

Autopista LBJ en Dallas. Tecnología, innovación y soluciones constructivas en grandes proyectos



Ignacio Navarro Dacal

Ferrovia Agroman UK.
Director técnico UK-Irlanda



Carlos Fernández Lillo

Ferrovia Agroman UK.
Engineering manager Thames Tideway Tunnel



Carlos Fernando González

Ferrovia Agroman US Corp.

Resumen

Con un presupuesto de construcción de más de 2.000 millones de dólares, el proyecto de la LBJ en Dallas es una de las autopistas urbanas de más envergadura y más complejas que se han realizado recientemente en Estados Unidos, con 10 carriles por sentido y llegando en ocasiones a 13 dispuestos en varios niveles. Realizar la obra manteniendo el tráfico de 400.000 vehículos al día requirió técnicas de construcción imaginativas, innovadoras y rápidas de construir. Para acometer con éxito esta empresa, Ferrovia Agroman implementó desde la fase de oferta una serie de ideas innovadoras a fin de obtener un proyecto más eficiente desde el punto de vista económico, constructivo y de plazo. Para ello, Ferrovia Agroman ofertó una solución eficiente, dispuso de sistemas propios para la realización de dinteles y acueductos, simplificó enlaces complejos y solucionó con los convenientes medios auxiliares complicadas puestas de ejecución. Todo esto ayudó a terminar con éxito la obra por delante del plazo fijado y con la satisfacción del cliente.

Palabras clave

Autopista urbana, enlace, innovación, prefabricación, estructuras viarias

Abstract

With a construction budget of over 2,000 million dollars, the project LBJ in Dallas is one of the most complex and major urban highways that has been built recently in the United States, with 10 lanes each way and sometimes reaching 13 arranged on several levels. In order build the project keeping the existing traffic of 400,000 vehicles a day, imaginative, innovative and fast-track building technics were required. To successfully undertake this venture, Ferrovia Agroman implemented since the bid phase a number of innovative ideas in order to obtain a more efficient design, comprising cost, constructability and schedule. This was accomplished with an efficient design which helped win the tender, with innovative and self-owned means for the construction of bents caps and aqueducts, simplifying complex interchanges and solving with suitable means complicated elements of the construction of the job. All this helped to successfully complete the works, ahead of the schedule and with full customer satisfaction.

Keywords

Urban highway, interchanges, innovation, precast, motorway structures

1. Introducción

En los últimos años se ha producido un fuerte despegue del sector de las infraestructuras en Norteamérica, sobre todo en proyectos concesionales, donde el sector privado y el público se han unido para acometer el desarrollo de grandes y complejos proyectos de infraestructuras.

En este sentido, Ferrovia ha proyectado y construido más de 300 kilómetros de autopistas en Norteamérica, incluyendo la 407 en Canadá (fase 1 y 2), la ITR en Indiana, la SH130 en Austin, la I-77 en Carolina del Norte, la NTE (1-2,

3A) y la IH 635 –LBJ– en Dallas. Todas estas autopistas son proyectos con presupuestos muy importantes (suman 8.100 millones de dólares, el mayor de ellos de 2.000 millones de dólares) y de gran complejidad de ejecución con plazos reducidos que originaban la necesidad de plantear soluciones innovadoras distintas a la práctica local para poder resolver las dificultades técnicas y de plazo satisfactoriamente. A continuación, se muestra la tabla 1 con los datos descriptivos más relevantes y un plano de situación de estos proyectos en la figura 1.

Proyecto	Lugar	Tamaño (km)	Presupuesto de construcción	Año entrada servicio
407 ETR	Toronto, Canadá	40	340 millones de \$	Sept. 2001
407 Fase 1	Toronto, Canadá	40	800 millones de \$	Feb. 2016
407 Fase 2	Toronto, Canadá	33	800 millones de \$	Dic 2019
ITR	Indiana	11	262 millones de \$	Dic. 2011
SH-130 Segts 5&6	Austin, Texas	68	939 millones de \$	Oct. 2012
NTE Segts 1&2W	Fort Worth, Texas	21	1.500 millones de \$	Oct. 2014
NTE Segt 3A	Fort Worth, Texas	29	1.007 millones de \$	Dic. 2018
IH 635 (LBJ)	Dallas, Texas	22	2.000 millones de \$	Sept. 2015
I-77	Charlotte, N. Carolina	43	444 millones de \$	Feb. 2019

Tabla 1. Resumen de proyectos concesionales de Ferrovial en Norteamérica



Fig. 1. Situación proyectos concesionales de Ferrovial en Norteamérica



Fig. 2. IH 635 o LBJ

IH-635 Managed Lanes o LBJ

Dentro de los proyectos mencionados anteriormente, cabe destacar la IH 635 al norte de Dallas. Tanto por su complejidad técnica, como por la dificultad del proceso constructivo en un ambiente urbano con condicionantes de espacio, y la exigencia de mantener un elevado volumen de tráfico durante construcción, hacen de la LBJ el perfecto ejemplo de la importancia de la ingeniería y su coordinación con los procesos constructivos, así como el desarrollo tecnológico necesario para poder llevar a cabo exitosamente este tipo de proyectos.

La Interstate Highway 635 o la Lyndon B. Johnson Freeway (abreviada IH635 o localmente LBJ) es una autopista interestatal que circunvala parcialmente la parte norte y este de Dallas en una longitud total de unos 60 km. Se trata de una de las carreteras con más intensidad de tráfico de toda Norteamérica puesto que soporta una intensidad media de más de 240.000 vehículos/día que lleva excediendo la capacidad existente desde mediados de los 90, con unas previsiones de crecimiento futuras hasta un total de 400.000 vehículos/día para el año 2020.

