

AUTOVÍA ORBITAL DE BARCELONA B-40

Tramo: Viladecavalls - Terrassa

Tomás García Pomares, ICCP, y
Director de las obras.

Descripción de las obras

Las obras objeto del presente proyecto de construcción comprenden un tramo de autovía que forma parte de la autovía Orbital de Barcelona (B-40).

El tramo se inicia en el término municipal de Viladecavalls poco después del cruce con la autopista C-16, al noreste del polígono industrial de Sant Miquel de Toudell.

La autovía proyectada se cruza con la carretera B-120, que queda interrumpida, proyectándose su reposición directamente desde la C-58, en la que se colocan dos glorietas: una para reponer la B-120 y dar acceso a la urbanización de Sant Miquel de Gonerres; y, otra, para dar acceso a Can Trías industrial y a la urbanización residencial de Can Trías.

Una vez que la autovía cruza bajo la carretera de Castellbell (C-58), el tramo, que discurre en trinchera por la vaguada de Can Trías, entre el polígono industrial de Santa María de Toudell (Can Trías industrial) y la urbanización residencial de Can Trías, se cubre con una estructura. Esta estructura de cobertura consta de 7 losas horizontales, de 3570 m² cada una, que permitirán un uso de las mismas, accediendo desde los barrios de Can Trías. El Torrent de Sant Miquel se encauza en esta zona de manera paralela al troncal.

El trazado entra en el término municipal de Terrassa, hacia la Maurina, después de cruzar bajo el ferrocarril en una profunda trinchera. La vía férrea se salva mediante un cajón empujado bajo el terraplén, de tal manera que no se interrumpa la circulación ferroviaria. Más adelante discurre por el lateral de un barranco con orientación sur-norte, ocupando el extremo oriental del pinar del Poblenu.

Situado el trazado en plans de Can'A-mat se establece un enlace con la carretera de Rellinars (B-122), de tipo diamante con glorieta de distribución en un nivel



Vista panorámica del tramo finalizado, de 4,882 km de longitud troncal.

inferior, con lo que, además de permitir todos los movimientos incluyendo los cambios de sentido, se da cumplimiento a la prescripción impuesta en la aprobación definitiva del estudio informativo de reducir la ocupación de suelo y tratar de minimizar las pendientes y los terraplenes del primer tramo del camino de Gonerres.

El tramo de autovía termina después del viaducto sobre la riera de Can Bogunyà, y, posteriormente, se une con el viario urbano mediante una glorieta y dos viales que discurren por la llanura del pla de Bonaire, al norte del consolidado urbano de

Terrassa, que cruzan la carretera a Matadepera y el curso de la riera de les Arenes (río Rubí), sobre el que se coloca una glorieta con dos estructuras, donde termina.

La longitud del tramo proyectado es de 4,882 km de nuevo trazado de autovía, a los que hay que añadir 1,391 km de viales unidireccionales urbanos que conectan la autovía con la zona urbana de Terrassa, además de las reposiciones de las carreteras B-120, C-58, B-122 y otros viales urbanos.

La permeabilidad transversal del tramo está garantizada mediante la construcción

de un viaducto de 125 m de longitud para el cruce sobre la vaguada de la riera de Can Bogunyà, un paso inferior de 20 m de luz para reponer un camino, además de mejorar esta permeabilidad; y otras ocho estructuras: un paso superior a la autovía en el enlace de Terrassa Oeste, con dos estructuras de 56 m en cada calzada, con dos vanos de 28 m cada una; un paso superior en la reposición de la



Vistas parciales del tramo que ha sido diseñado con un radio mínimo de 800 m y máximo de 2200 m.

