



ORDEN CIRCULAR 11/2002 SOBRE CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE PUENTES CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Durante muchos años, incluido el comienzo del primer plan de carreteras hasta el año 1989, los tableros isostáticos de vigas prefabricadas se utilizaron con profusión en los puentes de la Red de Carreteras del Estado, tanto para pasos superiores como en pasos del tronco sobre distintos accidentes geográficos, naturales o artificiales (ferrocarril, enlaces, etc). Los ejemplos son numerosos en las autovías de primera generación y se podrían citar, entre otros, los siguientes tramos: Madrid-Toledo; Madrid-Bailén; Madrid-Zaragoza; Adanero-Benavente; Madrid-Talavera, etc. En el caso de los pasos superiores, las estructuras, en general, más visibles para el usuario, la valoración estética que se puede hacer de los mismos es, cuando menos, discutible, pero desde un punto de vista funcional y económico, la valoración es sin duda positiva.

Sin embargo, en 1989, una Nota de Servicio de la Dirección General de Carreteras sobre pasos superiores en autovías, seguida de la O.C. 302/89T sobre pasos superiores en carreteras con calzadas separadas, limitan significativamente el uso de elementos prefabricados en los mismos, recomendando u obligando a disponer losas cimbradas "in situ". La razón no era muy precisa aunque se expresaba la idea de mejorar el aspecto de los pasos asociándose, por tanto, las vigas prefabricadas a la insuficiente estética y las losas, sin tener en cuenta otras consideraciones como coloraciones del hormigón, tipo de encofrados, impostas, tipo de pilas, etc., se asociaban a puentes más conseguidos desde el punto de vista estético. La simplificación resultaba excesiva, pero desafortunadamente desde aquel momento se produjo una disminución de la aplicación de elementos prefabricados en los puentes que se hizo extensiva, no sólo a los pasos superiores, sino a todo tipo de puentes y viaductos.

Se generalizó el proyecto y construcción de viaductos "in situ", cuando las soluciones prefabricadas podrían haber sido igual de válidas y, sobre todo, en general, menos costosas; los ejemplos de aquella situación son numerosos. Se pro-



yectan grandes viaductos y puentes, no necesarios, en general, por razones funcionales pero que desde un punto de vista estético quedan bien, asociando muchas veces estética a la gran luz y/o a formas, tipologías y procedimientos constructivos complicados, originando obras, en ocasiones, más costosas que otras alternativas más sencillas que se descartan, en general, por eso, por ser más sencillas, y en teoría, menos "emblemáticas".

Coincide una época en la que se crea, en definitiva, no con carácter general, un ambiente en contra de las soluciones con vigas prefabricadas y de los prefabricados en general. Además, se establecen una serie de criterios que pretenden ser conceptuales y juicios de valor poco favorables a los puentes de elementos prefabricados, y a los prefabricados en su conjunto. Entre los aspectos negativos que se asocian a los puentes de vigas prefabricadas se podrían citar:

- Su escasa valoración estética. La estética como valor absoluto, cuando hay muy buenos ejemplos de lo contrario, y también de estructuras "in situ" poco afortunadas.
- Mayores problemas de conservación y durabilidad frente a los construidos "in situ".
- Excesivo número de juntas en el tablero. Hay una creencia, errónea en general, de que la circulación sobre los puentes con tableros de vigas prefabricadas es más incómoda, a causa de las juntas de dilatación.
- El problema de las contraflechas se asume como exclusivo de los tableros prefabricados por ser secciones con menos hormigón y más pretensado, en general, que las soluciones "in situ".

Las ventajas que sin duda las hay, se obvian. En la mayoría de las ocasiones, su menor costo, su facilidad constructiva, la eliminación de cimbras, la mayor rapidez de construcción, la menor afección al tráfico existente en el caso de cruces con viales en servicio, la facilidad de ampliación futura (nula en el caso de puentes "in situ"), su isostaticidad y menor peso por lo que se ven menos condicionadas por las características del terreno para cimentar, etc., parecen no contar o, al menos, no se tienen en cuenta en los estudios de tipologías y soluciones.