Este hecho originó que el gobierno tejano decidiera aumentar la capacidad de la autopista en su tramo más congestionado, una porción de 13 km que va desde el enlace con la famosa autopista interestatal IH 35, que cruza prácticamente los EE. UU. de sur a norte, en el oeste, hasta la carretera nacional US 75 en el este. En este tramo, la autopista existente tiene cuatro carriles más un carril de alta ocupación (HOV) por sentido.

Con el fin de aumentar la capacidad de esta autopista se propuso transformar el único carril de alta ocupación ac-



Fig. 3. LBJ Express. Planta general

tual en tres carriles de peaje por cada sentido. Además se decidió mejorar de manera considerable la conectividad de estas vías de peaje con el enlace altamente congestionado con la IH 35, añadiendo unos conectores elevados a lo largo de una parte considerable de esta autopista interestatal IH 35.

El consorcio concesional formado por Cintra y Meridiam Infraestructure con el fondo de pensiones de la policía y el parque de bomberos de Dallas, y denominado LBJ Infrastructure Group, se adjudicó exitosamente la financiación, ejecución, operación y mantenimiento por un periodo de 52 años de este complejo proyecto en febrero de 2009. Ferrovial Agroman, junto a su subsidiaria estadounidense Webber, ha sido el contratista responsable del proyecto y construcción.

2. Descripción del Proyecto

Este proyecto es la mayor concesión APP (Asociación Pública Privada) que se ha llevado a cabo en EE. UU., tanto por complejidad como por importe total del contrato.

Su alcance incluye las siguientes actuaciones:

- Construcción de ramales de conexión en viaducto de peaje a lo largo de la IH 35E desde el Loop 12 hasta la IH 635 con objeto de favorecer la conectividad y la capacidad de un nudo actualmente muy congestionado.

- Construcción de calzadas de peaje dinámico, normalmente 3 + 3, a lo largo de la IH 635 desde Luna Road en el oeste hasta el enlace con la US 75 o 'High Five', en lugar del carril de alta ocupación (HOV) por sentido existente.
- Mejora de operatividad en la zona del enlace con la US 75 mediante cambios en la señalización y en los sistemas inteligentes de tráfico y peaje (ITS) en el extremo este de la obra.

El proyecto se puede dividir en los siguientes tramos:

2.1. IH 35E Section (desde Loop12/IH35E a Crown Rd)

Este tramo del proyecto de unos cinco kilómetros comprende la construcción de dos ramales de conexión en viaducto con dos carriles cada uno a lo largo de la IH35E que conectan con los nuevos ramales del enlace con la IH 635. No se realizó ninguna actuación en la autopista existente aunque se reconstruyeron y ampliaron ciertos tramos de las vías de servicio.

2.2. Enlace IH 635/IH 35E

El enlace existente consiste en ocho ramales directos conectando la IH 35 con la IH 635. Cuatro ramales directos adicionales de dos carriles se han añadido para aumentar la conectividad con las vías nuevas de peaje.

2.3. IH 635 Section (desde el este de la IH 35E hasta aproximadamente la US 75)

Este tramo de la autopista IH 635 o LBJ incluía cuatro carriles más un carril de alta ocupación HOV por sentido.

