

# PUENTES DE FERROCARRIL EMPUJADOS. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

## LAUNCHED RAILWAY BRIDGES. CONSTRUCTION ASPECTS

LUIS M. VIARTOLA LABORDA. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
*Subdirector Técnico de DRAGADOS S.A.*  
*Avda. de Tenerife 4-6. 28700 San Sebastián de los Reyes. Madrid.*

**RESUMEN:** El procedimiento constructivo mediante el empuje del tablero es uno de los más adecuados para puentes de ferrocarril. Es un sistema de construcción contrastado, cuyas primeras realizaciones en hormigón son de mediados del siglo anterior, y está en progresión permanente gracias, entre otros factores, a la gran cantidad de experiencias acumuladas y a la evolución continua de las herramientas de todo tipo que se ponen cada día a nuestra disposición. Junto con una breve descripción del procedimiento de empuje se destacan algunos aspectos particulares aplicados al mismo que, desde la fase de proyecto, y sobre todo en la fase de construcción, pretenden establecer una sistematización del proceso constructivo para mejorar los rendimientos en la ejecución, para garantizar la seguridad y la calidad, y conseguir una racionalización de los medios empleados.

**PALABRAS CLAVE:** PUENTES, FERROCARRIL, SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN, SISTEMATIZACIÓN DE PROCESOS

**ABSTRACT:** The deck launching construction method is one of the most suitable methods for railway bridges. This is a tried and tested system with the first launchings of concrete decks dating back to the mid-twentieth century. The method has undergone constant progress on account of accumulated experience and the ongoing development and availability of all manner of construction equipment and devices. The article gives a short description of the launching process and underlines those aspects which, at the design stage and particularly during the construction stage, enable a systematization of the construction process with the aim of improving performance, guaranteeing safety and quality and rationalizing the resources employed.

**KEYWORDS:** BRIDGES, RAILWAY, CONSTRUCTION SYSTEMS, PROCESS SYSTEMATIZATION

Las nuevas Líneas de Alta Velocidad y la mejora de líneas de ferrocarril ya existentes requieren la construcción de numerosos puentes, que además resultan de longitudes importantes, debido a la rigidez que el tráfico ferroviario impone al trazado de la plataforma, a la orografía de nuestro país, y al respeto por el entorno natural. Esta gran cantidad de estructuras, que se realizan además en un espacio de tiempo relativamente reducido, exige un esfuerzo de innovación por parte de todos los profesionales involucrados en su planificación, proyecto y construcción. La oportunidad de participar en estos proyectos debe incentivar nuestra capacidad creativa, fomentar la superación de las tipologías estructurales al uso, mejorar los procedimientos constructivos y sus rendimientos, y plasmar como resultado estructuras con integridad y calidad.

En determinados casos, las condiciones de un viaducto obligarán al desarrollo de un proyecto que, por su concep-

ción e innovación, se signifique en el conjunto de la obra y contribuya también al desarrollo de nuevas soluciones para nuestros puentes. En el resto de los casos, los más, nos encontramos ante situaciones comunes que se pueden resolver con soluciones tradicionales totalmente válidas, que deberemos aplicar tras haberlas sometido a una revisión crítica con la voluntad de mejorarlas. Este camino se ve favorecido, a su vez, por el desarrollo vertiginoso que experimentan las herramientas que se ponen cada día a nuestra disposición: ordenadores y programas de cálculo, medios auxiliares de construcción y de elevación de cargas, materiales, etc.

En los puentes de ferrocarril de luces medias, la tipología de tablero que más se usa corresponde a una viga de hormigón estructural postesado en sección de cajón unicelular de canto constante, que se ejecuta in situ en obra. Se trata de un tipo de sección con la que se han construido gran cantidad de puentes durante todo el siglo anterior y que se



sigue utilizando actualmente por sus grandes ventajas: es una sección estructural ligera donde el pretensado es muy eficaz, tiene gran capacidad resistente para hacer frente a las grandes cargas que genera el tráfico ferroviario, y la rigidez suficiente para evitar problemas de deformación y vibración. No se trata de una solución estancada, sino que evoluciona en la medida en que lo hace la capacidad resistente de los hormigones y aceros que la configuran. Las luces usuales para el tablero se sitúan entre los 30 m y los 60 m, y longitudinalmente el encaje está sujeto a varios factores entre los que destacan las condiciones que imponen los fenómenos de interacción vía-estructura, la referencia de las acciones horizontales de arranque y frenado, y las dimensiones de los aparatos de dilatación de vía, de cara sobre todo a la posterior explotación de las líneas.