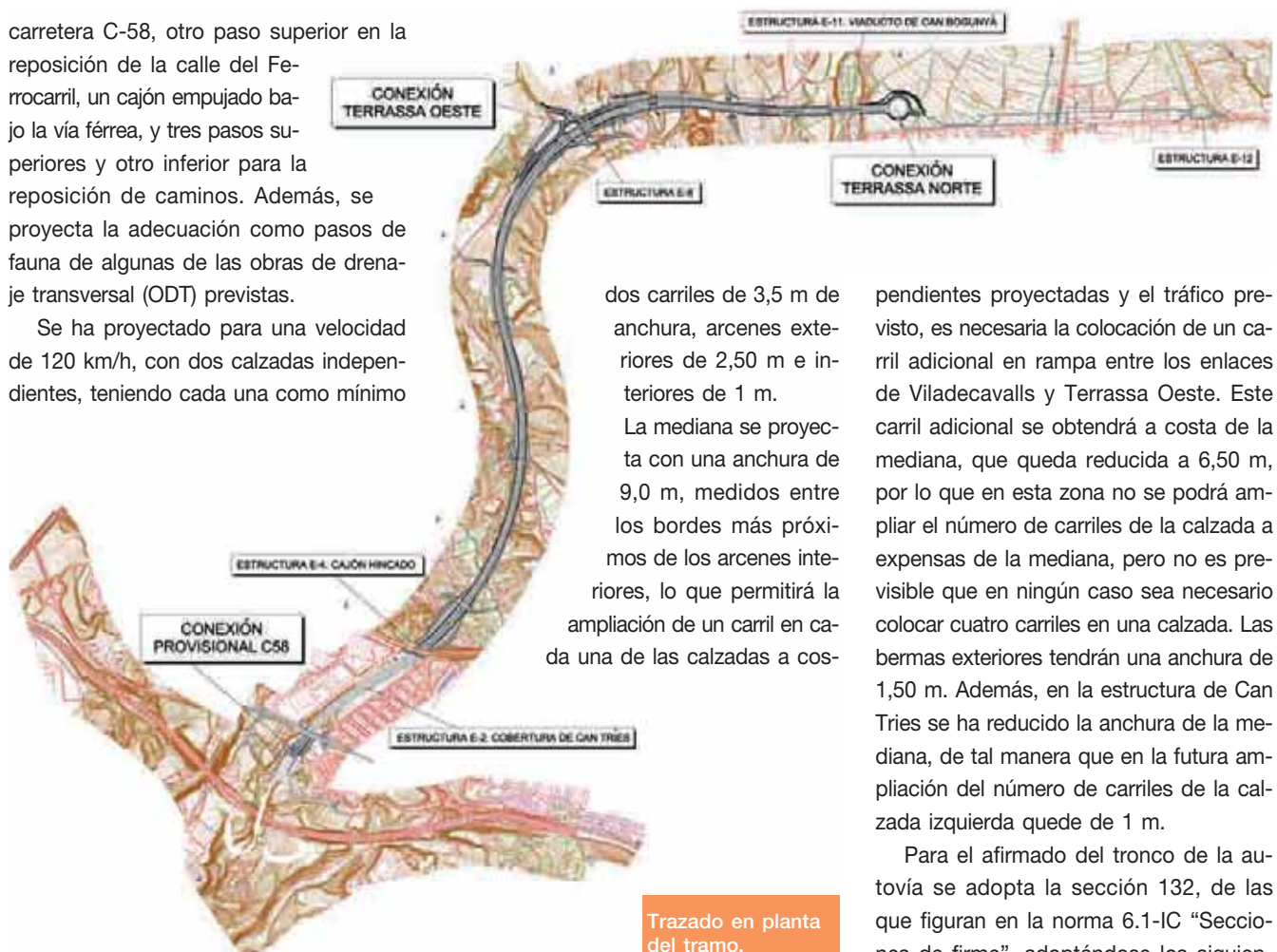


ta de la mediana.

El radio mínimo es de 800 m y el máximo de 2200 m, la pendiente mínima del 0,5 % y la máxima del 4,81%. Dadas las

carretera C-58, otro paso superior en la reposición de la calle del Ferrocarril, un cajón empujado bajo la vía férrea, y tres pasos superiores y otro inferior para la reposición de caminos. Además, se proyecta la adecuación como pasos de fauna de algunas de las obras de drenaje transversal (ODT) previstas.

Se ha proyectado para una velocidad de 120 km/h, con dos calzadas independientes, teniendo cada una como mínimo



dos carriles de 3,5 m de anchura, arcones exteriores de 2,50 m e interiores de 1 m.