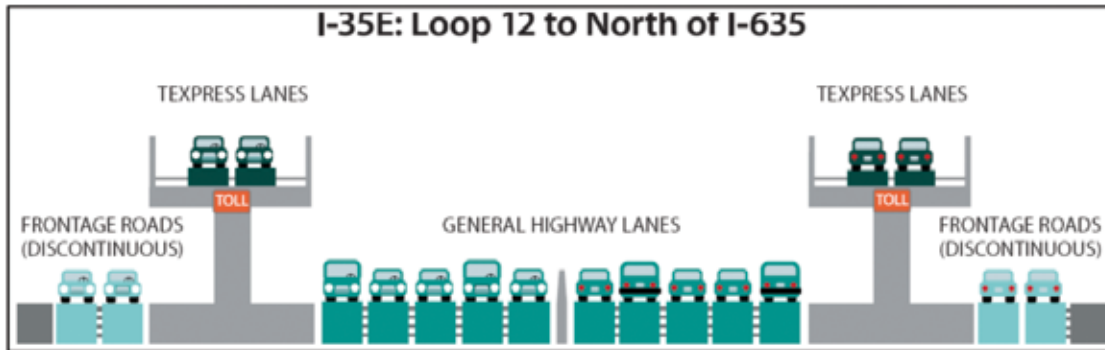


Fig. 4. LBJ Express lanes a lo largo de la IH 35

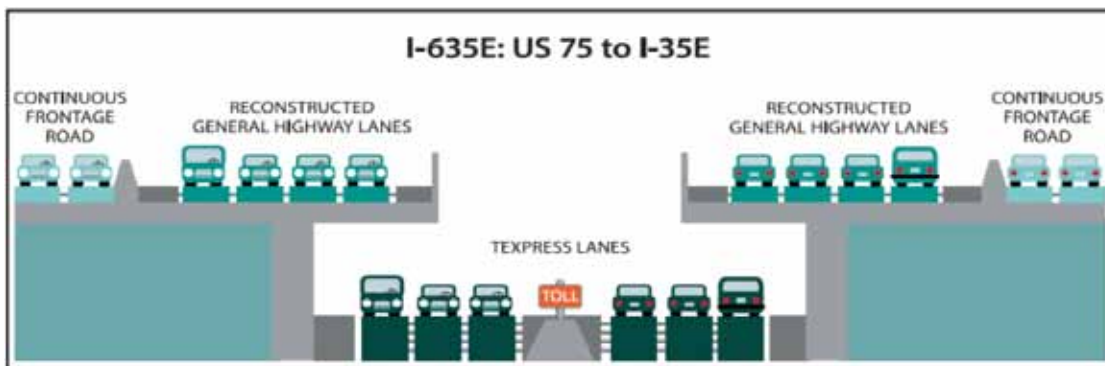


Fig. 5. LBJ Express IH 635

El tramo se reconstruyó completamente para tener unas vías libres con, al menos, cuatro carriles por sentido, con un total de seis carriles en ciertas zonas concretas, y dos calzadas de peaje con tres carriles por sentido. Además, se mejoraron las vías de servicio existentes, aumentando su capacidad y prolongando su longitud para tener unas vías de servicio continuas de dos a tres carriles con ramales de acceso tanto a las vías libres como a las de peaje. La longitud de este tramo es de unos 14 kilómetros.

2.4. Enlace IH 635/US 75

Este tramo consiste en una reconfiguración de carriles y ramales de esta zona con objeto de modificar los carriles HOV de la IH 635 entre US 75 y Greenville Avenue y de esta forma dotar de plena conectividad entre las vías de peaje y las libres.

Este proyecto tuvo un amplio proceso medioambiental y de aprobación en el que se consideró la aportación pública y que incluye las siguientes directrices:

- Una autopista ni más elevada ni más cercana a las expropiaciones, “no higher, no wider” en inglés, que la autopista actual.

- Sustitución y mejora de la carretera antigua existente.
- Dotación de unas nuevas vías de servicio continuas y de mayor capacidad.
- Mejorar la movilidad del corredor añadiendo un sistema de peaje controlado.

3. Proceso de licitación. Solución ganadora para la sección deprimida

El primer obstáculo del proceso de licitación fue convencer a la autoridad de que el proyecto no era financieramente factible con el subsidio que estaba destinado originalmente al proyecto. Esto se debía a la gran cantidad de estructura en viaducto para las calzadas de peaje a construir en la I35 y la gran cantidad de componentes estéticos a incorporar en el proyecto. La Administración quería que se construyese un viaducto de tres carriles por sentido en la I35; este tercer carril no era necesario basado en los estudios de demanda de tráfico realizados por Cintra por lo que se propuso una reducción a dos carriles pero permitiendo la ampliación futura a tres carriles cuando el incremento de tráfico lo requiriese.

Dentro de los componentes estructurales que hacían que el precio fuera significativamente alto se incluían:

- Requisito de construir con vigas artesas por razones estéticas.
- Barreras con componentes estéticos que hacen que la sección transversal fuera más gruesa de lo normal.
- Pilas rectangulares en vez de circulares.
- Pantallas de ruido con componentes superficiales bastante costosos.
- Pintura en 100 % de los componentes estructurales.

La Administración se resistió, inicialmente, a quitar esto del alcance del proyecto, pero eventualmente sus consultores también vieron que estos temas estaban subiendo el precio significativamente. Una vez se decidió construir dos carriles por conectores en el viaducto, se dio libertad de usar otras vigas así como pilas circulares y se estableció un presupuesto máximo para temas estéticos, el proyecto tomó vida y se inició el proceso de licitación además de ir resolviendo las complejidades técnicas del resto del proyecto.

3.1. Características y complejidades principales del proyecto de licitación

- El proyecto lo ganaría el consorcio que requiriera menos subsidio público por parte del estado de Texas.

• Existía la obligación de no cerrar ninguno de los carriles de autopista durante la construcción. Las multas más caras ocurrían si se afectaba la autopista privada de la Dallas North Tollway que es uno de los corredores más importantes que conectan el norte y el centro de Dallas. El diseño por parte de la ingeniería de la Administración tenía un túnel para solventar este inconveniente.

• No se podía hacer ningún cierre prolongado de ningún ramal de salida o acceso a la autopista.

• El subsidio público no era suficiente para construir el proyecto con todo el alcance que se pedía inicialmente.

• La situación financiera era aún peor para la opción de pasar por debajo de la Dallas North Tollway en túnel en vez de trinchera.

Además se estaba obligado a hacer hasta lo imposible para no construir túnel debajo de la Dallas North Tollway.

3.2. Estrategias durante el proceso de licitación

Basado en las complejidades, era necesario tener dos frentes de batalla abiertos al mismo tiempo. Encontrar nuevas fuentes de ingresos y reducir costos de construcción:

- Estrategia de encontrar ingresos adicionales: incentivar más usuarios a usar las calzadas de peaje por medio de la incorporación al diseño un par de conexiones adicionales a la autopista I-35 al norte del proyecto, y otra conexión para los usuarios que eventualmente quisieran usar la US75. Estos dos conectores fueron aprobados para incorporación en la