Por todo ello, es decisión de la Dirección General de Carreteras regular y propiciar el uso de elementos prefabricados de hormigón estructural en los puentes construidos en las autovías y carreteras de la Red de Carreteras del Estado, da-



das las ventajas enunciadas anteriormente que estos elementos proporcionan en numerosos casos: menores costos, reducción del plazo de ejecución, menor interferencia a tráficos existentes (esta faceta es cada día más decisiva) y la mayor facilidad constructiva, lo que se suele traducir en condiciones de ejecución más seguras.

Con esta Orden Circular se pretende establecer una serie de directrices tendentes a la sistematización del estudio técnico económico de las soluciones basadas en el empleo de elementos prefabricados de hormigón estructural, la utilización de dichos elementos prefabricados e incidir sobre algunas cuestiones relativas al proyecto, construcción y control de ejecución que permitan mejorar la seguridad, funcionalidad y durabilidad de estas estructuras, asegurando asimismo la correcta aplicación de la normativa técnica, especialmente en todo lo que se refiere a la Instrucción de hormigón estructural (EHE).

Por todo ello, esta Dirección General ha dispuesto lo siguiente:

- Primero:** En proyectos de carretera que incluyan obras de paso, en la fase de diseño y definición de las tipologías a proyectar será preceptivo un estudio técnico, económico y funcional en el que se incluyan soluciones basadas en elementos prefabricados de hormigón estructural, en todos los supuestos en los que esta opción resulte posible y ventajosa.
- Segundo:** Todas las prescripciones incluidas en esta Orden Circular y en el Anejo que la acompaña, serán de aplicación a las unidades de obra en que se empleen elementos prefabricados de hormigón estructural.
- Tercero:** Esta Orden Circular se aplicará a proyectos de carreteras de nueva construcción cuya Orden de Estudio se autorice, o el proyecto se encuentre en fase de redacción, con posterioridad a la fecha de entrada en vigor de esta Orden Circular.
- Cuarto:** Quedan anuladas la Orden Circular 302/89T sobre pasos superiores en carreteras con calzadas separadas, así como la Nota de Servicio



sobre pasos superiores en autovías de este Centro Directivo, fechada el 17 de agosto de 1989.

Quinto: Esta Orden Circular entrará en vigor a partir del día 2 de diciembre de dos mil dos.

Madrid, 27 noviembre de 2002
EL DIRECTOR GENERAL DE
CARRETERAS,

Una firma manuscrita que parece ser "Antonio J. Alonso Burgos", escrita con un bolígrafo negro. La firma es fluida y se extiende horizontalmente a lo largo de la línea de texto.

Fdº: Antonio J. Alonso Burgos



ANEJO 1 - CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL DESARROLLO DE LA FASE PROYECTUAL Y CONSTRUCTIVA DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL

1 CONSIDERACIONES ESTÉTICAS

Desde un punto de vista estético, una estructura está condicionada por una serie de factores, que deberán ser considerados en las fases de proyecto y/o construcción:

- Diseño de las impostas.
- Colocación de vigas a tope con los bordes del tablero. Se trata de un recurso constructivo muy cómodo ya que evita tener que hormigonar los voladizos laterales, utilizando solo placas de encofrado perdido entre las vigas, pero que penaliza la estética.
- Separación excesiva entre las culatas de las vigas, dando sensación de discontinuidad y de ser endebles y frágiles, sin motivo que lo justifique.
- Los múltiples planos con distinta inclinación en el lateral de las vigas doble T dan lugar a una superficie excesivamente facetada que, además se potencia si las vigas están completamente al borde de la losa.

Lo indicado, que sólo en parte tiene que ver con que el tablero sea prefabricado, son características comunes de las soluciones con vigas prefabricadas, en particular, en el caso de los pasos superiores.

