

Nuevo sistema de hincado de estructuras bajo el ferrocarril

New system for jacking underpasses below railways

Jaime Pallarol Simón. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe del Servicio de Obras, Dirección General de Transportes, Puertos y Costas. Generalitat Valenciana. pallarol_jai@gva.es

Ricardo Insa Franco. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Profesor Titular de Ferrocarriles, Departamento de Transportes, Universidad Politécnica de Valencia. rinsa@tra.upv.es

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, las cuales permiten optimizar aún más, técnica y económicamente, estos sistemas.

Palabras Clave: Hincado, Empuje oleodinámico, Corte de vía, Sistema Complet.

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. 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.

Keywords: Piling, Jacking, Rail stoppages, Complet system

1. 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.

En el caso de los ferrocarriles la realización de este tipo de estructuras permitía que el corte completo de tráfico se redujera a unas pocas horas, si bien, durante los meses de ejecución de las obras preparatorias se producía una drástica reducción de velocidad con limitaciones alrededor de los

1. Introduction

For several years now, the need to build underpasses below transport lines and particularly roads and railways, has posed serious problems due to the impact of the same and the fact that these are almost always required on networks with high traffic flows. In order to minimize the impact of the works, techniques have been developed using diverse elements such as sheet piling, retaining walls, isostatic (simply-supported) decks, manual excavations, etc.

In the case of railways, the building of this type of structure restricts the complete cutting of traffic to just a few hours, though the months of preparatory work drastically reduce train speeds down to 20 to 30 kph and entails serious risks during the work in spite of all the care which

20 a 30 km/h, asumiendo, además, importantes riesgos durante los trabajos, aún a pesar del cuidado con que se ejecutaban. Por otra parte, se producía un mal aprovechamiento de los materiales ya que las tipologías isostáticas empleadas requerían de grandes espesores de hormigón con un funcionamiento poco adecuado técnicamente y nada optimizado económicamente.

Los autores de este artículo recuerdan, dentro de su dilatada experiencia profesional, la ejecución de numerosos pasos bajo el ferrocarril en base a la técnica de apeos con paquetes de carriles que, unidos a los carriles existentes mediante collarines y cuñas de ajuste, permitían la excavación por debajo de la vía. Con la colocación de paquetes de carriles de 22 metros de longitud se podían materializar vanos hasta de 4,5 m bajo dicha vía, lo que permitía construir el estribo del futuro puente. Esa anchura de 4,5 metros permitía construir la zapata de la cimentación. A partir de ella se procedía a la realización del alzado. En la práctica totalidad de casos era imprescindible entibar el hueco y desentibar después, a medida que se ejecutaba dicho alzado. Repitiendo el proceso se procedía igualmente para la realización del segundo estribo. Durante estas fases se imponían precauciones a los trenes para que circularan a un máximo de 30 km/h. Una vez ejecutados los dos estribos se procedía a la colocación del tablero, que previamente había sido construido fuera de la vía mientras se ejecutaban los estribos. En esta fase de posicionamiento del tablero sobre los estribos se producía la última afección importante a las circulaciones. Durante la operación era necesario cortar la línea durante unas horas para poderlo colocar en su posición definitiva. A partir de ese momento ya se podían quitar los apeos y proceder, por una parte a la restitución de la velocidad de trayecto a medida que se fuera bateando y consolidando la vía, así como a la realización de la excavación bajo el paso y, en su caso, a la construcción del vial bajo la estructura.

Estas afecciones de tipo parcial y completa (velocidades en el entorno de los 20 a 30 km/h y corte de vía durante unas horas) producían la alteración del 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, pilotos, etc. En definitiva se tienen dos grupos de factores que integran el coste total, por una parte el coste de la ejecución de la estructura y, por otra parte, el coste de las afecciones a servicio.

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 pilotos 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



Fig. 1. Cilindros hidráulicos y detalle de vigas longitudinales de avance/Hydraulic cylinders and detail of longitudinal advance beams.

may be taken during the execution of the same. Furthermore, this leads to a poor use of materials as the simply-supported slab types employed require large thicknesses of concrete which leads to inadequate technical performance and a lack of economic optimization.

The authors of the present article have wide ranging experience of these type of works and recall numerous railway underpasses which were built using propping systems with groups of rails connected to the existing rail by collars and adjustment wedges which enabled excavation below the track. By placing 22 metre length groups of rail its was possible to form spans of up to 4.5 m below the track and enable the construction of the abutment to the bridge. This 4.5 m width allowed the laying of the footings and the subsequent elevation of the abutment. In almost all cases it was essential to shore the excavation and to remove this as work progressed. The process is repeated in an identical fashion to form the second abutment. During these construction works trains passing overhead are restricted to no more than 30 kph. Once the two abutments have been formed, the deck is then placed in position, this having been previously constructed off the track area during the abutment works. The positioning of the deck on the abutments is the last of this series of operations to have a serious effect on train circulation. During this operation it is necessary to cut the line for several hours in order to allow the placing of the deck in its final position. From this time on the props can be removed and line speed can be gradually restored once the track has been packed and consolidated and the excavation work can then proceed together with the ensuing construction of the underpass.

These partial and total disruptions (with speeds restricted to 20 to 30 kph and the complete cutting of the line for several hours) affect traffic and are costly both in terms of energy consumption and delays, special signalling, piling etc. There are then two groups items which affect the total cost and, namely, the cost of building the structure and the cost of disruption to service.