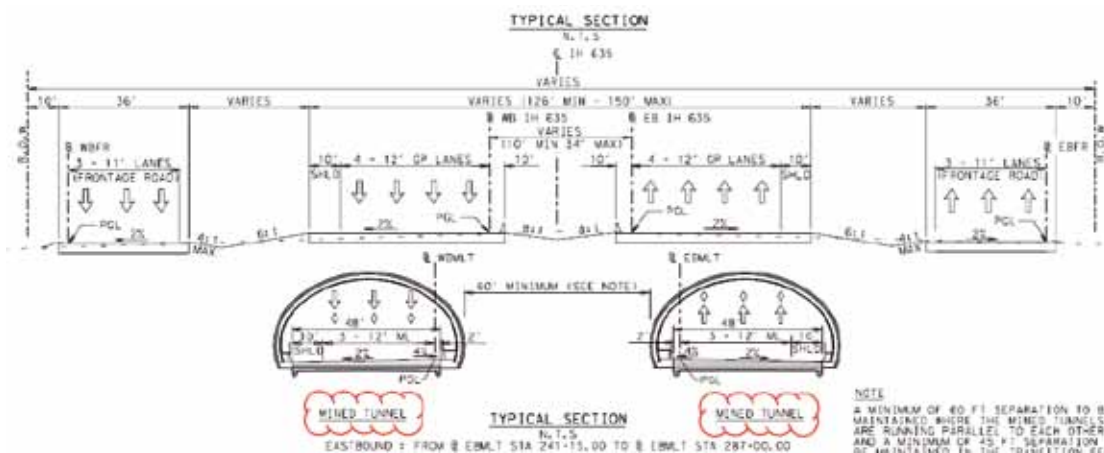


Fig. 6. Sección tipo: concepto de TxDOT para cruzar por debajo de la DNT

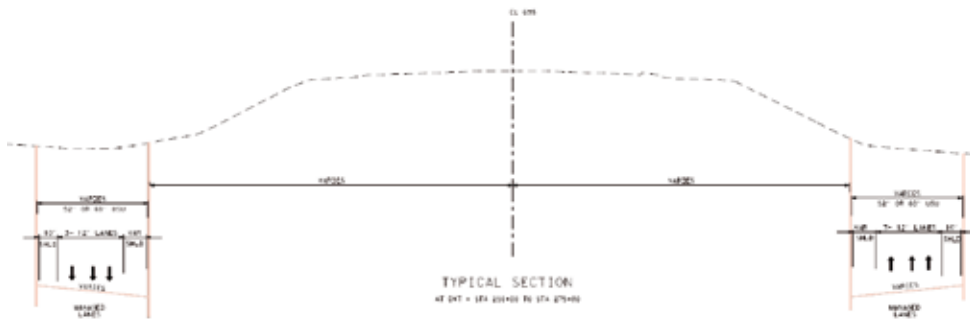


Fig. 7. Sección tipo: ATC de Ferrovia Agroman para cruzar por debajo de la DNT

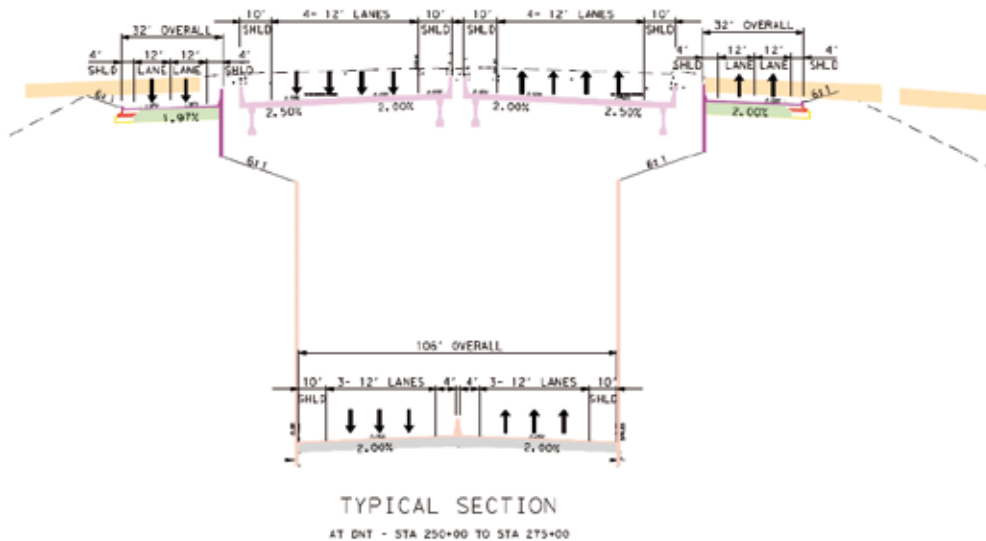


Fig. 8. Sección tipo: oferta final de Ferrovia Agroman para cruzar por debajo de la DNT

oferta por medio del proceso de ATC (*Alternative Technical Concept* en inglés).

• Estrategias de reducción de costes de construcción:

1. La estrategia que ahorra más en construcción era la de no tener que pasar por debajo de la DNT en túnel (ver sección tipo por parte de TxDOT en la figura 6), y para ello había que estudiar todas las opciones necesarias para no cerrar ningún carril de esta autopista. El equipo de diseño planteó dos opciones (ver figuras 7 y 8) para cruzar por debajo de la DNT en trinchera abierta en vez de túnel; estas dos opciones ofrecían menos complejidades técnicas y constructivas.

Con esta solución se descartó por completo el túnel a lo largo del proyecto. La solución en trinchera de la figura 8 fue implementada durante el diseño final, ver sección 4.4

para más detalles. Nuestra competencia no pudo encontrar una solución similar, e incluyó en su licitación un túnel a lo largo de toda la traza de la I-635 para las calzadas de peaje.