La mediana se proyecta con una anchura de 9,0 m, medidos entre los bordes más próximos de los arcones interiores, lo que permitirá la ampliación de un carril en cada una de las calzadas a cos-

pendientes proyectadas y el tráfico previsto, es necesaria la colocación de un carril adicional en rampa entre los enlaces de Viladecavalls y Terrassa Oeste. Este carril adicional se obtendrá a costa de la mediana, que queda reducida a 6,50 m, por lo que en esta zona no se podrá ampliar el número de carriles de la calzada a expensas de la mediana, pero no es previsible que en ningún caso sea necesario colocar cuatro carriles en una calzada. Las bermas exteriores tendrán una anchura de 1,50 m. Además, en la estructura de Can Tries se ha reducido la anchura de la mediana, de tal manera que en la futura ampliación del número de carriles de la calzada izquierda quede de 1 m.

Para el afirmado del tronco de la autovía se adopta la sección 132, de las que figuran en la norma 6.1-IC "Secciones de firme", adoptándose los siguien-

Trazado en planta del tramo.

Accesos a Grandes Ciudades

tes espesores y tipos de capas: 3 cm de m.b.c. discontinua M-10 en capa de rodadura, 7 cm de m.b.c. D-20 en capa intermedia, 10 cm de m.b.c. G-25 en capa de base y 20 cm de suelocemento, colocadas sobre una explanada E3. Esta explanada se consigue sobre los suelos tolerables del terreno natural o los terraplenes, mediante la estabilización de una capa de 30 cm de espesor de suelo estabilizado-3, colocada sobre otra capa de 30 cm de suelo seleccionado 2 (con $\text{CBR} \geq 10$).

Se colocan pasos de mediana a unos 200 m de los extremos de las obras de paso de longitud superior a 100 m, en este caso de los extremos de la estructura de Cobertura de Can Tries y del viaducto sobre la riera de Can Bogunyà, y a intervalos aproximados de 2 km. Estos pasos de mediana estarán cerrados de forma que no puedan abrirse por los usuarios, tienen una longitud libre de 40 m y se abocinan a ambos lados, en una longitud de 60 m.

Durante el transcurso de la ejecución del movimiento de tierras de la obras se realizó un seguimiento arqueológico y paleontológico de los mismos. Como consecuencia de ello y en la zona dels Plans de Can Bogunyà se detectó un yacimiento arqueológico muy importante de la época romana. Tras más de un año de trabajos arqueológicos se retiraron todos los restos importantes a un museo y se procedió a la eliminación del yacimiento.

Estructuras más significativas

Las estructuras más significativas de las obras, por sus dimensiones y procedimientos constructivos, son el paso superior sobre la carretera C58, la cobertura de Can Tries, el cajón hincado bajo el FFCC, el paso inferior en el enlace de Terrassa Oeste, el viaducto de Can Bogunyà y el viaducto de la riera de Les Arenes. A continuación se describen dichas estructuras:

Paso superior sobre la carretera C58

Estructura E1 (p.k. 0+248): Paso superior carretera C-58. Su longitud es de 54,45 m (vanos de 18,15-18,15-18,15 m con un esviaje de 113,46 g para los 17,75 m) y su anchura total es de 20 m.



Finalización del tramo. Conexión Terrassa Norte.



Yacimiento arqueológico en la zona dels Plans de Can Bogunyà.

La estructura proyectada consiste en un puente de 3 vanos de 18,15-18,15-18,15 m, con una longitud total de 54,45 m. La sección transversal tiene una anchura total de 20,00 m, correspondiendo 17,00 m a plataforma de rodadura y 0,50 m para pretil a un lado y 2,50 de acera-barreras en lado contrario.

El tablero consisten en una losa aligerada hormigonada contra el terreno, cimentada sobre pilas pilotes en su apoyos centrales y sobre pantallas de pilotes en sus extremos. Los pilotes centrales son de 1,00 m de diámetro, mientras que los estribos están formados por pantallas de pilotes de 1,25 m de diámetro.