Si se cuidan este tipo de detalles se pueden obtener soluciones razonablemente estéticas. Por ejemplo, adoptando soluciones con vigas prefabricadas artesas, con coloraciones uniformes, que den alzados laterales de calidad; cuidando la separación entre culatas, llevándola al mínimo compatible con las tolerancias de ejecución y montaje.

Las impostas, barreras y barandillas son, por otra parte, magníficos elementos complementarios que bien diseñados pueden conseguir en el conjunto unas soluciones con suficiente estética. Por ejemplo, si la imposta tapa las facetas de la cabeza de compresión de las vigas quedando tan solo vista la cabeza inferior.



En síntesis, la estética, tiene que ver con los acabados y coloraciones uniformes del hormigón, con las impostas, con el tipo y diseño de las pilas, así como con la correcta evacuación del agua del tablero sin que deje manchas; con la separación entre culatas, con no disponer las vigas a tope con el borde de la losa de compresión del tablero o sí. En definitiva, con el cuidado de los detalles de acabado a los que a veces, y no sólo en el caso de puentes prefabricados, no se les presta la necesaria atención. Un ejemplo de mal diseño es que cuando el eje de la calzada es recto en planta, con vigas doble T, sus cabezas se disponen siempre, en la práctica habitual, a tope con el borde de la losa.

Hay circunstancias, sin embargo, sobre todo en el caso de los pasos superiores correspondientes a caminos vecinales, en que las rasantes están excesivamente forzadas, y con independencia de que se cuiden al máximo los detalles de acabado, se sustituyen acuerdos parabólicos por tramos poligonales, a los que evidentemente obligan las vigas prefabricadas, siendo el resultado en general, poco afortunado.

También, en el caso de trazados en planta de radios reducidos, del orden de 100-120 metros, aún jugando con los vuelos de la losa de compresión y utilizando vigas de distinta longitud para disminuir la distancia entre culatas, los alzados no suelen quedar bien, por el contraste entre el borde curvo de la losa y la poligonal en planta que forman las vigas.

En el caso de los puentes y viaductos del tronco, el trazado en planta y alzado es mucho menos restrictivo por lo que estas circunstancias no deben, en general, condicionar el empleo de tableros de vigas prefabricadas.

En resumen, se deben de cuidar los detalles de diseño y acabado y utilizar, en la medida de lo posible, soluciones imaginativas, que sin encarecer el puente, consigan un buen acabado y sobre todo, y lo que es más importante, un buen encaje en el entorno en el que se encuentran.

2 CONSIDERACIONES SOBRE GÁLIBO VERTICAL

Las soluciones con vigas prefabricadas para pasos superiores tipo de autovía, adoptando, como es habitual, soluciones con cuatro vanos, modulados aproxi-



madamente, en 12,00 – 19,00 – 19,00 – 12,00, son menos esbeltas que las equivalentes de losa "in situ". Con vigas prefabricadas las relaciones canto/luz están en torno a 1/16-1/18, y con losas "in situ", entre 1/21 y 1/23. Para luces mayores, que no es el caso de los pasos superiores tipo, las losas pueden alcanzar relaciones canto/luz de 1/28-1/30, y las vigas isostáticas seguirían estando en 1/16-1/18 (incluyendo la losa de compresión).

Esta circunstancia, con gálibos estrictos, de adoptar soluciones con vigas prefabricadas, puede condicionar apreciablemente el movimiento de tierras en los pasos superiores, pero para soluciones de cuatro vanos la diferencia tampoco es excesiva y, además, no siempre los gálibos son absolutamente estrictos. En el caso de soluciones sin pila en mediana de dos o tres vanos, también muy utilizadas, las ventajas de las losas "in situ", en lo que se refiere a la esbeltez, son evidentes, al aumentar las luces máximas de vano. Por el contrario, en el caso de puentes tipo de cuatro vanos, las soluciones hiperestáticas exigen cimentaciones a terreno natural, los clásicos estribos abiertos o cerrados, con pequeñas aletas en vuelta, mientras que las soluciones con vigas prefabricadas, tramos isostáticos, permiten disponer "sillas-cargadero" sobre los terraplenes, de menor costo, más rápidos de ejecutar, y menos condicionados por las características del terreno de cimentación, que los estribos convencionales sean éstos abiertos o cerrados.