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 del año 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 dedicando a pensar en como solucionar estas cuestiones y, como fruto de ello, aparece el sistema "COMPLET", 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

Desde hace menos de año y medio, se viene aplicando un nuevo procedimiento de hincado de estructura bajo vía, conocido como sistema "COMPLET", patentado por la empresa OPEMA, S.L.

En esencia, el método de ejecución de un paso inferior mediante empuje continuo, que aquí se trata de mostrar, 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 afcción a las vías y por lo tanto a las circulaciones ferroviarias.

The problem was heightened with the passage of time and the accumulation of railway works which led to shortages of equipment and ensuing stoppages in excavation works over long periods of time.

In order to minimize the ever more costly disruptions to railways due to the fact that these works tended to be carried out on lines with heavy traffic, various techniques have been introduced to allow excavation below the track while keeping this in service. From the end of 1987 underpasses in Spain were almost exclusively built by hydraulic jacking systems.

The method of forming underpasses by horizontal jacking consists, as its name suggests, by constructing the structure on site and then advancing the same by oil hydraulic thrust in a transversal direction to the track until the structure reaches its final position.

This method noticeably improves safety, reduces construction time and employs a system which is more fitting to traffic requirements.

However, the systems available on the market to date have required the provisional support of the track on deep beams which has meant that the ensuing gap between the sleepers and the box structure is far higher than strictly necessary for the ballast layer. This surplus area over the structure has to be compensated by a deeper sinking of the structure which is subsequently reflected by higher excavation costs and a poorer grade result and the infill of this area leads to wastage in terms of both time and materials.

As a result, railway experts have attempted to come up with a solution to the problem and this has led to the appearance of the "COMPLET" system, this being a safer and faster method which employs the experience gained regarding jacking techniques and improving system performance and safety.

2. THE NEW SYSTEM

2.1. Introduction

The new "COMPLET" track underpass jacking system, patented by the company OPEMA S.A., has been in operation since 2003.

The method of constructing an underpass by continuous jacking basically consists of the construction of the structure in an area adjacent to the installation site and then hydraulically pushing the structure into its final position at right angles to the track, with minimum disturbance to both rails and train circulation.

The structure has to be rigid to allow transfer into position and for this reason box type structures tend to be employed though this system can be used with any suitably stiffened structure.

Es condición fundamental para la traslación que el conjunto sea rígido, para lo cual se utiliza normalmente la tipología de pórtico cerrado, aunque podría emplearse el método con cualquier estructura convenientemente rigidizada.

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. A la vez se procede al vaciado de las tierras de modo que no se ponga en peligro la estabilidad de las vías. Este proceso de empuje permite una velocidad de avance de unos 2 a 3 metros a la hora.

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 contrario 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 "COMPLET", 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. Con este método puede evitarse afectar a las circulaciones ya que es susceptible de producirse únicamente en intervalos de circulación previamente programados. No obstante, si resultara necesario, se podría circular a 60 km/h, mientras que en el método convencional no es conveniente superar los 30 km/h ya que el comportamiento de las cuñas y los paquetes de carriles resulta inadecuado.

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 30-40 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 ba-

The structure is built on a concrete launch pad in the vicinity of the track and on obtaining suitable strength is then jacked by hydraulic cylinders which transfer the stresses to a reaction frame or the ground itself. The excavation is simultaneously carried out from within the structure or box and there is, subsequently, no risk to track stability. This jacking process provides advance speeds of around 2 to 3 metres per hour.

The tracks remain supported on a purpose-built platform without any longitudinal propping throughout the entire jacking process. Under conventional jacking methods the existing sleepers have to be replaced by wooden sleepers during the process and then be returned on completion in order to ensure the longitudinal and transversal support of the track throughout the jacking process. This change of sleepers is not required under this new system.

With the "COMPLET" system the mobile track support is removed in just one manoeuvre, once the structure has been set in its final position, and 35 cm of ballast may then be poured directly over the structure to leave it at its final height. The method eliminates disruptions to train circulation as it can be carried out during previously scheduled gaps between traffic. However, when work is carried out at the same time as overhead traffic, trains may pass at speeds of 60 kph as opposed to the 30 kph restriction imposed by the conventional method on account of the behaviour of the wedges and rail packing.

This offers an important advantage over the traditional method as in this latter, once the structure is set in its final position (following a process which may take one to two weeks with a speed of advance of some 3 to 4 metres a day), it is then necessary to set formwork between the temporary beams and pump in the concrete before striking the formwork, wedging the packing against the concreted part and then removing the temporary beams and concreting the areas left by the same. After concreting these voids, 35 cm of ballast is spread over the concrete, the wedges are removed and the area is lightly tamped. The rail packing is removed and the wood sleepers are replaced by the original concrete sleepers and the ballast is once again tamped to leave the track level and aligned. This method normally affects train circulation over 30-40 days and restricts speed over working areas to 20-30 kph.

With both methods, once the ballast has been compacted and settled, it is finally tamped with a heavy tamping machine to leave the track in perfect condition.

The "COMPLET" system is comprised of the following components which are described in more detail below:

- Jacking components
- Sliding component
- Track safety elements

teadora pesada, dejando ya la vía en perfectas condiciones.

Los elementos del sistema "COMPLET" 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 ((vástago x (pistón x carrera), con camisa de una sola pieza, vástagos templados por inducción, cromados y rectificados. Estos cilindros nos permiten trabajar con una fuerza de 250 t/cilindro y hasta una presión máxima de trabajo de 260 bares.

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.