El estado actual de la técnica ofrece muchas posibilidades a la hora de construir puentes, de las que habrá que elegir y revisar las que mejor se adaptan a los puentes de ferrocarril que con mayor frecuencia se proyectan. Los procedimientos de construcción usuales para la ejecución in situ de tableros de puente de hormigón estructural son el cimbrado del tablero desde el terreno o mediante una cimbra autoportante, el empuje, o el avance por voladizos sucesivos. De todos ellos, los más usados son el método de empuje del tablero o el uso de cimbra autoportante y autolanzable. Esto es

debido a las ventajas que ambos procedimientos ofrecen, y que se podrían sintetizar como sigue:

- Independizan la construcción del tablero del terreno
- Permiten la reutilización de los medios auxiliares.
- Son procesos seguros para los operarios. Los dispositivos de seguridad son mayoritariamente globales.
- Facilitan la sistematización del proceso de ejecución y de su control, se trata de procesos industrializados de construcción.
- Posibilitan la obtención de altos rendimientos de construcción, y resultan competitivos para puentes de longitudes grandes y moderadas.

Los dos compiten entre sí, y el empleo de uno u otro dependerá, además de los medios auxiliares disponibles, de la tipología de la estructura, de su geometría, de la altura de rasante y de la longitud del puente.

En este artículo se describe el procedimiento constructivo del tablero mediante empuje, destacando algunos aspectos particulares aplicados al mismo que, desde la fase de proyecto, y sobre todo en la fase de construcción, pretenden establecer una sistematización del proceso constructivo para mejorar los rendimientos de ejecución, para garantizar la seguridad de los operarios y los estándares de

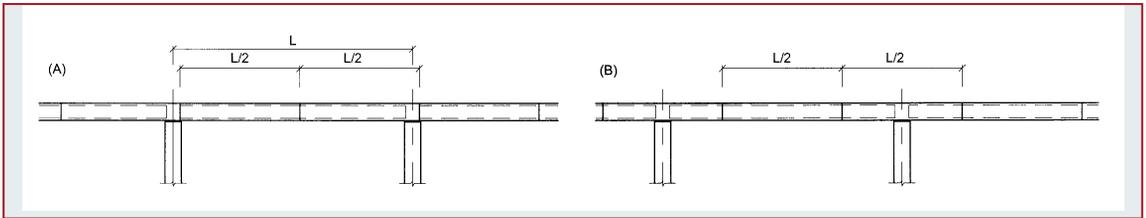


Fig. 1.

calidad exigidos, y conseguir una racionalización de los medios empleados.

### PUENTES EMPUJADOS DE FERROCARRIL

El procedimiento de empuje consiste en la fabricación del tablero en uno de sus extremos para proceder al lanzamiento del mismo siguiendo la dirección del eje de la estructura, haciéndolo pasar por las sucesivas líneas de apoyo hasta alcanzar su posición definitiva. Se trata de un procedimiento contrastado para puentes de hormigón cuyas primeras realizaciones son de mediados del siglo anterior. No obstante, la gran cantidad de experiencias acumuladas, la evolución continua en los medios auxiliares, y las variantes en los procedimientos de deslizamiento, mantienen a este procedimiento constructivo en una progresión permanente que tiene sus consecuencias evidentes en la mejora de los rendimientos y la cada vez mayor envergadura de los puentes que se pueden ejecutar aplicando este método constructivo.

Los puentes de ferrocarril son estructuras idóneas para construirlas mediante el empuje del tablero, pues han de soportar, además de su peso propio, unas cargas de servicio elevadas que obligan a dimensionar secciones con una gran capacidad resistente. En la etapa constructiva, donde sólo actúa el peso propio, se puede aprovechar toda esta capacidad sin tener que sobredimensionar la estructura.

### CONSIDERACIONES DE PROYECTO

A continuación se relacionan una serie de aspectos vinculados al proyecto que deben ser tenidos en cuenta para su posterior ejecución por el método de empuje del tablero.

#### GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA

En el caso de los puentes de hormigón, el tablero se construye por dovelas en un parque de fabricación que se dispone en la prolongación de la traza del tablero. Este proceso constructivo por el sistema de empuje y su manera de generar el tablero limita la definición geométrica

del mismo a cuatro únicos casos de alineaciones autogenerables en el espacio: recta en el espacio, circunferencia en un plano vertical, hélice de paso constante, y curva circular en el espacio sobre un plano inclinado que correspondería a una elipse en planta y curva senoidal en alzado.

No obstante, y aunque la estructura no esté completamente incluida en una de estas geometrías empujables, existen actuaciones para poder utilizar este procedimiento: asumir excentricidades entre eje de la estructura y el eje del trazado, dotar de sobrecargas al tablero, introducir ajustes de rasante, o incluso, si éstas no son posibles, comprobar el comportamiento estructural del tablero con la deformación vertical impuesta resultante.

#### SECCIÓN TRANSVERSAL Y POSICIÓN DE LAS JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

La sección cajón normalmente utilizada en los puentes de ferrocarril es, además, la indicada para el procedimiento de empuje pues tiene capacidad resistente para los momentos de signo alterno que se desarrollan durante la fase de construcción. Una de las primeras decisiones que se debe tomar para plantear el procedimiento de empuje es la división del tablero en dovelas, y por tanto la situación de las juntas de construcción. Normalmente pueden ejecutarse dovelas de hasta 25 m de longitud, con lo que los puentes de hasta 50 m de luz podrían dividirse en dos dovelas por vano, mientras que para luces superiores la división debería hacerse en tres.

Existen fundamentalmente dos procedimientos para situar longitudinalmente las juntas entre dovelas: bien sobre la pila, una vez pasado el diafragma de apoyo (figura 1.A), o bien situar la dovela centrada en el eje de apoyo en pilas (figura 1.B) En el primer caso se facilita la retirada del encofrado interior replegado en los dos tipos de dovelas resultantes, mientras que en el segundo la presencia del diafragma centrado dificulta enormemente dicha retirada. Por otro lado, la posición de las juntas de construcción es más adecuada en el segundo caso, pues con dos dovelas por vano quedan a cuartos de la luz lo que corresponde a zonas poco solicitadas en situación de servicio.

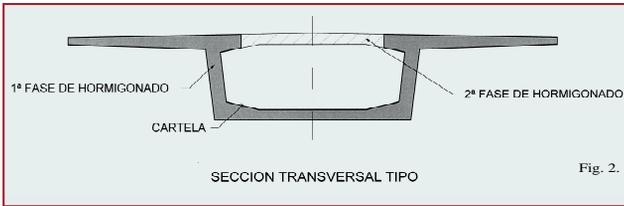


Fig. 2.



Fig. 3.

Es posible desarrollar un proceso constructivo que, adoptando la posición óptima de las juntas de construcción, resuelva también el problema de la retirada del encofrado interior. Consiste en construir en dos fases la sección transversal en el parque de fabricación. En una primera fase se hormigonan la losa inferior, almas y voladizos, pues resulta posible retrasar hasta el final la ejecución de la zona central de losa superior (figura 2). La sección en artesa resultante permite la retirada del encofrado interior a través del hueco superior. De esta forma se puede unificar el procedimiento constructivo independientemente del tipo de dovela, con lo que se optimiza el ciclo de ejecución.

#### PRETENSADO

El control tensional de la sección en las fases constructivas se efectúa gracias a las compresiones que transmite el pretensado de lanzamiento, que se dispone fundamentalmente centrado para hacer frente de forma alterna tanto a flexiones positivas como de signo contrario.

Su trazado es continuo a lo largo del tablero, estableciéndose acopladores de forma alternativa, normalmente cada 3 dovelas en cables de a dos, tanto en tabla superior como en tabla inferior, de manera que únicamente en la dovela extrema se produce el anclaje simultáneo de todos los cables. Este efecto de decalaje en los cables de lanzamiento permite optimizar su tesado en fase de empuje, así como mantener un nivel de compresiones prácticamente constante a lo largo del tablero, sin las oscilaciones que podría provocar el anclaje simultáneo de totalidad de cables en una misma sección. Además da continuidad a dos terceras partes de los cables del pretensado del lanzamiento en las juntas de construcción. La disposición del

anclaje de los cables y de su correspondiente acoplador se produce siempre en extremos de dovela.