3 CONSIDERACIONES SOBRE LA DURABILIDAD Y LA CONSERVACIÓN

Los elementos prefabricados pueden tener algunas ventajas intrínsecas desde el punto de vista de la durabilidad. Los hormigones de las vigas son de mayor resistencia que los de las soluciones "in situ" y, en general, mayor resistencia implica menos permeabilidad. Al estar contruidos en parques de prefabricación el control de calidad es, o debería ser, más eficaz que en las soluciones "in situ". Las calidades del acero, los recubrimientos, los áridos, el cemento, se ven, o deberían verse, más garantizados que en el caso de la construcción "in situ".

Desde el punto de vista de la durabilidad y, consiguientemente, de los costes de conservación que conlleva si aquélla no es adecuada, a los tableros de vigas prefabricadas, se les ha achacado, en ocasiones, los siguientes defectos intrínsecos:



- Excesivo número de juntas que siempre, por muy eficaces que sean, son caminos de entrada de agua a las vigas y a la cabeza de pilas y estribos.
- Mala evacuación del agua de los tableros por la dificultad de disponer correctamente los desagües del tablero.

Los problemas de durabilidad, motivados por el agua y las sales, no son exclusivos de las soluciones con vigas prefabricadas, pudiendo darse ejemplos de ambas tipologías. Por otra parte hoy en día, hasta 100-120 metros de longitud total de puente, en los tableros de vigas prefabricadas, sólo se disponen juntas en los extremos y en la longitud indicada están la mayoría de los puentes. En el caso de longitudes mayores, como en grandes puentes y viaductos, es necesario disponer juntas intermedias, en las que, en ocasiones, por no tratarse nunca de juntas para movimientos excesivos, no se han dispuesto las de mejores prestaciones como son, por ejemplo, las de neopreno armado, siendo su comportamiento, a medio plazo, deficiente, y origen de problemas, pero no intrínsecos al tablero, sino a la calidad de la junta. Por ello la utilización de las juntas más idóneas para cada supuesto debe ser objeto de estudio en la fase de proyecto, o en su defecto durante la construcción.

El desagüe de los tableros, al tratar de llevar las vigas lo más al borde posible de la losa, en compatibilidad con el trazado en planta, para evitar encofrados y prelosas autoportantes, ha obligado a disponer soluciones de desagüe, incluso perforando la cabeza de las vigas, muy poco afortunadas, que, además, originan derrames en el paramento de las vigas con los consiguientes problemas combinados de falta de estética y de durabilidad.

Por su gran importancia en la durabilidad, en la fase de proyecto se prestará una atención especial al sistema de drenaje del tablero. En este sentido se deberá tener en cuenta, al distribuir las vigas a lo ancho de la sección transversal del tablero, la posición de los sumideros de forma que el desagüe no requiera disponer taladros en el prefabricado ni colocar tubos horizontales, embebidos en la losa-forjado, con longitudes superiores a 1,0 m y pendientes inferiores al 2,5%.

En los casos de desagües con vertido libre se cuidará que el agua evacuada no afecte a los paramentos del elemento prefabricado. Asimismo, se preverá en los casos en que, por razones medioambientales, no se permite el vertido libre de los



desagües, el correspondiente sistema de colectores longitudinales y balsas de decantación, procurando que aquellos queden ocultos por el prefabricado pero sean fácilmente sustituibles.

En síntesis, resulta imprescindible estudiar correctamente la disposición de los sumideros y los correspondientes tubos de desagüe, aunque esto último, en general, pueda obligar a disponer vuelos de losa en las vigas de borde, mayores de los que hoy en día suele ser habitual. En definitiva, hay que evitar que el agua pueda entrar en contacto con el elemento prefabricado.