Esta estructura permite el paso de la carretera C58 sobre la autovía orbital. Esta es una carretera con una gran densidad de tráfico. Esta gran cantidad de vehículos que circulan por esta carretera y la imposibilidad de realizar grandes desvíos de tráfico, como consecuencia del

poco espacio disponible en la zona, condiciona el procedimiento constructivo de la estructura.

El procedimiento constructivo de la estructura fue:

- Pequeño desvío del tráfico para poder ejecutar media estructura.
- Se construye media estructura completa. Se realizan las cimentaciones mediante pilotaje y posteriormente el tablero aligerado hormigonado contra el terreno.
- Se desvía el tráfico sobre la mitad del tablero ejecutado.
- Se realiza la otra mitad de la estructura con el mismo procedimiento constructivo que la otra mitad anterior.
- Se reestablece el tráfico ya sobre la estructura definitiva, pero apoyando todavía sobre el terreno existente.
- Se excava bajo la estructura para permitir el paso de la autovía bajo ésta y entrando, desde ese momento, la estructura en carga.



Vista de la cobertura de Can Trías y paso superior de la carretera C-58.

Cobertura de Can Trías

Estructura E2 (p.k. 0+250-0+859): Estructura de cobertura: tramo de 609 m de longitud y un gálibo de 34,50 x 5,30 m, a disponer en la actual Vaguada de Can Trías.

La estructura consiste en un tablero de hormigón armado aligerado, apoyado sobre una pantalla de pilotes anclada en su lateral derecho, y dos alineaciones de pilas-pilote en el eje y en el lateral izquierdo.

Los pilotes de la pantalla derecha tendrán anclajes situados entre pilotes y cada 1,55 m, realizados con tendones de 10 u 11 cordones de 0,6" de acero Y1860s7, tensados al 45% ó 60%, respectivamente del límite elástico, inclinados 15° (el tendón de 10 cordones) ó 30° (el tendón de 11 cordones), según el perfil del terreno. La losa de H.A será ejecutada "in situ" sobre el terreno, con un espesor de 1,15 m de canto, y estará fuertemente aligerada mediante aligeramientos cilíndricos de 0,85 m de diámetro. Esta losa tiene dos vanos y está empotrada en el extremo derecho de la pantalla de pilotes, de 1250 mm de diámetro (separados 1,55 m entre centros de pilotes), realizados, como se ha comentado con anterioridad, desde arriba previamente. En el centro, la losa está empotrada en pilas-pilote de 1 m de diámetro (separadas a 5 m), pilas-pilote que están situadas en la mediana y realizadas también desde arriba. En el lado iz-



Vista de la cobertura de Can Trías y cajón hincado bajo Renfe.

quierdo, la losa está empotrada a pilas-pilote de 1 m de diámetro, igualmente separadas 5 m.

El procedimiento constructivo consiste en, tras perfilar el terreno y haber ejecutado los pilotes desde arriba, verter una capa de hormigón de limpieza sobre la que se dispondrá un encofrado (fenólico o de papel Krup), para realizar la losa in "in situ" de hormigón armado. Una vez hormigonada la losa, se procederá a realizar la excavación –sólo la estrictamente necesaria– en dos fases: una primera dejando una banqueta hasta la cota donde deben realizarse los anclajes al terreno, y una segunda fase hasta la caja del firme de la autovía.

Esta estructura de cobertura se trata, desde el punto de vista de la seguridad vial y de emergencias, como un túnel. Por

ello, se disponen 3 salidas de emergencia en la zona de la pantalla de pilotes y se le incorporan a la estructura una serie de instalaciones para controlar y asegurar la seguridad en el interior de la estructura. Las instalaciones incorporadas se resumen en:

- Iluminación interior e iluminación de emergencia con sistema de SAI.
- Postes SOS en las salidas de emergencia con iluminación continuada y detectores de presencia y de puerta abierta y ventilación.
- Cable Listec, de detección de incendios.
- Semaforización exterior, barreras de

seguridad y cámaras de vigilancia en las bocas.

- Aforadores de tráfico.
- Caseta de centralización de instalaciones.
- Cámaras en el interior de la estructura de grabación continua.
- Aceras y caces de drenaje.
- Otras.

Cajón hincado bajo FF.CC.