Los cilindros se pueden disponer separados uniformemente en todo el ancho de la losa inferior desde los ejes de los alzados, o bien en dos grupos laterales para disminuir el riesgo de inclinación transversal. La longitud del cuerpo del cilindro más el vástago, en su posición de apertura máxima, es de 1.740 mm.

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 verti-

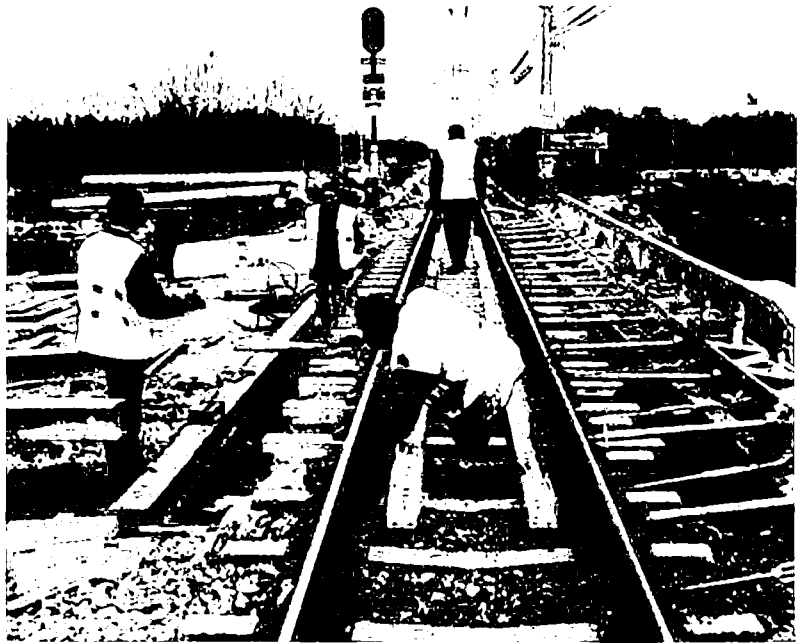


Fig. 2. Viga lateral longitudinal con tensores para evitar movimientos transversales de la vía/Longitudinal side beams with bracing rods to prevent transversal movement of the track.

2.2. Jacking components

The structure is moved by hydraulic cylinder jacking elements. A sufficient number of these hydraulic jacks are placed in position to ensure the movement of the structure with a safety coefficient of 1.5. The cylinders employed are 200 x 350 x 500 (\varnothing rod x piston x stroke), with a single-piece liner and chromed and rectified, induction hardened rods. This cylinders can work under a force of 250 t/cylinder and up to a maximum working pressure of 260 bars.

The hydraulic system is operated by an electric generator fitted with all the necessary safety devices and which also includes the possibility of pushbutton emergency cut-out during any stage of the manoeuvre. This system is responsible for providing sufficient and synchronized pressure to each of the units which are uniformly distributed throughout the breadth of the structure.

The cylinders may be uniformly spaced throughout the entire width of the lower slabs between the centrelines of the side walls, or in two side groups to reduce the risk of transversal tilting. The length of the cylinder chamber together with the piston rod at its maximum extension is 1.740 mm.

2.3. Launching components

2.3.1. Launch pad

The launch pad on which the structure is constructed has to be of sufficient length and width to house all the necessary

cales 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 despegue 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 ó 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, el cual se suspende de los paquetes mediante abrazaderas especiales.

En ese caso se suelen 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, uniéndolos mediante cupones 3 carriles atados al hilo interior y 5 carriles al hilo exte-

components. The back of the pad is connected to a rear reaction wall which runs the whole width of the slab and which is, in turn connected to two side reaction walls.

2.3.2. Side walls

The side walls, which act as a lateral guide to the jacked structure, run the entire length of the launch pad and are connected to the same by vertical hoop reinforcement and to the back wall by longitudinal reinforcement.

2.3.3. Back launch wall

During the first stage of the jacking process it is necessary to rely on a rear wall which supports and bears the reaction necessary to launch and advance the structure. This wall is rigidly connected to the launch pad by reinforcement which balances the mobilized stresses, and a proportion of the launch stresses are transferred to the ground immediately below the pad.

2.3.4. Longitudinal advance beams

These 0.50 x 0.48 m section steel beams come in 3.00, 3.50 or 4.00 m lengths and are arranged longitudinally to the launch pad. These beams provide direct support for the hydraulic cylinders and aid load distribution.

2.4. Track safety elements

The safety and stability of the track and, subsequently, that of the rail traffic borne by the same, is of vital importance in all work affecting train lines.

2.4.1. The traditional method

Under the traditional method, track safety and stability is obtained by the longitudinal support of the rails which is normally carried out in the form of groups of rail placed either side of each rail and connected by special brackets to underlying sections of rail set at right angles to the track.

In this case wooden sleepers tend to be employed throughout the entire support area. This longitudinal support receives the loads from the track and transfers these to steel cross beams which are, in turn, supported on one end on sliding bearings set on the box structure and, on the other end, on load spreaders set on the underlying ground to the track in accordance with the soil's capacity to absorb loads under safe conditions.

The first stage of the track support operations consists of replacing the concrete sleepers by wooden sleepers as these latter more readily accept the strains which occur throughout the process.

rior, 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.

Los paquetes de carriles se sujetan en las traviesas con cupones que atan un trozo de viga que se coloca transversalmente al paquete y sobre el que apoya los hilos de vía.

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. La velocidad de circulación de los trenes en la zona a apea conviene que no sobrepase los 30 km/h, ya que, en caso contrario, podrían no funcionar adecuadamente las cuñas, pudiéndose quedar sin apoyo los paquetes de carriles. Cada 5 ó 6 m de avance es necesario, a su vez, avanzar las vigas de maniobra para realizar otro ciclo de empuje.