4 CONSIDERACIONES RESPECTO A LAS JUNTAS Y LOS APOYOS

Ya se ha comentado en el apartado anterior que con tableros de vigas prefabricadas la máxima distancia entre juntas de dilatación, con la disposición de losas de continuidad o, más recientemente, articulaciones entre las losas de compresión de los tableros con pasadores de acero inoxidable, suele estar próxima a los 100-120 metros. Por tanto, en puentes y viaductos de gran longitud, debe ser preceptivo disponer varias juntas intermedias. Aunque los movimientos sean menores que los de las soluciones de hormigón "in situ" -parte de la fluencia y la retracción de las vigas ya se ha producido al llegar éstas a la obra- también debe ser obligado disponer juntas de gran calidad. Es práctica poco recomendable disponer juntas de perfil comprimido de neopreno, entre guardacantos metálicos, que suelen tener poca durabilidad, originándose una rodadura poco confortable.

En otros países de nuestro entorno resulta habitual proyectar y construir viaductos con vigas prefabricadas de gran longitud (500-600 metros), con juntas solo en los extremos. El sistema es muy simple y está basado en la utilización de apoyos provisionales con posterior hormigonado de riostras "in situ" y disposición definitiva de apoyos de neopreno y deslizantes. Es una solución que en España no se ha utilizado pero que resulta muy fácil de proyectar y construir.

Con respecto a los apoyos, al ser las vigas rectas, si las rasantes tienen pendientes por encima del 1% es necesario proyectar y disponer cuñas de acero galvanizado entre la viga y el apoyo para asegurar la condición de planeidad y horizontalidad en el mismo. Si este aspecto no se tiene en cuenta se pueden sobrecargar los apoyos más de lo que se había supuesto en proyecto, comprometiendo su



vida útil. Actualmente también se pueden disponer apoyos de neopreno trapezoidales como alternativa a las cuñas de acero galvanizado.

5 LAS CONTRAFLECHAS

Los elementos prefabricados llegan siempre a obra con unas contraflechas apreciables. La razón es sencilla ya que el pretensado dispuesto debe compensar no sólo el peso propio del elemento sino también las cargas muertas y sobrecargas que en el futuro actúen sobre el tablero. Estas contraflechas, sobre todo en el caso de tramos por debajo de los 15-20 metros, suelen quedar visibles, incluso después de colocar la losa de compresión del tablero y las cargas muertas, dando lugar a un efecto de comba que resulta poco agradable y que, en tramos cortos, produce una discontinuidad apreciable en la rodadura. En tramos "in situ", estructuras hiperestáticas, el pretensado también produce contraflechas, pero éstas son menores por tratarse de estructuras continuas y, además en la fase constructiva, se pueden compensar con los husillos de la cimbra.

Por todo ello en la fase de proyecto se debe prestar especial atención a las contraflechas mediante una evaluación precisa de las mismas y en algunos casos, podría ser necesario sobre todo para tramos cortos, el disponer más vigas por tablero con menos pretensado o vigas de más canto, que lo estrictamente necesario para verificar los estados límites de servicio (flexión) y últimos (rotura por flexión, cortante y rasante). Para elementos prefabricados, sería razonable el establecer un estado límite de servicio relativo a la contraflecha, una vez colocada la losa de compresión del tablero y las cargas muertas.

No obstante la EHE vigente ha introducido en este tema algunas mejoras con respecto a la antigua clase II (Instrucción EP) que conviene tener en cuenta. En la citada clase II el pretensado venía, en general, determinado por la condición de que con sobrecargas totales no se sobrepase el estado límite de aparición de fisuras por tracción. Es decir, las tracciones en el hormigón se limitaban a $f_{ct,k}$. Con la actual EHE, al estar el pretensado de las vigas prefabricadas en la parte inferior (tableros isostáticos), que no están en contacto con la losa superior, y suponiendo que ésta se encuentra impermeabilizada y bien drenada, sería razonable suponer que incluso para las clases de exposición más agresivas (tabla 8.2.2 y 8.2.3.a de EHE), el pretensado viene determinado por la condición de



que con sobrecargas frecuentes no se supere una abertura de fisura determinada, que es una condición menos restrictiva que la de la antigua clase II, dando lugar a menos pretensado y a menos contraflecha, comparativamente que antes.