Con esta disposición típica del pretensado de lanzamiento resulta muy importante garantizar la accesibilidad de los conectadores en aquellas unidades en las que todavía no se ha colocado el siguiente conectador. De esta forma siempre es posible enfilar el cable completo desde el frente, evitando que éste cuelgue permanentemente en el parque de fabricación, pues impediría entre otras cosas el posicionamiento de la ferralla por módulos al tener que enhebrar el cable dentro del conjunto del acero pasivo. Como se ve más adelante, la correcta elaboración y colocación de la ferralla es una de las claves del éxito en la mejora de los rendimientos, por lo que se debe evitar la presencia de cualquier obstáculo que dificulte las operaciones de colocación de la ferralla en el encofrado del parque de fabricación.

Una vez que la estructura ocupa su posición definitiva es necesario complementar el pretensado de lanzamiento con el necesario para la situación de servicio. Este pretensado de segunda fase, o de servicio, puede adoptar varias formas. Las más utilizadas son dos: un trazado parabólico en el que el pretensado discurre por las almas y se ancla en cuñas verticales adosadas a las mismas, o un trazado recto discontinuo con el que el pretensado discurre por las tablas superior e inferior (figura 3).

#### ALINEACIÓN DE EMPUJE

Resulta específico del procedimiento de empuje el hecho de que cada sección, hasta que el puente alcanza su situación definitiva, constituye una sección de apoyo por la que el tablero transmite su reacción a las pilas y estribos, y es necesario prever cómo se hace la transferencia de carga a los apoyos de deslizamiento. Son aparatos que, colocados en todas las líneas de apoyo por las que pasa el tablero, permiten su empuje con la menor fuerza horizontal posible, por lo que suelen ser de neopreno-teflón y tienen coeficiente de rozamiento en el entorno del 2% en el contacto del teflón con una chapa de acero inoxidable pulido.

El empuje se efectúa tradicionalmente sobre unos apoyos provisionales que se retiran una vez finalizada la maniobra para sustituirlos por los apoyos definitivos. En este caso los apoyos, y por tanto la alineación de empuje, se sitúan bajo la vertical del alma de la sección, que a veces suele exigir el regresamiento en la cota de apoyo. Pero también es posible empujar el tablero sobre la vertical de los apoyos definitivos adaptados a esta situación constructiva, lo cual tiene significativas ventajas. En este caso, hay que prever una cartela interior en la unión de la losa inferior con el alma que tenga capacidad suficiente para recibir la carga localizada y transmitirla al alma. También

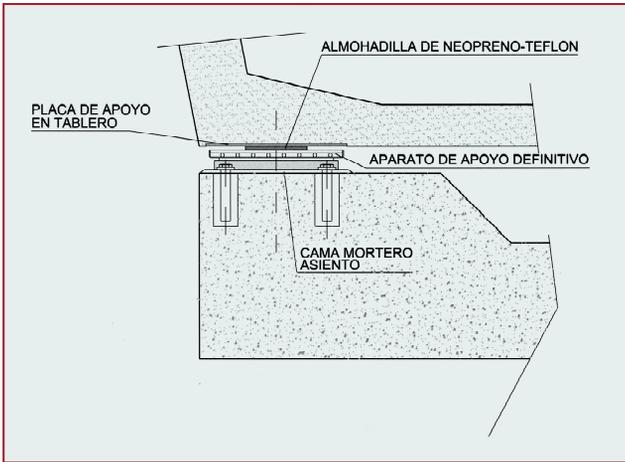


Fig. 4.

existen situaciones intermedias en las que puede recurrirse a reparar los apoyos definitivos durante la fase de empuje, o incluso dimensionar estos apoyos para recibir cargas excéntricas durante la etapa constructiva.

En estos casos, los elementos deslizantes se colocan sobre los apoyos definitivos, que habrán sido situados en su posición con los movimientos bloqueados con anterioridad a que la nariz llegue a la pila correspondiente. De esta forma el puente se empuja elevado respecto de su posición final un valor igual al espesor del elemento deslizante (figura 4). Con este procedimiento es necesario que, durante la operación de empuje, en todas las líneas de apoyo por las que pasa el tablero en cada etapa haya una persona por cada aparato de apoyo que vaya renovando la superficie de deslizamiento. Una variante que no necesita la introducción sucesiva de las almohadillas es disponer un patín de deslizamiento continuo en el tablero (por medio de la inclusión de una chapa) y dejar fija la almohadilla sobre el apoyo, bien definitivo o provisional.

