEB situados en la estructura, de modo que se permita la circulación ferroviaria. La distancia máxima entre los ejes de ambas vigas será de 4 m.

2.5. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Definida la ubicación del paso inferior, y por lo tanto su eje, se rectifica el talud de la vía en la zona de influencia de la estructura en posición inicial. Se procede al replanteo del muro de reacción y la solera de deslizamiento, se realizan las excavaciones necesarias fuera de la incidencia

con el ferrocarril, se ejecuta el muro de reacción dejando las esperas necesarias, se hormigona la solera propiamente dicha y el resto de alzados de los muros.

Es conveniente realizar el hormigonado de la solera y muros contra el propio terreno, pues de esa manera se moviliza mejor el rozamiento pasivo que es imprescindible para el buen funcionamiento de las reacciones.

Conviene también señalar la necesidad de ubicar el paso inferior al ferrocarril en lugar donde no se vean afectados los postes de catenaria. Si no hubiera más remedio, habría que realizar un apoyo provisional o retranquear definitivamente los existentes.

En esta situación se está en disposición de acometer la ejecución completa de la obra de fábrica definida y proyectada sin afectar para nada a la circulación ferroviaria.

Se dispone una lámina de polietileno de 300 g/m² entre la solera de deslizamiento y la losa inferior para facilitar el deslizamiento y un poliestireno expandido de 20 mm de espesor entre los alzados y los muretes guía para evitar acodamiento lateral de la estructura.

Una vez que ésta ha adquirido la resistencia de cálculo se procede a su traslación, continua e ininterrumpida, ayudando al desplazamiento mediante la excavación bajo vías de manera acompasada con el movimiento.

Cuando se llega al final del desplazamiento se demuele el frente de avance, se acaban de ejecutar las alas frontales (en forma de U) y se procede a verter el balasto necesario sobre la losa, bateando, perfilando y nivelando la vía en la longitud que haya resultado afectada por las obras.

Se completan las obras con la realización de los remates pertinentes como la colocación la barandilla metálica sobre el murete lateral, ejecutado a la vez que la estructura, y se da por terminado el proceso.

Es conveniente revisar la zona de interacción estructura-terraplén y controlar que el terreno en este lugar se encuentre bien compactado y que el posible hueco que pueda quedar entre estructura y tierras relleno; in-

cluso puede resultar necesario el vertido de un hormigón pobre para rellenar estos huecos, si se estima que son de magnitudes inaceptables.

CONCLUSIONES

Las importantes afecciones que experimentaban las circulaciones ferroviarias cuando se trataba de ejecutar estructuras bajo su camino de rodadura obligaron a los expertos a desarrollar técnicas que permitieran la ejecución de dichas obras mientras se seguía produciendo el tráfico. Los primeros pasos llevaron a estructuras empujadas con gatos hidráulicos, previo apeo de las vías. Durante muchos años se ha mantenido esta técnica sin prácticamente modificaciones. En este artículo se expone un método que, basado en la filosofía descrita, aporta lo que los autores estiman unas importantes mejoras, fundamentalmente en lo que hace referencia a los elementos para la seguridad de las vías durante la puesta en posición definitiva de la estructura. Con más detalle, las actuaciones a destacar son:

- No se hace necesario sustituir las traviesas de hormigón por traviesas de madera.
- No se necesita apeo longitudinal ni transversal de las vías.
- Se puede realizar un mejor control de la geometría de vía, tanto en planta como en alzado.
- La afección a la vía es de menor duración.
- Es posible realizar la traslación de la estructura en intervalos de circulación, sin poner en peligro la integridad de las circulaciones.

Las ventajas del sistema anteriormente expuestas se han podido contrastar en múltiples obras para Organismos como:

- Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Medio Ambiente.
- ADIF (Administración de Infraestructuras ferroviarias).
- FGV (Ferrocarriles de la Generalitat Valenciana).
- FGC (Ferrocarriles de la Generalitat Catalana).
- FEVE (Ferrocarriles de Vía Estrecha). ■