Dependiendo de la anchura de la banqueta del ferrocarril puede ser necesario realizar un terraplén adosado, en el lado opuesto al de construcción del cajón, para que las vigas de maniobra apoyen en él.

2.4.2. El método "COMPLET"

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 interra con una línea. Por ello, a pesar de que en la mayoría de casos no resulta necesaria la simultaneidad de las circulaciones y el desplazamiento la estructura, en este caso se tiene prevista esta posibilidad estudiando y disponiendo los elementos necesarios para asegurar tal contingencia.

Los elementos de seguridad en este sistema, 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.

2.4.2.1. 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 fe-

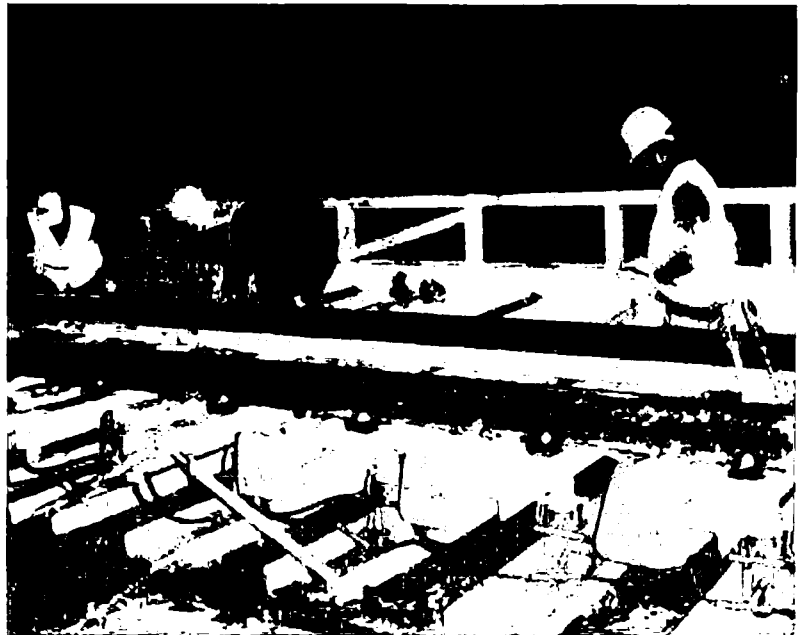


Fig. 3. Equipo móvil de sustentación de la vía compuesto por perfiles metálicos, cilindros hidráulicos verticales, juego de rodamientos y uniones a los carriles./Mobile track support equipment composed of steel sections, vertical hydraulic cylinders, rail bearings and connections.

Once all the sleepers have been replaced on one track (the one closest to the box) groups of 54 kg/m rail are placed, which are plate jointed with 3 rails on the bottom cord and 5 rails on the top cord, with overlap of rails at 5 m to ensure that these act as beams.

When there are sizeable changes in temperature it may be necessary to cut the chord to allow for movement.

The groups of rails are held to the sleepers by joints which include a section of rail which is set crossways to the beam assembly supporting the track.

Once the first track has been supported the advance beams are then placed on the box and, after excavating channels to house the same, these are then extended out to the centreline of the double track. Wooden wedges are then employed to shore the rail beam sections and to level the track. Trains passing over these supported areas are restricted to 30 kph as speed over this limit could affect the wedges and leave the beam rails without support. The service beams have to be extended every 5 or 6 m of advance in order to allow a further jacking cycle.

In accordance with the width of the railway berm, it may be necessary to form an adjacent bank on the opposite side of the box construction to allow the advance beams to rest on the same.

2.4.2. The "COMPLET" method

Track safety and the ensuing safety of trains running on the same is of utmost importance when undertaking any work interfering with a railway line. While it is not generally necessary to restrict works to periods when no trains are

roviarias, 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 ésta se queda sin guarnición de balasto.

Se trata de vigas HEB-300 reforzada, de la longitud adecuada con las alas en posición vertical y rigidizada en sus extremos con chapas dispuestas cada metro, 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.

La flecha que toma esta viga debida al peso propio es de poca entidad de modo que se asegura un correcto enfrentamiento con el carril en todo momento que, por otro lado, admite suficiente holgura.

La resistencia del perfil a los esfuerzos laterales que origina la vía, estimados por el efecto lazo de 5 toneladas, es perfectamente asumible por el mismo, ya que trabajaría como viga continua con vanos de 1,20 m de luz, solicitada por fuerzas puntuales dispuestas en su centro con un valor total de 5 t. Su movimiento transversal se impide mediante cajeo de la cara superior de las zapatas.

Estas zapatas se sitúan a ambos lados de la obra de fábrica, en el lado opuesto al de posición inicial de la estructura, con una separación suficiente 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.

Sus dimensiones son de 1,00 x 1,00 m en planta y 1,00 m de altura, siendo la cota de su cara superior coincidente con la cota de la traviesa correspondiente. Se ejecutan con hormigón en masa HM-20 y, como se ha dicho, apoya en ellas el perfil longitudinal impidiendo su traslación.

2.4.2.2. 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.