2. Una vez estuvo descartado tener que usar túnel, la estrategia inmediatamente pasó a seleccionar el muro de desmonte más competitivo. Este proyecto tenía muros de desmonte bastante complejos, ya que tenían una gran longitud y diferentes tipos de suelo a lo largo de su extensión. Como primer paso, nos aseguramos de que tuviéramos conocimiento de absolutamente todos los parámetros geotécnicos a lo largo de la traza para así poder diseñar todos los diferentes tipos de muros de desmonte que ofrecía la industria de la construcción. Eventualmente, los muros más competitivos en coste fueron los muros anclados. Las largas horas que se requirieron para estudiar este tema dieron frutos en forma de ahorros bastante significativos con respecto a la solución inicialmente planteada.

4. Actuaciones innovadoras durante el proyecto de construcción

4.1. Dinteles en la LBJ

La LBJ, al igual que otros proyectos de grandes dimensiones en ambientes urbanos y, por tanto, escasos de espacio, con complejos faseados de construcción, lidiar con el tráfico y en apretados plazos, requiere soluciones constructivas ingeniosas e innovadoras que sean capaces de resolver los problemas que el proyecto requiere en el plazo disponible.

Texas es un estado con una fuerte tradición en construcción y líder en EE. UU., lo que hace que, en muchos casos, se condicionen las alternativas iniciales a soluciones locales tradicionales no capaces de resolver los problemas que estas obras plantean, además de hacerlas inviables en cuanto al plazo disponible.

Para hacernos una idea de la magnitud del proyecto, la LBJ requería la construcción de más de 1.100 dinteles, muchos de ellos realizados en fases debido a condicionantes del proceso constructivo. Estos dinteles servían de soporte a las vigas longitudinales que formaban la cubierta parcial de las calzadas generales en la sección deprimida.

Las soluciones tradicionales en Texas más usadas en proyecto de carreteras se circunscriben a dinteles armados para luces reducidas o postesados con luces mayores, pero siempre en construcción in situ.

Para poder hacer frente a los distintos condicionantes que originaba el plazo y proceso constructivo, se plantearon distintas tipologías de dinteles:

- a) Dinteles prefabricados
 - (1) De hormigón armado
 - (2) De hormigón con armaduras pretensas
 - (3) De hormigón con armaduras postesadas
- b) Dinteles postesados in situ
- c) Dinteles mixtos

a) Dinteles prefabricados
Dado el gran número de dinteles de similares características y con objeto de acelerar los tiempos de construcción, se planteó la prefabricación de una gran mayoría de dinteles de la sección de las calzadas deprimidas. Esta fue una de las decisiones que llevó al éxito de la obra ya que permitió construir más de 350 dinteles prefabricados, de diferentes longitudes, con diferentes números de apoyos.

Estos dinteles se construyeron en la planta de prefabricados instalada a pie de obra, y tenían una sección hueca en 'T' invertida con objeto de optimizar peso para facilitar la colocación. La mayor parte de los dinteles usados en el proyecto tienen luces de 18 metros, lo que obliga a introducir el pretensado en los paramentos inferiores. Sin embargo, para casos de luces menores se hormigonaron dinteles con acero pasivo únicamente.

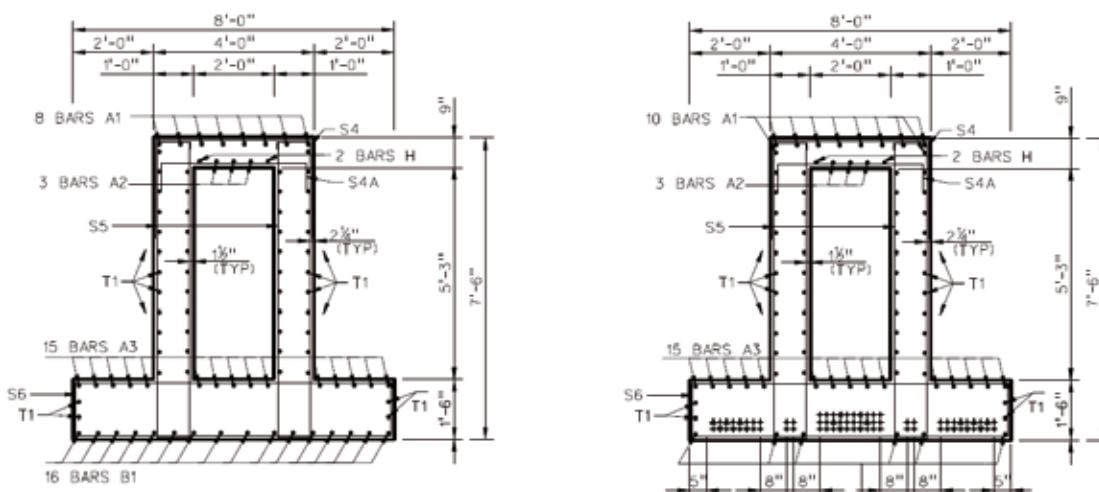


Fig. 9. Dinteles prefabricados. Secciones transversales sin armaduras pretensas y con ellas



Fig. 10. Dinteles prefabricados. Apoyo provisional antes del postesado de cosido

- Se controlan las deformaciones para asegurar la efectividad del postesado.
- Finalmente, se ejecuta la segunda parte del tablero.

La ejecución de estos dinteles requiere un proyecto preciso debido a que cada dintel es diferente, lo que exige un control de ejecución muy riguroso.