En cuanto al estado límite último, si hace falta armadura, se debería verificar disponiendo acero pasivo. En tableros continuos, losas o cajones "in situ", en los ambientes más agresivos (IIIa, IIIb, IV y F) el pretensado, en la zona de negativos, se le exige descompresión con sobrecargas frecuentes, pero en la zona de positivos (vano), es razonable controlar simplemente la fisuración. Incluso es posible que en negativos, teniendo en cuenta que el tablero está impermeabilizado y bien drenado, para los ambientes IIIa, IIIb, IV y F, se controle la fisuración con sobrecargas frecuentes.

6 EL PROYECTO DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

El proyecto de un elemento prefabricado de hormigón estructural deberá realizarse, en lo que se refiere a cálculos, planos y pliego de prescripciones, por el Ingeniero autor del proyecto de la estructura en íntima colaboración con la industria de la prefabricación pesada, de forma que los elementos que se calculen y definan correspondan a soluciones normalizadas y habituales en el mercado, que eviten indeseables cambios en la fase constructiva.

Los tableros de vigas prefabricados se deben proyectar de acuerdo con la EHE. En este sentido la propia EHE, en su tabla 12.2 permite, para los estados límites de servicio y con armadura pretesa, ponderar el pretensado por 0,95 y 1,05, lo que resulta favorable con respecto a las soluciones "in situ", en que los coeficientes son 0,90 y 1,10. Por ello hay que tener en cuenta que, en el supuesto anterior, no es correcto adoptar como coeficiente en servicio 1,0.

Todavía sigue siendo frecuente que en losas de compresión de los tableros de vigas prefabricadas se disponga hormigón HA-25, para cualquier clase de exposición. Conviene recordar que según la EHE (tabla 37.3 2.b), por requisitos de durabilidad, excepto para exposición IIa, se recomienda que sea, como mínimo, HA-30.



Los proyectos de elementos prefabricados de hormigón estructural, al igual que los de los tableros "in situ", deben ser completos, estar bien estructurados, ser fácilmente seguibles, en definitiva, ajustarse a lo que la Instrucción EHE indica en sus artículos 4.2, 4.3 y 4.4. En particular debe quedar suficientemente definido:

- El modelo de cálculo utilizado.
- Las hipótesis de partida y la clase de exposición.
- Las características de los materiales.
- La comprobación de los estados límite de servicio (con los coeficientes de ponderación del pretensado, definidos anteriormente) y últimos.
- La obtención de esfuerzos y verificación de los estados límite en la losa de compresión del tablero.
- Los cálculos, en su caso, de la losa de continuidad.

En ocasiones no se cumple con lo anterior y a veces los planos con sus armaduras surgen de listados de ordenador, sin prácticamente ninguna aclaración ni explicación; suelen ser difícilmente entendibles para Directores de obra, e incluso, a veces, para especialistas de puentes. Además de lo anterior la práctica habitual en España es que los tableros los proyecten las casas suministradoras de prefabricados y el resto de la estructura (pilas y estribos), el consultor encargado del proyecto, lo que da lugar en ocasiones, a incoherencias y falta de coordinación en el proyecto constructivo. Si la situación es, en algunos casos así, no es de esperar que se preste excesiva atención a los desagües, a las impostas, las cuñas de apoyo, etc.