Se parte de una unidad tipo que está compuesta por una viga en U de 280 mm de ancho y 3.000 mm de longitud colocada con las alas hacia arriba. Debajo de ésta van colocados dos conjuntos de rodillos que permitirán tener movilidad sobre los mismos al resto del equipo que se ponga encima. Estos rodillos son autolubrificantes disponiendo de un eje de 40 mm de acero que garantiza la rodadura con una carga del doble de la indicada en la instrucción. A su vez, estos conjuntos de rodillos, colocados en la vertical del carril, disponen de un sistema de giro que permite situarlos en la dirección del esviaje, cualquiera que sea éste, de manera que no se produzca ningún problema en el desplazamiento.

running overhead, this method allows for this possibility and has all the necessary elements to ensure such a contingency.

The safety elements of this system which are available from the very outset, include:

- *Longitudinal beams to guarantee the horizontal positioning of the track*
- *Mobile track supporting system to guarantee the vertical positioning of the track*
- *Cross beams to prevent any problems which may delay the normal progress of the advance and prevent the use of any of the preceding safety elements*

2.4.2.1. Longitudinal beams

In order to prevent any transversal movement of the track during the advance of the underlying structure and to eliminate any ensuing risk to trains, a side beam is set parallel to the track. This beam incorporates a number of bracing rods which hold one of the rails and prevent the movement of the track when the ballast has been removed.

These HEB-300 reinforced beams are arranged in suitable lengths, with the flanges set vertical and stiffened at the ends with 20 cm long and 15 mm thick plates set every metre and diagonals, and with the flange adjacent to the track supporting a number of bracing rods/ties which act on the rail.

The insignificant deflection of the beam on account of dead weight ensures the correct positioning of the same in relation to the rail at all times.

The lateral forces generated by the track, estimated at 5 tons on account of the tie effect, are perfectly absorbed by the section as it acts as a continuous beam with 1.20 m spans and one which is stressed by point forces at the centre to a total of 5 tons. The transversal movement of the section is prevented by the housing of the beam on the upper face of the footings.

These footings are set both sides of the work, on the opposite side of the initial position of the structure, with sufficient spacing in the longitudinal direction parallel to the track and at a 1.15 m distance from the centreline of the rail to the centreline of the footings in the transverse direction.

These footings are 1.00 x 1.00 m in section and 1.00 m high, with the level of the upper face coinciding with that of the corresponding sleeper. These footings are built in HM-20 plain concrete and support and restrain the longitudinal beam connected to the rail.

2.4.2.2. Mobile track support system

The system consists of a steel structure composed of profiles, vertical hydraulic cylinders, roller bearings and rail connectors.

Sobre esta viga de 280 mm y también en la vertical de cada carril (dependiendo del ancho de vía de que se trate), van colocados unos tubos de acero de 10 mm de pared, soldados a la viga, dentro de los cuales van colocados dos cilindros hidráulicos.

Apoyadas sobre estos, y en posición invertida (las alas hacia abajo), van colocadas unas vigas en U de 160 mm de ancho que llevan incorporadas en la parte superior donde apoyarán los carriles unas placas para mantener la inclinación de éstos. A su vez, viga y placa se unirán a través de unos tornillos de alta resistencia para poder sujetar el conjunto al carril de manera que se eviten desplazamientos transversales, consiguiendo un conjunto sin movimientos excepto el de subida y bajada de los cilindros.

Por otra parte, el conjunto superior y el inferior de vigas en U de 280 mm y 160 mm, van unidas por una diagonal tipo puntal que se alarga o se acorta dependiendo de si se sube o se baja, fijándose y bloqueándose, una vez que la vía se ha nivelado.

Estos conjuntos que hemos descrito se sitúan entre traviesa y traviesa y su número dependerá del ancho de la obra de fábrica que se realice en cada momento.

Una vez colocado todo lo anterior se unirán o arristrarán todas las vigas en U con otros perfiles metálicos de 140 mm en U, por la parte inferior, mediante tornillos y taladros hechos al efecto, en cuyo momento tendremos un todo-uno que podrá ser rodado hasta situarlo en la situación que convenga.

Una vez que el frente de la estructura llega bajo la vía se actúa sobre los émbolos hasta que los carriles quedan perfectamente calzados. Se amarran mediante las abrazaderas del sistema y la vía puede ser utilizada en condiciones normales y a una velocidad de hasta 60 km/h, sin que los movimientos, horizontales y verticales, sean de consideración.

Así mismo, se ha estudiado el conjunto de forma que no sea un obstáculo para los sistemas de señales y protección de catenaria. Los hilos van aislados con placa de caucho aislante y grapas del mismo material. También se coloca una toma de tierra para seguridad de la instalación, así como de los agentes que trabajan en ella.

En el avance sucesivo de la estructura, el conjunto del equipo móvil de sustentación de la vía y la vía se mantiene solidario y fijo de modo que el movimiento de la estructura se realiza por rodamiento del sistema de apoyo.

2.4.2.3. Elementos transversales

Para prever la contingencia de tener que detener el avance de la estructura por causas ajenas al procedimiento (avería de la maquinaria, terreno con más consistencia de la



Fig. 4. Vista general de la estructura de sostenimiento/
General view of support structure.

The base section is composed of a 280 mm wide x 3.00 m long "U" beam with the flanges set upwards. These beams are set on two sets of rollers to provide mobility to the entire support system. These roller bearings are self-lubricating and have a 40 mm steel axle to ensure rolling under loads which are double the maximum indicated in the codes. These sets of bearings, placed in the plane of the rail, are equipped with a rotating system to allow placement in a skew direction and avoid any type of problem associated with alignment.

10 mm thick steel sleeves are welded to the 280 mm beam in the plane of each rail (depending on the track gauge in question) in order to house the two hydraulic cylinders.