Estructura E4 (p.k. 0+869-0+890). Estructura del ferrocarril. Cajón empujado: Su longitud es de 21 m y su gálibo es de 17,75 x 5,30 m por sentido de circulación, con pilas intermedias de 1,0 m de diámetro, realizándose mediante el sistema de cajón empujado.

Con el fin de posibilitar el cruce de vías con la seguridad e independencia que se requiere, se proyectó un paso in-

Accesos a Grandes Ciudades

ferior del ferrocarril que cruza a desnivel las dos vías existentes, comunicando ambas márgenes de la línea férrea. Se propuso esta solución por suponer un menor impacto visual y una mejor integración en el entorno.

En concreto, se trató de definir y calcular la obra de fábrica, consistente en una estructura de tipo marco bicelular, una longitud de 15,91 m (12,80 m en normal) en la losa superior, posición final; un esviaje respecto a las vías de 53,586°; un ancho libre para cada vano, de 17,725 m en normal; una altura libre de 9,66 m; un espesor de dintel de 1,40 m, con cartelas exteriores de 3,00 x 0,50 m e interiores de 1,50 x 0,50 m; un espesor de losa inferior de 1,60 m; pilas centrales de 1,00 m de diámetro, separadas cada 3,18 m entre ejes; y 1,60 m de espesor de alzados laterales.

El número de vías que se cruzan es de dos, con ancho ibérico (1,668 m) y una distancia entre eje de 3,808 m, siendo la velocidad máxima de paso por ellas de 220 km/h.

La estructura así definida se ejecutó en las proximidades de la posición definitiva, con todos los elementos auxiliares necesarios y lista para desplazar.

La estructura se compone de un marco bicelular con 17,725 m de luz libre en normal para cada vano acartelado; 9,66 m de altura libre; 15,91 m (12,80 en normal) de longitud, que forma un ángulo de 53,586° con la línea férrea; y tiene 1,40 m de espesor en dintel con cartelas exteriores de 3,00 x 0,50 m e interiores de 1,50 x 0,50 m; diámetro de las pilas centrales de 1,00 m, separadas cada 3,18 m entre ejes; 1,60 m de espesor en losa inferior, y espesores en alzados laterales de 1,60 m.

Paso inferior enlace glorietas Terrassa Oeste

Estructura E8 (p.k. 3+450). Estructuras (4) del enlace Terrassa Oeste: a cada lado de la glorieta se colocan dos estructuras de 2 x 28 = 56 m de longitud total, que salvan la calzada anular de la glorieta, y tienen una anchura de 11,5 m en cada calzada.

La estructura proyectada consiste en un puente cuádruple de vano doble de 28-28 m = 56 m de longitud total.

Cada tablero está formado por losa pre-



Interior de la cobertura de Can Tries.



Construcción del cajón hincado.



Empuje del cajón hincado.

tensada aligerada, de canto variable entre 1,10 y 1,60 m.

La sección transversal tiene una anchura de 11,50 m, distribuidos en 2 x 0,50 de barrera, más arcenes de 1,00 y 2,50 m, y 2 carriles de 3,50 m cada uno.

Se dispone un único fuste en forma de "Y" con sección en arranque rectangular de 1,50 x 1,00 m en pila y estribos cerra-

dos con cimentación directa en ambos casos.

Viaducto de Can Bogunyà

Estructura E11 (p.k. 4+625-4+751).

Viaducto en Can Bogunyà: Sirve para salvar la riera de Can Bogunyà. Su longitud total es de 126 m (vanos de 42-42-42 m) y su anchura total es de 13,5 m en cada sentido de circulación.



Cajón hincado finalizado.



Enlace de Terrassa Oeste.



Vista del enlace de Terrassa Oeste desde otra perspectiva.