Es necesario disponer guideras laterales que encaminan el tablero a lo largo de su traza para garantizar la geometría en planta. Consisten en un tope lateral, simétrico con el eje de la estructura, en el que se introduce una almohadilla de neopreno teflón para reducir las fuerzas de rozamiento lateral en caso de contacto.

#### NARIZ

Se trata de un elemento auxiliar para reducir los esfuerzos que se generan durante la operación de lanzamiento, de forma que las fases constructivas no condicionen el dimensionamiento del tablero. Generalmente se recurre a una nariz o pescante de lanzamiento que se colo-

ca en el frente del tablero para acortar la longitud de voladizo de hormigón, sin representar una carga excesiva en el frente. Son estructuras metálicas, con una longitud entre el 50% y el 60% de la luz de vano típico, formadas por dos cuchillos o vigas principales, arriostradas entre sí, que se unen al frente del tablero en la prolongación de las líneas de deslizamiento. Esta unión suele hacerse por medio de unas barras pretensadas roscadas, y constituye un aspecto muy importante pues debe transmitir los esfuerzos de continuidad de la nariz con el tablero. En el frente del pescante se disponen los correspondientes gatos que le permitan remontar la flecha en las maniobras de aproximación a las sucesivas líneas de apoyo. Otro sistema para el remonte puede ser la vinculación entre la cabeza de la pila y la parte superior de la nariz, por medio de una biela de longitud fija que, en el giro alrededor de su apoyo en la pila, inducido a su vez por el movimiento horizontal de empuje, eleva el pescante lo suficiente para permitir su paso y el posterior apoyo en el elemento deslizante.

#### PARQUE DE FABRICACIÓN Y SECUENCIA CONSTRUCTIVA

El parque de fabricación es la zona en la que se construyen las dovelas que posteriormente se empujan. Una buena definición del parque, diferenciando las distintas zonas por tareas y facilitando la sistematización de las mismas, repercute directamente en la mejora de los rendimientos. Es un elemento clave en el proceso constructivo que tiene condicionada su ubicación por dos motivos: debe situarse en la prolongación de la directriz del tablero, y lo suficientemente alejado del primer vano para evitar inestabilidad por vuelco cuando todavía no se ha alcanzado la primera pila.

#### ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

- Vigas de deslizamiento, o vigas carril. Requieren una precisión absoluta, con tolerancias de  $\pm 1$  mm, pues de su perfecta ejecución depende la facilidad o no de la maniobra de lanzamiento.
- Encofrado exterior e interior. El primero es común para toda la estructura y permanece fijo, mientras que el interior varía en función del tipo de dovela, por lo que es necesario retirarlo y posicionarlo cada vez. La concepción del encofrado interior es también muy importante a la hora de mejorar los plazos de ejecución, pues ha de permitir su fácil retirada.
- Otras zonas de operación, para montaje y acopio de ferralla, encofrados y demás materiales y medios auxiliares.