160 mm wide U beams are placed with the flanges downwards on top of these cylinders. Plates are set on the top of these beams to support and maintain the position of the rails. The beam and plate are connected by high strength bolts in order to support the track and prevent any transversal displacement and to ensure that the only movement is that provided by the rise and fall of the cylinders.

The upper and lower U beam assembly of 280 and 160 mm beams is connected by bracing diagonals which are extended or shortened depending on whether they rise or fall. These braces are fastened and secured once the track has been levelled.

As already indicated, these assemblies are placed between sleepers and the number depends on the width of the structure being carried out.

Once the preceding assembly has been placed, all the U beams are connected and braced by other 140 mm shape steel profiles set on the underside and joined by bolted connections through purpose-made bore holes. This provides a complete assembly which may be rolled into place as required.

Once the face of the structure reaches the area of the track, the pistons come into operation to ensure that the rails are perfectly mounted. These are secured by the system fasteners and allow the track to be employed under normal conditions with speeds of up to 60 kph without causing excessive horizontal or vertical movements.

The entire assembly has been calculated so that it will not pose any obstruction to signalling and overhead or line distribution systems. The wires are insulated with insulating rubber and rubber grips. An earth connection is also placed to ensure the safety of the installation and to protect workers.

During the progressive advance of the structure, the mobile track support system remains solid and fixed in

prevista, etc.) en una posición en la que todavía no es posible utilizar la plataforma de suspensión, se tendrán preparados unos perfiles metálicos HEB-200 de 12,00 m de longitud que, en caso necesario, se dispondrán bajo los carriles, entre traviesas, de modo que apoyen en vigas frontales, cuyo eje se encuentra a 2,00 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 dos vigas contiguas será de 4,00 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 aletas 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 encuen-

position and the structure moves below the rollers set on the underside of the support.

2.4.2.3. Transversal components

In the event of stoppages in the advance of the structure for outside reasons (engine failure, more solid ground than expected, etc.) in positions where it is not possible to employ the support platform, 12.00 m long HEB-200 steel profiles are kept on site and, where necessary, may be inserted between the sleepers below the rail, so that these rest on front beams with an axis set 2.00 m from the centreline of the track, and on IPE, IPN or HEB profiles placed on the structure, and allow for the safe running of overhead trains. The maximum distance between the axes of two adjacent tract shall be 4.00 m.

2.5. Operation procedure

Once the location and axis of the underpass has been defined, the track embankment is modified in the area of influence of the structure at its initial position. The back reaction wall and launch pad are staked out and the necessary excavations are carried out in an area which will not affect the track. The back wall is constructed with the necessary intervals and the base slab and the walls are concreted.

The slab and wall concrete should be set directly on the ground in order to ensure passive friction which is essential for the correct operation of reactions.

It is preferable to set the railway underpass in an area which is clear of overhead distribution posts. If this is not possible, provisional supports will have to be provided or the existing post removed and relocated.

The site is now prepared for the complete jacking of the structure in question without affecting rail traffic.

A 300 g/m² polyethylene sheet is set between the launch pad and the lower slab of the structure in order to aid sliding and a 20 mm thick expanded polyethylene sheet is set between the elevations and guide walls to prevent the lateral bracing of the structure.

Once the structure has reached the design strength, it is then continuously jacked into position with simultaneous excavation taking place from inside the box.

When the structure reaches its final position, the advance shield is removed, the front wings are formed (in a U shape) and the necessary ballast is spread over the slab and tamped, and the track set and levelled throughout the stretch affected by the works.

The works are completed with the necessary finishings, such as the installation of a steel handrail on

tre bien compactado y que el posible hueco que pueda quedar entre estructura y tierras relleno; incluso puede resultar necesario el vertido de un hormigón pobre para rellenar estos huecos, si se estima que son de magnitudes inaceptables.

3. Resumen de las diferencias fundamentales

3.1. Generalidades

El procedimiento de diseño, cálculo y dimensionamiento de los métodos sucintamente expuestos tiene similitudes y diferencias que pasamos a indicar.

El diseño se diferencia básicamente en que la estructura, en el método "COMPLET", tiene la losa superior continua para que el equipo móvil de sustentación de la vía pueda rodar libremente sobre ella, mientras que en el sistema tradicional se utilizan vigas para el apoyo de los apeos transversales.

Para el cálculo se considera una sección transversal de la estructura de un metro de espesor, modelizando la directriz de la misma, que se supone formada por barras definidas entre los nudos de sus extremos, materializados mediante coordenadas.

Para considerar la acción del terreno, se supone que la estructura está apoyada sobre muelles, cuya constante elástica depende del módulo de balasto (horizontal y vertical) del mismo.

En el caso del método "COMPLET" se utiliza la nueva Instrucción IAPF para el implante de las acciones.

3.2. Elementos para el empuje

Estos elementos se diferencian por sus dimensiones, por su capacidad de empuje y por su disposición, pero todos utilizan la misma técnica, es decir: utilizan gatos o cilindros hidráulicos, en número suficiente, comandados por centrales que les suministran la fuerza necesaria para su movimiento y el movimiento de la estructura.

3.3. Elementos para el deslizamiento

Se utilizan vigas metálicas y contrasolera de empuje, realizada "in situ". A su vez, y para evitar que el conjunto de vigas (longitudinales y transversales) formen un mecanismo y pueda producirse el levantamiento del conjunto, a partir del segundo grupo de vigas longitudinales se fijan a la solera de deslizamiento mediante una pequeña viga metálica dispuesta transversalmente y por encima de ellas a fin de hacerlas solidarias.