A los efectos del proyecto constructivo, se adoptarán los siguientes criterios de utilización de elementos prefabricados de hormigón estructural, en función de su geometría. Salvo justificación en contrario, no se recomienda utilizar elementos prefabricados rectos en los siguientes supuestos:

- Si el radio del trazado en planta es inferior a 120 m.
- Si la flecha del arco de circunferencia entre los apoyos dorsal y frontal del prefabricado es superior a 30 cm.
- Si el quiebro angular entre prefabricados contiguos es superior 5 g.
- Si el parámetro del acuerdo vertical K_v es inferior a 1.200.



- Además, las losas de forjado se ejecutarán mediante una prelosa de espesor mínimo seis (6) centímetros, sobre la que se verterá el hormigón que constituya el resto de la losa, con un espesor mínimo de 14 cm.
- Sobre las vigas se dispondrán los recrecidos que sean necesarios para garantizar que el espesor de la losa sea constante y que en cualquier punto de la plataforma (cara superior de la losa) no se produzca una diferencia, respecto a la cota teórica, superior a 2 cm. Los recrecidos deberán estar totalmente definidos en los planos y considerados en los cálculos de carga permanente.

En el proyecto se definirán las soluciones adoptadas para la colocación de barras acústicas, báculos de alumbrado, pórticos, banderolas y demás elementos de señalización. Se tendrá en cuenta el sobreancho necesario para la disposición de los pretils de contención y se definirá el anclaje y el refuerzo del tablero necesarios en función del tipo de pretil adoptado, que deberá ser uno de los definidos en la O.C. 321/95 T y P.

En los pasos superiores de vías secundarias sobre autopistas, autovías y carreteras, es conveniente, salvo justificación en contrario, la utilización de pretils metálico de clase M y que además produzca un efecto de transparencia y posibilite mayor esbeltez del conjunto de la estructura.

7 EL CONTROL DE CALIDAD

Los elementos prefabricados de hormigón estructural están, en teoría, en una situación de cierta ventaja con respecto a las soluciones "in situ" en las cuestiones relativas a la consecución de la calidad y de su control. En éstos, además de los sellos de calidad de los aceros, se les controlan las características básicas de los hormigones (agua, áridos, cemento, resistencia, consistencia, etc.), los dispositivos de pretensado y su colocación, los alargamientos, la inyección, etc., mientras que el prefabricado llega a obra tal cual se va a colocar y excepto controles geométricos someros y de posibles daños visibles a simple vista, hasta la prueba de carga de recepción no se les vuelve a hacer control alguno.

Por tanto en todo proyecto constructivo será necesario establecer un sistema de control en fábrica, independiente del general de la propia fábrica, sobre el que, en general, no hay reserva alguna, con referencia a la obra que se está ejecutando.



do para, en definitiva, poder controlar más en profundidad y conocer mejor la historia del elemento que llega a obra y que se va a montar.

En concreto, con respecto a los elementos prefabricados que se vayan a colocar en una obra determinada, debe ser imprescindible comprobar o tener información detallada de los siguientes aspectos específicos de su fabricación:

- Estado de bancadas.
- Sistema de colocación de tendones.
- Proceso de tesado.
- Tipos de moldes.
- Sistema de curado.
- Procedimientos de desmoldeo y almacenamiento.
- Transporte a obra y sistema de montaje previsto.

El control de elementos prefabricados de hormigón estructural se llevará a cabo, tanto en el proceso de fabricación (control en fábrica), como a la llegada del producto a la obra (control en obra).

7.1 Control en fábrica

La Dirección de Obra deberá realizar las inspecciones que estime necesarias durante la ejecución de los prefabricados. En esta tarea se realizarán al menos las comprobaciones que se describen a continuación:

Verificación del cumplimiento de los procedimientos definidos en el Manual del aseguramiento de la calidad que preceptivamente deberá poseer el fabricante del elemento prefabricado.

Se exigirá que todas las vigas acopiadas en el taller para transportar a la obra porten la "placa de identificación", debidamente rellena y colocada adecuadamente.