El equipo de proyecto hizo un gran trabajo, coordinándose con el de construcción para encontrar soluciones y elegir la tipología que mejor se adaptaba a cada circunstancia. Una vez realizado el diseño, se modeló todo el proyecto en tres dimensiones para evitar conflictos y asegurar que cada pieza encajaba en el lugar preciso ya que los márgenes de tolerancia en construcción eran muy escasos y un error paralizaba la secuencia de ejecución.

Cierto número de dinteles requerían una ejecución en dos fases con un pretensado de continuidad con objeto de unirlos. La ejecución de estos dinteles se describe a continuación:

- Inicialmente, y por la complejidad del faseado, se construye una parte del dintel con su tablero encima que se apoya en una columna temporal de hormigón que se demolerá al final de la construcción del puente.
- Se cambia el tráfico sobre la parte ya construida del tablero y se instala la segunda fase del dintel.
- Se hormigona la pieza de continuidad y se postesan las dos piezas para coserlas.

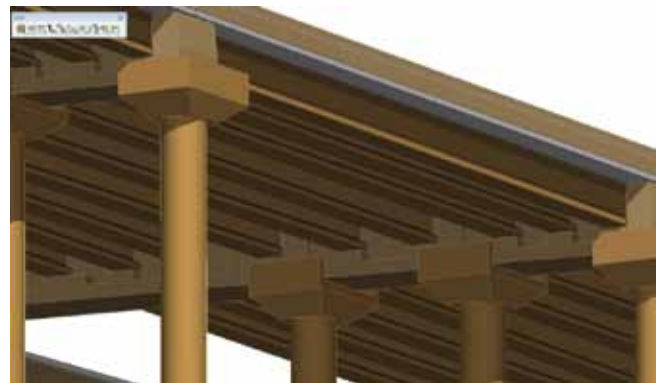


Fig. 12. Modelo 3D de la estructura

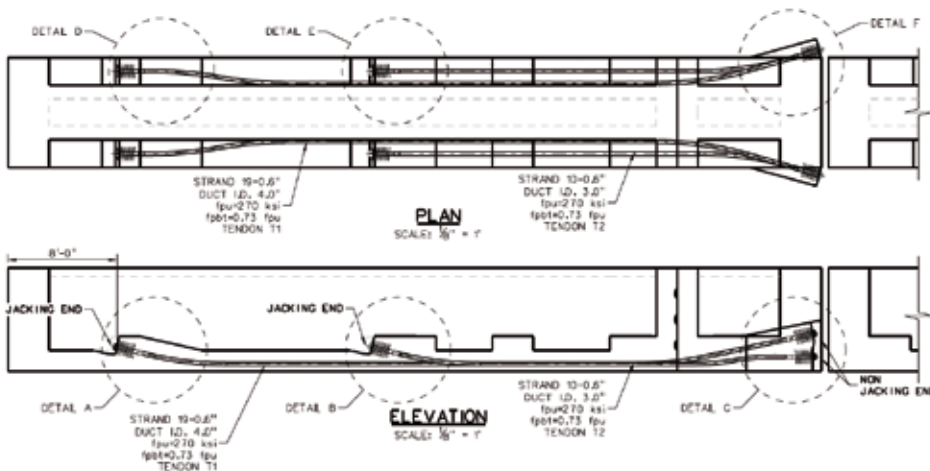




Fig. 13. a) Cimbra dintel in situ
b) Detalle armado dintel
c) Hormigonado de dintel
d) Dintel finalizado

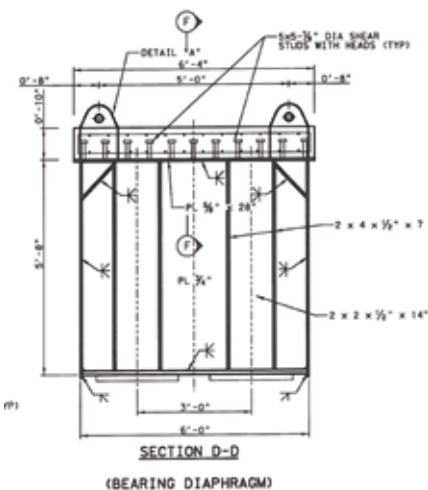


Fig. 14. Dintel mixto: sección y proceso de instalación

b) Dinteles postesados in situ

Se han empleado dinteles postesados insitu en 27 dinteles de los 271 totales. Las luces varían entre 15 y 20 metros, y generalmente no hacía falta postesar ya que se podía dotar de continuidad al dintel y trabajar de manera más eficiente que un vano simple. Hubo casos, sin embargo, que necesitaron de armadura

postesa al ser luces mayores y en donde la prefabricación no era una opción por condicionantes de plazo y espacio.

c) Dinteles mixtos

En la zona de la IH-35, donde había que hacer dinteles de más de 30 m sobre la misma calzada IH-35 en construcción,



Fig. 15. Instalación del uno de los vanos prefabricados del acueducto de Joe Ratcliff