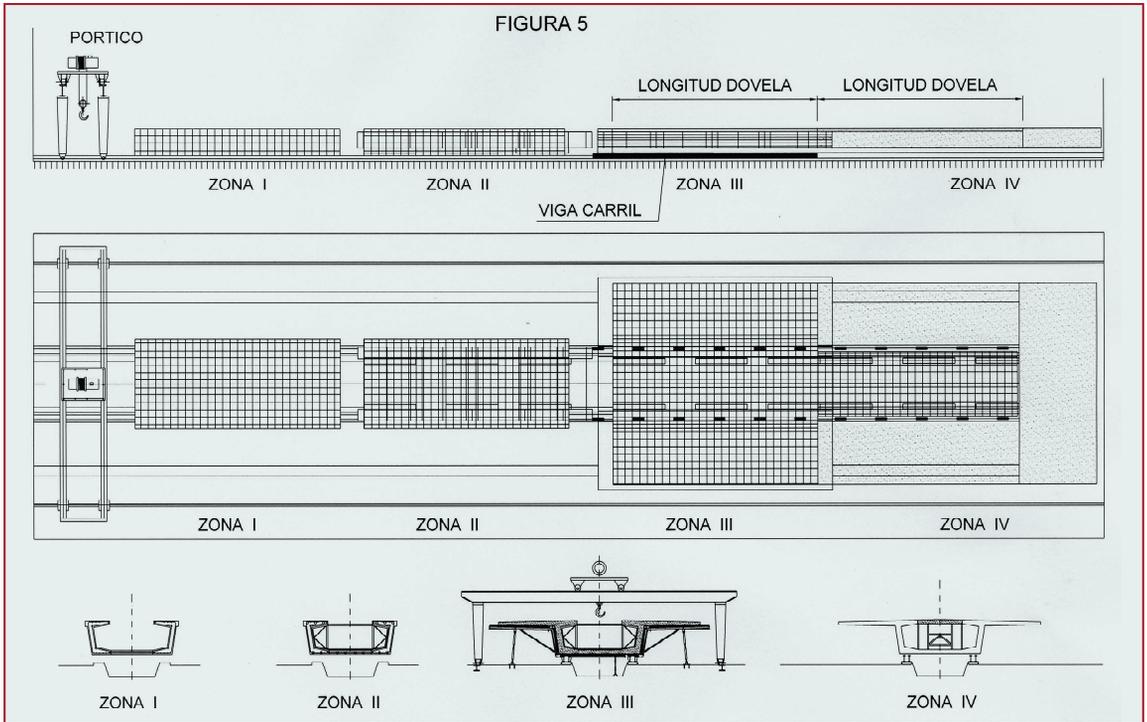


Fig. 5.

### ZONIFICACIÓN

El mejor aliado para asegurar los plazos de ejecución es una buena zonificación del parque de fabricación. En nuestro caso, éste se divide en cuatro zonas que corresponden básicamente a ferralla de núcleo (I), colocación de vainas y accesorios de pretensado y encofrado interior (II), ferralla de voladizos y hormigonado de la dovela en una primera fase (III), y por último completar la dovela con la ferralla y hormigonado en segunda fase de la zona central de la losa superior (IV).

### DISPOSITIVOS PARA REDUCIR EL ROZAMIENTO

Uno de los aspectos importantes sobre los que se ha trabajado constantemente, y al que hay que prestar especial atención, es el medio de reducir el rozamiento entre la dovela recién ejecutada y el parque, ya que puede condicionar el sistema de empuje. Dentro de los elementos disponibles para minimizar el rozamiento en el parque destacan los siguientes:

- Descenso vertical del parque ayudado de gatos para dejar la dovela exenta colgada en voladizo de las delanteras.

- Colocación de una chapa metálica continua en la cara inferior de la dovela, y conectada a ésta, siguiendo la línea de deslizamiento.
- Hormigonado sobre elementos deslizantes interpuestos entre el patín de deslizamiento y la dovela, con lo que el coeficiente de rozamiento se iguala al del resto de la estructura ya lanzada. Por su sencillez y excelente comportamiento es el procedimiento más utilizado (figura 6).

### ELEMENTOS DEL SISTEMA DE EMPUJE

La fuerza para movilizar el tablero se aplica por medio de gatos, uno vertical asociado a otro horizontal, o barras de tiro. La capacidad necesaria de los elementos de empuje y su tipología viene determinada por la masa deslizante en cada momento y por la carga vertical que se transmite al elemento de reacción. En puentes convencionales son las últimas fases de lanzamiento las que condicionan el sistema, debido a que toda la masa desliza y se cuenta ya con poca reacción vertical. Puede llegar a ocurrir que el elemento de empuje deslice, y haya que recurrir adicionalmente a elementos de tiro. En puentes muy largos, puede ser necesario colocar en puntos intermedios elementos de empuje adicionales sincronizados con

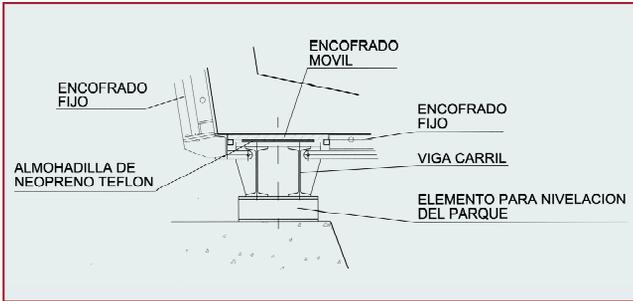


Fig. 6.

el primero, para conseguir el desarrollo de toda la fuerza necesaria. También se puede recurrir a incrementar la reacción vertical introduciendo en la estructura movimientos verticales impuestos, para los que tendrá que estar dimensionada, o colocar en la zona de empuje contrapesos móviles, que tienen un elevado rendimiento. Otras posibilidades pasan por sistemas de reptación sobre un elemento vinculado a la dovela.