La "Placa de identificación" es una guía del elemento prefabricado en la que irán grabados una serie de datos de gran interés, tanto para el proceso de construcción de la estructura como para los procesos de inspección y posible reparación durante a vida útil del puente. Por esta razón es importante que no se desprenda



del prefabricado, ni sufra degradación con el paso del tiempo. Podría pensarse en una chapa de acero inoxidable con los datos troquelados.

Un modelo de la "PLACA DE IDENTIFICACIÓN", con los elementos mínimos que debe contener, se presenta a continuación:

PLACA DE IDENTIFICACIÓN	
Nº IDENTIFICACIÓN: P-20-A Prefabricador	
Fecha de hormigonado (día y hora)	
Fecha de transferencia (día y hora)	
Curado al vapor SI NO Tª máxima	
TIPO HORMIGÓN HP-50 IDENT. PROBETAS: P20 1 a 13	
TIPO ACERO ACTIVO γ -1860 S7 cordón de 0,6"	
nº cordones capa superior 4	
nº cordones capa inferior 20	
TIPO ACERO PASIVO B-500S \varnothing 12	
Recubrimiento mínimo 3 cm	

Los datos transcritos a la placa de identificación estarán avalados por el responsable del sistema de calidad del fabricante del elemento prefabricado.

Se comprobará la disposición general de las armaduras pasivas y activas: diámetros, separaciones de barras y en especial los recubrimientos. En este caso y teniendo en cuenta una vida útil del puente de 100 años, se deberá tener en cuenta la siguiente tabla:

f_{ck} [N/mm ²]	RECUBRIMIENTO MÍNIMO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICIÓN						
	I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV
$25 \leq f_{ck} < 40$	-	25	30	35	35	40	35
$f_{ck} \geq 40$	-	25	30	30	30	35	30

Se recabará y comprobarán sistemáticamente los certificados correspondientes al acero pasivo; acero activo; cementos; fluidificantes y todo tipo de adiciones, así como al tarado de equipos de tesado.



Se comprobará el control de calidad realizado sobre el hormigón utilizado en el elemento prefabricado. Esta comprobación consistirá en el seguimiento de la toma de muestras, conservación y rotura de las probetas, con los siguientes criterios estimativo sobre lotes y número de probetas de control.

Tamaño del elemento	Definición del lote	Nº amasadas	Nº de probetas
volumen > 50 m ³	El elemento	6	12
30 ≤ V ≤ 50 m ³	La bancada	24	48

7.2 Control de obra

El control a realizar en obra sobre el elemento prefabricado recibido en la obra consistirá en la inspección del elemento, asegurándose que no presenta fisuraciones, ni desperfectos producidos en la propia fábrica o durante el transporte.

Se comprobará además que no se superan las tolerancias geométricas establecidas. En particular se prestará especial atención a la flecha horizontal (medida en centro de viga), desplome (medido en centro de viga) y la diferencia entre la contraflecha real y la teórica. Todos los valores deberán estar en concordancia con los previstos en el proyecto constructivo.

Se comprobarán las placas de identificación y a la vista de los datos en ellas recogidos, la Dirección de Obra decidirá si el elemento prefabricado es apto para su colocación inmediata, o si por el contrario, requiere algún ensayo o cálculo justificativo complementario o debe ser rechazado.

En general y salvo justificación en contrario, a juicio del Director de las Obras, no se aceptarán los elementos prefabricados en los que concurra alguna de las siguientes circunstancias:

- Edad del hormigón en el momento de la transferencia: inferior a 40 horas (sin curado) e inferior a 20 horas (con curado).
- Edad del hormigón en el momento del transporte a obra: inferior a 5 días (sin curado) e inferior a 3 días (con curado).



- Temperatura máxima en el proceso de curado: superior a 60°C.

Cuando se haya cumplido el plazo de 28 días desde la fecha de hormigonado, la Dirección de Obra deberá recibir del fabricante del elemento prefabricado de hormigón estructural los datos sobre la rotura de las probetas que figuran expresadas en cada placa de identificación.