El viaducto es una estructura doble que sirve para salvar la riera de Can Bogunyà. Por tratarse de una obra de paso de longitud superior a 100 m y estar prevista la ampliación de las calzadas de la autovía a tres carriles, se proyectan estructuras capaces de albergar la sección tipo una

vez ampliada, con un ancho de 13,5 m. Antes de la ampliación se dispone dentro de la plataforma útil de 12,5 m, una sección de: arcén 1,0 m + 2 carriles de 3,5 m + arcén 2,5 m = 10,5 m. La distribución de luces se ha determinado en función de dos condicionantes: por un lado, el vano

central debe salvar la línea de máxima avenida de la A.C.A (lo que se consigue con una luz de unos 42 m); y, por otro lado, deben obtenerse en los extremos alturas razonables de estribos. Todo ello ha llevado a plantear una longitud total de estructura de 126 m, con 3 vanos de 42 m. La sección transversal tiene una anchura de 13,50 m, distribuidos en 2 x 0,50 m de pretilos, más 2 x 1,00 m de arcones, y 3 carriles de 3,50 m cada uno.

Las pilas son de sección cajón aligerado con macizado en coronación de apoyo de los vanos. En los extremos se disponen estribos cerrados.

Se plantea una solución semi-prefabricada para el tablero, consistente en vigas de hormigón postensado (pretensado con armaduras postesas, con posterior inyección de vainas) prefabricadas en obra cuyo esquema estructural es inicialmente isostático. En una segunda fase, las vigas se conectan entre sí, mediante barras de pretensado que comprimen fuertemente sus diafragmas extremos, permitiendo la transmisión de momentos flectores y transformando un conjunto de vigas isostáticas en una viga con continuidad estructural. Además, sobre las vigas y monólicamente unida a ellas, se dispone una losa de hormigón armado continua en todo el puente. El esquema estructural del puente consiste, por lo tanto, en un tablero en viga continua de sección cajón unicelular, que se apoya, ejecutando una viga riostra, en sendos estribos (E-1 y E2) y en dos pilas verticales (P-1 y P-2). La posición de las pilas hace que el puente pueda considerarse simétrico en sentido longitudinal respecto al punto medio del vano central. El tablero está constituido por vigas prefabricadas en obra de sección cajón, de 2,00 m de canto, de hormigón pretensado con armaduras postesas adherentes, sobre las que se dispone una losa de hormigón armado ejecutada *in situ* y conectada a las vigas. El espesor de losa entre almas es constante de 40 cm, reduciéndose linealmente desde de almas hasta extremos de los voladizos a 20 cm.

La solución planteada se ejecuta plenamente en obra.

El procedimiento de montaje y ejecución del viaducto sería el siguiente:

a) *Ejecución de las vigas en el suelo:* Inicialmente, se debe de acondicionar la

Accesos a Grandes Ciudades

zona de trabajo para poder ejecutar las vigas. La superficie debe tener las dimensiones necesarias, así como una superficie de trabajo lisa y adecuada. Sobre ésta se ejecutarán unas riostras de nivelación sobre las que se apoyará el encofrado de las vigas. Sobre estas riostras se fabrican las vigas, se postesan y se desencofran. Posteriormente se le unen los jabalcones en las almas, para poder encofrar las alas, y se prepara el conjunto para ser izado.

b) *Montaje de vigas.* Se montan en primer lugar las vigas 1, 2 y 3. Las acciones a las que dan lugar el montaje de las vigas son las derivadas de su propio peso, considerando una densidad para el hormigón de $2,65 \text{ t/m}^3$, donde se incluye el



Construcción de las vigas del viaducto de Can Bogunyà.



Viga prefabricada en obra.

peso de los encofrados de losa, y el área correspondiente de la sección.

c) *Ejecución de los empalmes.* Se procede a realizar los empalmes de unión mediante barras entre las vigas que forman la estructura.

d) *Hormigonado de la losa en fase 1ª sobre pilas.* Se procede al hormigonado de la losa en fase 1. En 10,00 m a cada lado de las pilas 1 y 2 (10+10). El peso propio introducido será el que se obtiene de considerar la sección de la losa con una densidad de $2,5 \text{ t/m}^3$.

e) *Hormigonado de losa en fase 1b.* Se hormigona el resto de la losa en fase 1, en las zonas del tablero en la que esta aún no existía.

f) *Hormigonado de la losa en fase 2.* Se hormigonan los vuelos de la losa en todo



Detalle de los anclajes de las vigas.