Ello permite que el nuevo sistema pueda desarrollarse de manera continua al no tener que depender del tiempo de fraguado de ningún elemento.

the side wall which is constructed at the same time of the structure, and the process is then taken to be finalized.

It is advisable to check the area of interaction between the structure and the embankment to ensure that this is well compacted and to ensure that any voids between the structure and the backfill are suitably filled and if the situation so demands, to block these spaces with lean concrete.

3. Summary of main differences

3.1. General

The design, calculation and dimensioning processes of the two methods summarized above have a number of similarities and differences as indicated below.

Under the "COMPLET" method, the design essentially differs with regards to the structure as this is provided with a continuous upper slab to allow the free rolling movement of the mobile track support, while under the conventional method, beams are employed for the support of the transversal props.

In the calculation stage, a one metre thick cross-section of the structure is considered and the directrix of the same is modelled when taking this to be formed by bars defined between the outer nodes and embodied by coordinates.

When considering the ground action, the structure is taken to be supported on springs, the elastic consistency of which depending on the ballast module (horizontal and vertical) of the same.

In the case of the "COMPLET" method the new IAPF Code is employed for the introduction of actions.

3.2. Launching elements

These elements vary in terms of dimension, jacking capacity and arrangement, but both employ the same technique and, namely, a sufficient number of jacks or hydraulic cylinders which are controlled by a central power unit which provides the necessary force for the movement of jacks and the structure.

3.3. Sliding elements

Steel beams and a site cast launch pad are employed. In order to prevent the beam assembly (longitudinal and cross beams) from forming a mechanism which could raise the entire assembly, from the second group of longitudinal beams onwards, a small steel beam is set transversally on the launch pad and on top of the beams in order to ensure that these work together.

3.4. Elementos para seguridad de las vías

Es en este apartado donde se observan las principales diferencias entre todos los métodos de empuje existentes y el nuevo método "COMPLET".

En primer lugar no es necesario sustituir las traviesas existentes por otras de madera así como reponerlas al final de los trabajos y no se necesita apeo longitudinal ni transversal de las vías, es decir, no hay que tocar la situación que nos encontramos en la vía donde vamos a trabajar.

No es necesario el control exhaustivo de la situación de la vía y su corrección continua a los parámetros teóricos.

Se realiza un mejor control de la geometría tanto en planta como en alzado, con una sujeción más fiable de los carriles.

Existe una afección mucho más corta de la plataforma con menor riesgo para su estabilidad.

Se hace posible realizar toda la traslación en intervalos de circulación sin poner en peligro la integridad de las composiciones.

Todo ello se traduce en la importante reducción de precauciones, con disminución de velocidad durante dos o tres meses, para las circulaciones ferroviarias, y por lo tanto en una mejora del sistema ferroviario, a la vez que en una mayor seguridad.

4. 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

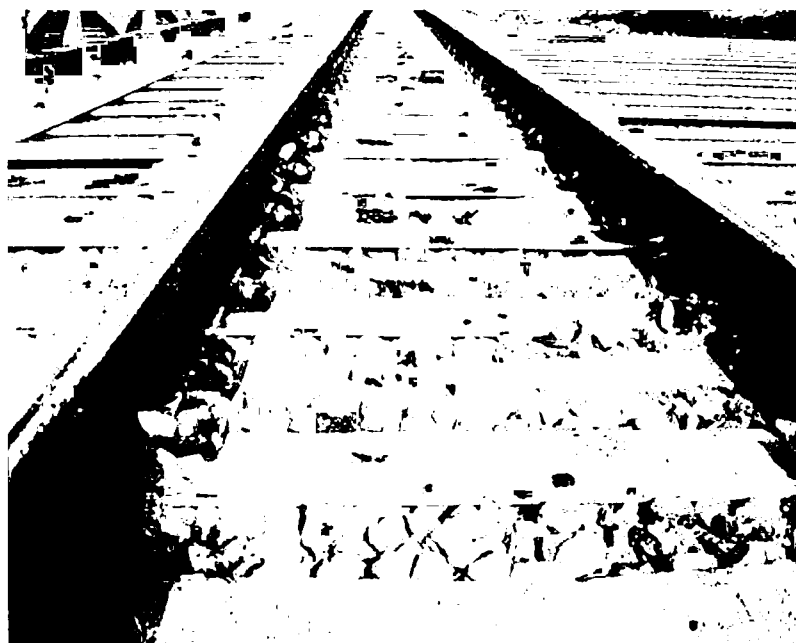


Foto 5. Elementos para la seguridad de la vía. Se puede observar que el sistema permite trabajar sin ningún tipo de sustitución de traviesas/Track safety elements. The system enables work without any type of track replacement.

As such, the new system can be continuously advanced as it does not depend on the setting time of any particular element.

3.4. Track safety elements

This area reveals the main differences between existing launching methods and the new "COMPLET" method.

The new method does not require the replacement of existing sleepers by wooden sleepers during the process nor the reinstatement of the original sleepers at the end

of the operation. The system does not need longitudinal or transversal shoring of the rails and does not require any alteration of the existing track arrangement.

The system does away with the need for a thorough control check of the state of the track and continuous adjustment to suit theoretical parameters.

The Complet SYSTEM allows for better geometrical control both in plan and elevation as it provides more reliable rail fixings.

The track platform is affected over a far shorter period and with far less risk to stability.

The structure may be jacked into position while trains are not running overhead and without endangering any of the components.

This all leads to sizeable reductions in precautions, with train speed reductions limited to two or three months and these advantages together with improved safety are readily transferred to the rail system as a whole.