Además de los gatos de empuje o barras de tiro, forman parte del sistema otros elementos como el apoyo provisional del puente en la situación de gatos inactivos, el elemento de reacción al que se anclan los gatos o elementos de tiro y los correspondientes dispositivos de retenida.

#### SISTEMA DE EJECUCIÓN DE DOVELAS

Se plantea un procedimiento que asegure el rendimiento en la ejecución del tablero. Para ello se establece en el parque de fabricación una serie de procesos repetitivos encadenados entre sí como en una instalación industrial permanente, eliminando los tiempos de espera entre tareas para reducir de este modo el plazo global de ejecución.

La mejora en los rendimientos se basa únicamente en la racionalización de las fases constructivas, separando los emplazamientos de las distintas tareas de modo que se logre una especialización del personal en cada una de ellas. Otro objetivo es evitar que cualquier incidencia o retraso en alguna de las partes, altere el funcionamiento del proceso, permitiendo incluso holguras en el mismo, como por ejemplo la disposición de



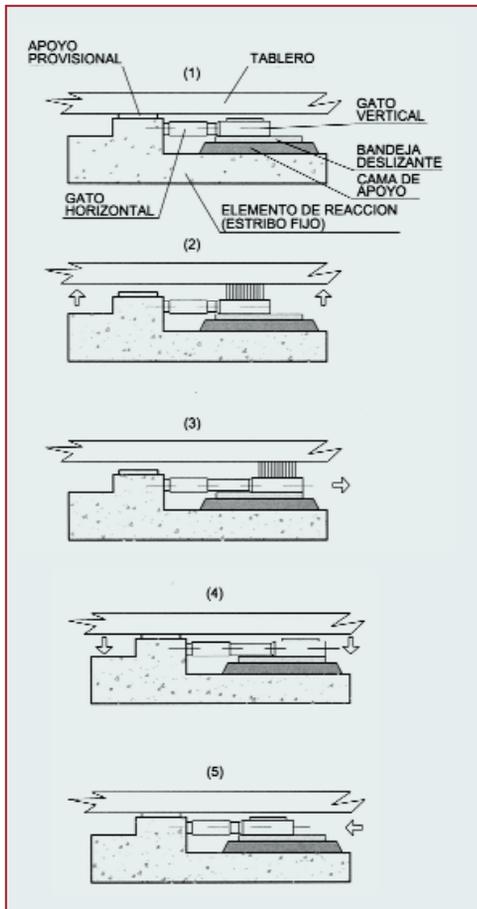
varios tramos de ferralla ya elaborada. La especialización y modulación de tareas inciden directamente de forma favorable, no sólo en la reducción de plazos de ejecución, sino también en la calidad final de la obra ejecutada.

El procedimiento operativo sería el siguiente (ver figura 5):

- Ferrallado de la losa inferior, almas y parte de la losa superior. Esta fase de ejecución ocupará la zona I del parque de fabricación, que corresponde con la posición más alejada respecto a los gatos de empuje. Esta zona puede ampliarse lateralmente si es necesario un incremento en el ritmo de producción o incluso si se pretende disponer de un acopio de esta parte de ferralla.
- Colocación de las vainas y accesorios de pretensado. Con el objeto de evitar las posibles interferencias entre este tajo de producción respecto al ferrallado, se dispone una zona independiente del parque, la zona II.
- Una vez finalizada esta etapa, se pasa a colocar el encofrado interior dentro del cuerpo de la ferralla del núcleo. Esto se realiza también en la zona II.
- El conjunto formado hasta el momento se transporta solidariamente para posicionarlo dentro del molde exterior de encofrado. En este mismo punto se coloca la ferralla de los voladizos, que ya no tiene vainas en el interior, y que no se ha montado antes junto a la ferralla del núcleo por la falta de monolitismo que presentaría el conjunto para su correcto transporte. La dovela se encuentra situada en esta fase en la zona III.
- En este mismo punto se procede al hormigonado de la dovela, a excepción de la zona central de la losa superior (zona III).
- Una vez fraguado el hormigón se procederá a la apertura del encofrado exterior y la retirada por la parte superior del encofrado interior (zona III).
- Tesado del pretensado de lanzamiento de la dovela hormigonada una vez que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria ( zona III).
- Avance de la dovela por el procedimiento de empuje en una longitud igual a su desarrollo.
- Encofrado, ferrallado y hormigonado de la zona restante de la losa superior (zona IV). Se debe optar por un diseño del encofrado interior de esta segunda fase de hormigonado que sea ligero y capaz de manejarse manualmente para facilitar las operaciones de desencofrado y transporte a su nueva posición de trabajo a través del paso dispuesto en los diafragmas de apoyo.
- Una vez fraguado el hormigón de la tabla superior, se procede al desencofrado de la zona intermedia de la losa superior, con lo que la dovela puede considerarse finalizada.