Montaje de las vigas del viaducto de Can Bogunyà.

el tablero. Dado el carácter evolutivo de la solución propuesta, el análisis realizado de la estructura incluye un estudio relativo a las redistribuciones de esfuerzos que tienen lugar a lo largo del tiempo, propia de puentes prefabricados con continuidad estructural. Estas redistribuciones son debi-

das a los fenómenos de retracción y fluencia del hormigón y a la relajación del acero de pretensado, actuando sobre un tipo de estructura construida de forma marcadamente evolutiva, tanto en el esquema longitudinal, como en el sistema de vinculaciones y apoyos y en sección transversal.

A ello se une la existencia de materiales con comportamiento reológico distinto, como: hormigones de diferentes edades, unos prefabricados en obra y otros contruidos *in situ*; la existencia de armaduras pasivas y de pretensado, y otros fenómenos de carácter no lineal que tienen lugar en el hormigón.

Viaducto de la Riera de les Arenes

Estructura E12. Viaducto de la conexión final en Les Arenes: Sirve para salvar la riera de Les Arenes. Su longitud total es de 64 m (vanos de 19-26-19 m) y su anchura total es de 12,5 m, en cada sentido de circulación.

La estructura proyectada consiste en



Viaducto de Can Bogunyà finalizado.



Um
nám
isp
da
rt
a
nt
e
s

Longitud del tramo:

4,482 km

Longitud enlaces

(Viladecavalls, Terrassa

Oeste y Centro):

5,418 km

Velocidad: 120 km/h

Calzadas: 2 x 7,00 m.

Arcenes:

1,00 m int. y 2,50 m ext.

Radio mínimo en planta: 800 m.

Rampa máxima: 4,81%.

Pendiente mínima: 1,20%.

Estructuras

Cobertura de Can Tries: 609 m de longitud y 42 m de anchura.

Cajón hincado bajo línea C4 Renfe: 40 m de anchura y 12 000 t de peso.

Viaducto Can Bogunyà: Doble tablero semiprefabricado de 3 vanos de 42 m de luz.

Viaducto sobre la riera de Les Arenes: Doble tablero curvo de 3 vanos.

Paso inferior en el enlace de Terrassa Oeste: Tablero cuádruple de dos vanos de 28 m con canto variable, aligerado y postesado.

Paso inferior en la C-58. 1

Pasos superiores: 4

Pasos inferiores: 2

Terraplén: 992 388 m³

Desmonte: 1 533 678 m³

Hormigón: 64 857 m³

Acero pasivo: 8 451 763 kg

Acero activo: 192 642 kg

Longitud total de pilotes: 14 233 m

Mezclas bituminosas: 101 762 t

un viaducto doble, de 3 vanos de 19-26-19 m de luz cada uno, con un trazado en curva, resultando una longitud total de 64 m. Cada tablero está formado por losa pretensada maciza de canto variable con fondo y rasante parabólicas, para conseguir una estructura lo más baja posible en sus extremos, manteniendo siempre los galibos mínimos exigidos por el ACA sobre la avenida de cálculo

La sección transversal tiene una anchura de 12,50 m, distribuidos en 2 x 0,50 m de barrera más 2,00 m de acera, 1,00 m de arcén exterior, 0,50 m de arcén interior, y 2 carriles de 4,00 m cada uno.

Se diseñan pilas para el apoyo de los vanos en las que prima el aspecto estético y económico, con cimentación directa. En los extremos se disponen estribos cerrados, con cimentación directa en un extremo y cargaderos pilotados en el otro extremo. ■

F
i
c
h
a
T
é
c
n
i
c
a

Nombre de la Obra:

Autovía Orbital de Barcelona.
Tramo: Viladecavalls-Terrassa.

Promotor:

Sociedad Estatal de
Infraestructuras del Transporte
Terrestre (SEITT).

Empresa autora del proyecto:

Inypsa.

Dirección de Obra:

D. Aurelio San Pedro Wandelmer
ICCP, y
D. Tomás García Pomares, ICCP.

Empresa constructora:

Copcisa, S.A.

Jefe de obra:

D. Jorge Suárez, ICCP.

Empresa consultora y control de calidad:

Iberinsa.