4. Conclusions

The serious disruptions to rail traffic caused during the construction of underpasses has forced experts to develop techniques which allow construction to proceed while the line remains open to trains. The first methods consisted of driving structures into position by hydraulic jacks after previously shoring the track. This technique has been employed for many years and has barely undergone any modification. The present article describes a method which, in the authors' opinion, provides a number of improvements particularly with regards to track safety during the final

Resumen de características generales/Summary of general characteristics

| | |
|---|---|
| Clave CIT/Job reference: | OF1-V20-08.01 |
| Término Municipal/Municipality: | Benifaió (Valencia) |
| Denominación/Work Description: | Supresión del paso a nivel BF-4 en el P.K. 45+593 de la línea 1 de F.G.V. (San Isidro-Villanueva de Castellón) en Benifaió (Valencia)/ <i>Elimination of railway level crossing BF-4 at kilometre 45+593 on Valencia Regional Railway Line 1 (San Isidro-Villanueva de Castellón) at Benifaió (Valencia)</i> |
| Plazo de ejecución/Construction Period: | 14 meses/months |
| Presupuesto/Cost: | 2.473.257 € |

Resumen de características funcionales/Summary of functional characteristics

| | |
|--|---------|
| Longitud de eje principal/Length of main axis: | 1.140 m |
| • Ancho calzada/Width of roadbase: | 9,00 m |
| • Radio mínimo/Minimum radius: | 180 m |
| • Pendiente máxima/Maximum gradient: | 5,00% |
| • Talud terraplén/Embankment slope: | 3/2 |
| • Talud desmonte/Earthworks slope: | 1/1 |

Datos del cajón/Box details

| | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Longitud/Length: | 15,62 m |
| Sección interior/Internal dimensions: | 12,00x6,25 m ² |
| Sección exterior/Outer dimensions: | 13,90x8,15 m ² |
| Peso/Weight: | 1.536 t |
| Longitud de apeo/Propping length: | 14,00 m |

Resumen de características constructivas/Summary of construction characteristics

| | |
|---|-----------------------|
| Desmonte y excavaciones/Earthworks & excavations: | 61.000 m ³ |
| Terraplén/Embankment: | 1.334 m ³ |
| Acero/Steel: | 148.000 kg |
| Hormigón armado/Reinforced concrete: | 1.456 m ³ |
| Mezclas bituminosas/Bituminous mixes: | 9.050 t |
| Jardinería/Landscaping: | 9.195 m ² |

Resumen general de gestión/Participating Companies

| | |
|---|--|
| Órgano gestor/Administration: | Dirección General de Transportes |
| Redacción del proyecto/Design: | INARTEC, S.L. |
| Dirección del proyecto/Project Management: | GUCON, S.A. |
| Obtención del suelo/Site: | C.I.T. Servicio de Contratación y Expropiaciones |
| Empresa constructora principal/Main building contractors: | SEDESA SERVICIOS Y OBRAS, S.A. |
| Empresas colaboradoras/Colaborating companies: | |
| Empuje del cajón/Box jacking: | OPEMA, S.L. |
| Movimiento de tierras/Earthworks: | EMOSA, S.A., |
| Jardinería/Landscaping: | SISTEMAS GLOBALES DEL MEDIOAMBIENTE, S.A. |

durante la puesta en posición definitiva de la estructura.
Con más detalle, las actuaciones a destacar son:

positioning of the structure. These advantages may be summarized below:

- No se hace necesario sustituir las traviesas de hormigón por traviesas de madera.
- No se necesita apeo longitudinal ni transversal de las vías.

- *It is not necessary to replace the concrete sleepers by wooden sleepers.*
- *No longitudinal or transversal shoring of the track is required.*

- 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 "COMPLET" anteriormente expuestas se han podido contrastar, por primera vez, en las obras de "Supresión del paso a nivel BF-4 en el P.K. 45+593 de la línea I de F.G.V., en Benifaió (Valencia)", incluidas en el "Programa de Supresión y Mejora de los Pasos a Nivel de Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana en la provincia de Valencia" que está desarrollando la Generalitat Valenciana a través de la Dirección General de Transportes, Puertos y Costas de la Conselleria d'Infraestructures i Transport. Los datos de esta obra se resumen en el cuadro adjunto.

Como ya se ha dicho anteriormente, El sistema "COMPLET" ha sido diseñado y patentado por la empresa OPEMA S.L., cuyos datos se adjuntan (1). ♦

- Greater geometrical control of the track, both in plan and elevation.
- Shorter disruption to the track.
- Possibility of launching the structure while trains are not running and without endangering circulation.

The advantages of the "COMPLET" system have been seen in the works on the "Elimination of railway level crossing BF-4 at kilometre 45+593 on Valencia Regional Railway Line I at Benifaió (Valencia)", included in the "Valencia Regional Council Programme to Eliminate and Improve Level Crossings in the Valencia Province" which is being undertaken by the Valencia Regional Transport and Infrastructure Department. Information regarding this work is summarized in the attached table.

As indicated above, the "COMPLET" system has been designed and patented by the company OPEMA S.A.(1). ♦

(1) OPEMA S.L. tiene su sede en Paseo de Sagasta nº 2, 1º A, 24001 León, pudiéndose contactar a través de info@opema.com, o bien, opema@empresas.retecal.es

(1) OPEMA S.L. are based at Paseo de Sagasta No. 2, 1º A, 24001 Leon and may be contacted at opema@empresas.retecal.es