Hay que tener en cuenta que, al mantener la posición del encofrado fijo dentro del parque de fabricación (zona III) res-

Fig. 7.



pecto a los gatos de empuje situados sobre el estribo, el empuje de la dovela una vez tesada a falta de completar la losa superior, se puede producir sin estar ya apoyada sobre los patines de deslizamiento. Por tanto, es necesario prever este aspecto en el dimensionamiento de la dovela para poder realizar esta fase de la ejecución.

La maniobra de empuje se desarrolla con la repetición de la siguiente secuencia hasta que la dovela que acaba de hormigonarse deja libre el parque de fabricación (figura 7):

- El tablero está apoyado en el apoyo provisional, que es a su vez el elemento de retenida. (1)
- Se activa el gato vertical que eleva el tablero hasta despegarlo del apoyo provisional. En esta fase es posible introducir, siempre que se haya previsto, un levanta-

miento adicional para incrementar la reacción vertical y garantizar la fuerza de empuje. (2)

- Con el tablero elevado se activa el gato horizontal, que empuja a los gatos verticales produciendo el desplazamiento de éstos a través de la bandeja de acero inoxidable y almohadilla de neopreno teflón sobre la que se apoyan. Los gatos verticales arrastran al puente en su movimiento. La carrera del gato horizontal suele ser de 25 cm. Los rendimientos esperados suelen ser de 5 a 7 m por hora en condiciones normales. (3)
- Descenso del gato vertical hasta que el tablero se posa de nuevo sobre el apoyo provisional. (4)
- Recuperación del gato horizontal, que arrastra al gato vertical hasta su posición inicial, y puede volver a iniciar-se el ciclo. (5)

#### CONTROLES DURANTE EL PROCESO DE EMPUJE

Las maniobras de hormigonado y lanzamiento de la estructura requieren la sistematización de una serie de controles necesarios para garantizar el correcto desarrollo de la obra. Los controles se refieren a la geometría del parque de fabricación y del tablero ya empujado; a las deformaciones del pescante y de la cabeza de las pilas durante el lanzamiento, que darán idea de la integridad estructural del tablero y de las pilas; y a la fuerza en los gatos de empuje, o barras de tiro, y en los dispositivos de remonte del pescante.

#### ACABADOS

Una vez finalizado el empuje se procede al descenso del puente a su cota definitiva, elevándolo ligeramente en cada línea de apoyos para permitir la retirada de las almohadillas de deslizamiento junto con la lámina de acero inoxidable. Seguidamente se desbloquea ya el apoyo de servicio, se regla, y se desciende el tablero hasta dejarlo apoyado en cota definitiva vinculándolo al apoyo. Esta operación requiere colocar los gatos para el levantamiento entre la cara superior de la pila y el tablero, actuando ya sobre una sección en la que hay un diafragma de apoyo. En el estribo fijo, que se ha utilizado como elemento de reacción, esta operación requiere la retirada de los gatos de empuje, del apoyo provisional y además la colocación del apoyo definitivo

Una vez que la estructura ocupa ya su posición definitiva se ancla longitudinalmente al punto fijo, y con el tablero ya amarrado se inicia la ejecución del pretensado de segunda fase. Al mismo tiempo se retiran los sistemas de encofrado en parque de lanzamiento, y se terminan los terraplenes de acceso. Para completar la estructura solo es necesaria ya la retirada de las plataformas en pilas, de la nariz de lanzamiento y la ejecución de acabados generales del tablero. ■