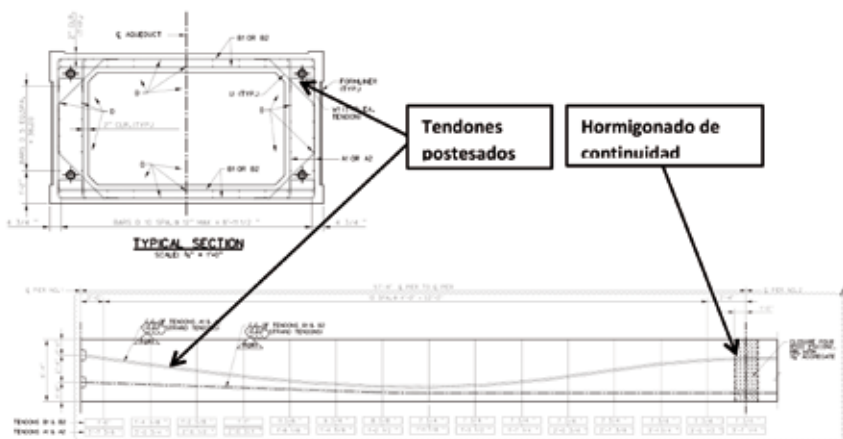


Fig. 16. Sección transversal y longitudinal del acueducto

se planteó la realización de un dintel en sección mixta, de forma que su colocación se podría ejecutar en un tiempo corto y evitar el costoso desvío de tráfico de una calzada interestatal de tres carriles y con una alta intensidad media de unos 60.000 vehículos al día.

4.2. Drenaje. Acueductos

El drenaje de esta autopista, al ser de calzadas deprimidas y en una zona más o menos llana, tiene la complejidad de solucionar el desagüe por gravedad, especialmente cuando las propias calzadas deprimidas interceptan cauces existentes a los que hay que dar continuidad a ambos lados de la trinchera que constituyen dichas calzadas deprimidas.

En este sentido, se plantearon varios acueductos para dar continuidad a una serie de cauces interceptados. Se desecharon soluciones tipo sifón que incurren en elevados costes de mantenimiento y pueden provocar problemas en caso de obturación. Para resolver estructuralmente estos acueductos, se optó por cajones prefabricados con un postesado de continuidad, asegurando en todo momento que todo el hormigón estuviera siempre comprimido durante la vida útil de la autopista, con el fin de garantizar la estanqueidad.

4.3. Construcción en 'top-down'. Pasos superiores

Las intersecciones de las calles transversales con la IH 635 generaba unos pasos superiores a tres niveles con una gran

complejidad en su construcción. En efecto, no se podían construir las nuevas calzadas deprimidas 10 metros sin antes reconstruir todos los pasos superiores que entraban en conflicto con la autopista.

Estos pasos superiores se debían realizar manteniendo las calles transversales con tráfico presente, por lo que su demolición y posterior reconstrucción, requirió un sistema 'top-down'. Eran las primeras estructuras a construir, y se ejecutaban por mitades para dar continuidad al tráfico de estas calles de la ciudad.

Se realizaron pilas-pilotes encamisadas desde cotas de terreno existente que luego quedarían expuestas una vez se acabara la excavación para así constituir las pilas de las estructuras de los pasos superiores. La ejecución requirió controles de verticalidad estrictos para que al excavar posteriormente se garantizara la verticalidad de las pilas.

Una vez construida la estructura superior del nivel 3, se debía resolver el problema de la colocación de las vigas de la estructura del nivel 2 bajo unos puentes de más de 100 metros de ancho y manteniendo la tipología estructural de la estructura de la autopista. Para ello se planteó y se construyó



Fig. 17. Colocación vigas nivel 2 Paso Superior de Marsh Lane

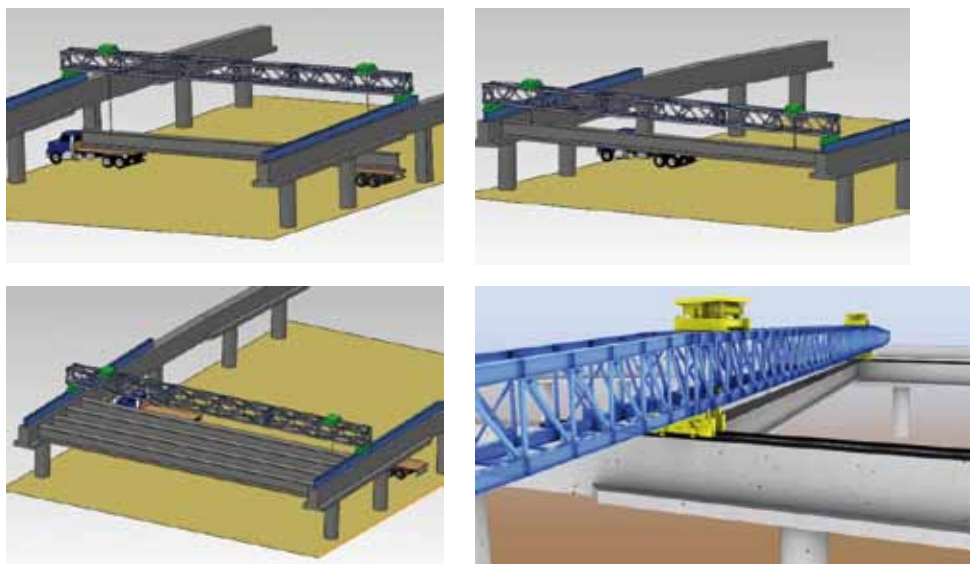


Fig. 18. Esquema del proceso de colocación de vigas bajo estructura en nivel 3



Fig. 19. Enlace DNT: solución original con cuatro niveles



Fig. 20. Enlace DNT: solución construida con tres niveles. Calzadas libres y peaje al mismo nivel



Figura 21. Enlace DNT. Movimiento de pilas

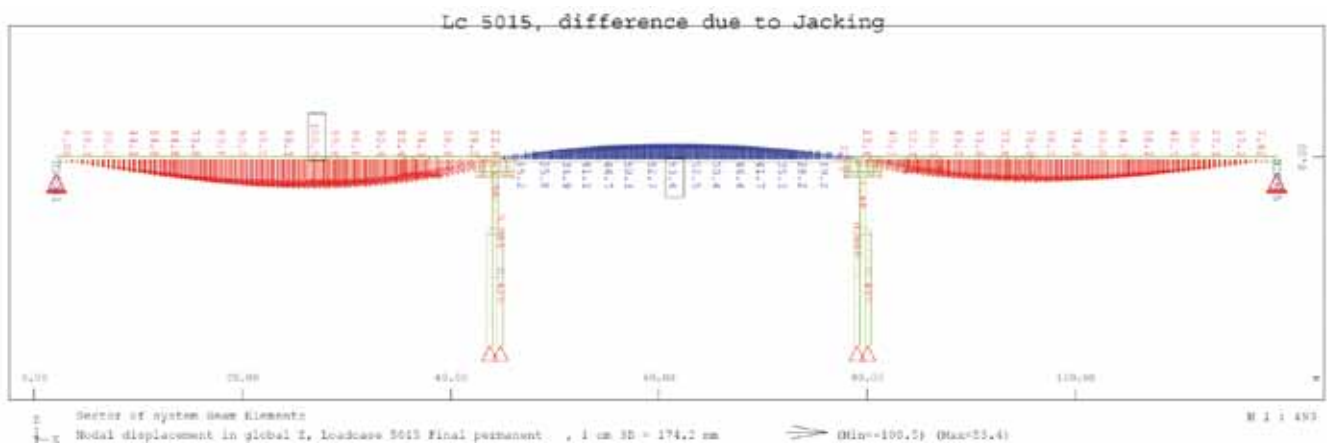


Figura 22. Modelo de cálculo y control de las deformaciones durante el proceso de transferencia

una grúa diseñada específicamente para la colocación de las vigas debajo de los pasos superiores como se muestra en las figuras 17 y 18 que además describen el proceso de montaje de estas vigas.

4.4. Enlace con la DNT. Cambio de apoyos

El enlace de la LBJ con la autopista de peaje más importante de Dallas, la Dallas North Tollway o DNT, se sitúa a medio camino de los 14 km que transcurren a lo largo de la IH 635. Durante la fase de desarrollo del proyecto de construcción, se propuso a la Administración el cambio de la solución inicial de enlace a cuatro niveles a una solución que colocaba

los niveles de las calzadas de peaje y las libres en la misma cota, reduciendo la complejidad del enlace y dejándolo pues en un total de tres niveles como muestran las figuras 19 y 20. Para poder encajar la solución variante hubo que acomodar la longitud de los vanos de la estructura del nivel superior a los anchos de las calzadas libres y de peaje, lo que requirió un cambio de los apoyos de dicha estructura superior existente.

Esta estructura era un puente metálico mixto con luces de 32-45-35 metros, y que tuvo que ajustarse a unas nuevas luces de 39-32-41 metros como muestran las figuras 21 y 22.

Se analizó estructuralmente en la situación futura y se determinó que el puente era apto para la nueva configuración.

Para la transferencia de cargas de los apoyos antiguos a los nuevos se monitorizaron deformaciones y desplazamientos y se comprobaban que fueran de acuerdo al modelo estructural realizado. Se utilizaron una serie de gatos que actuaban de manera simultánea controlados por una consola central. Se realizaron cortes nocturnos de una hora para el cambio de cada una de las columnas.

5. Conclusiones

Los nuevos proyectos norteamericanos concesionales de autopistas se destacan por su gran tamaño, complejidad y sus ajustados plazos de entrega. Son, en general, contratos de proyecto y obra que exigen la aplicación de soluciones innovadoras con un importante aporte tecnológico por parte de las empresas que se encargan de desarrollarlos, fundamental para su exitosa ejecución en los plazos establecidos.

En este sentido, la experiencia de Ferrovial Agroman en grandes autopistas urbanas, tanto nacional como internacional, ha permitido el desarrollo de las soluciones innovadoras necesarias para acometer estas obras de ingeniería. Una de los ejemplos más destacados de entre los proyectos anteriormente mencionados es la autopista LBJ en el norte de Dallas.

El proyecto se debía ejecutar en base a un pliego muy basado en la normativa local y en las prácticas constructivas en el estado de Texas. Ferrovial Agroman, como es responsable de su diseño y construcción, ha demostrado capacidad para acometerlo con éxito acortando los plazos para su ejecución utilizando una serie de actuaciones innovadoras.

La primera actuación tuvo lugar durante el proceso de licitación, donde se propuso una solución más eficiente que la de la competencia que finalmente permitió ganar el concurso.

Ya en la fase de desarrollo de proyecto se desarrollaron una serie de actuaciones, como la búsqueda de un proceso industrializado para los dinteles de las estructuras que permitiera acelerar la ejecución, la realización de acueductos prefabricados con armaduras pretesas y postesas y la colocación de vigas en condiciones geométricas de galibo complicadas mediante una solución imaginativa de grúa móvil descrita en el artículo. Hay que destacar, como solución variante propuesta al cliente, la modificación de un enlace de cuatro niveles a uno de tres que requirió un cambio de apoyos en una estructura existente superior.

Fruto de todas estas ideas de innovación en Texas, se colaboró con la Universidad de Texas en Arlington apoyando a varios estudiantes en sus tesis de investigación con los trabajos realizados en el proyecto de la LBJ. **ROP**

