

Anejo nº6

ESTUDIO DE SOLUCIONES ESTRUCTURALES Y CONSTRUCTIVAS

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL Y CONSTRUCTIVO DEL COLECTOR DE CARDENAL BENLLOCH-EDUARDO BOSCA (VALENCIA)

Autores:

HUESO CLIMENT, Guillermo

MOSCARDÓ CASTELLETS, Ignacio

PÉREZ GÓMEZ-FERRER, Alberto

REYES MARTÍNEZ, Carlos

Tutores:

MARCO SEGURA, Juan Bautista

MOYA SORIANO, Juan Francisco

Junio 2015

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

CURSO 2014/2015

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





1. OBJETO
2. CONDICIONANTES
3. ESTUDIO DE SOLUCIONES
 - 3.1. ALTERNATIVAS DEL TRAZADO DE LA EXCAVACIÓN
 - 3.2. ALTERNATIVAS DEL COLECTOR
 - 3.2.1. MARCO DE HORMIGÓN ARMADO IN SITU
 - 3.2.2. MARCO DE HORMIGÓN ARMADO PREFABRICADO
 - 3.3. ALTERNATIVAS DE LA ZANJA
 - 3.3.1. ENTIBACIÓN
 - 3.3.2. PANTALLAS DE HORMIGÓN
 - 3.3.3. TABLESTACADO METÁLICO
4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS SOLUCIONES
 - 4.1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN
 - 4.2. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS
5. CONCLUSIÓN



1. OBJETO

El objeto de este anejo es la realización de un estudio comparativo entre las distintas soluciones que se han planteado para la construcción del marco en Eduardo Boscà.

Dicho marco finaliza en el colector Norte-Cauce que discurre por debajo del antiguo cauce del río Turia. Para introducir las aguas pluviales en el colector principal, previamente se ha de disipar la energía que lleva el agua en una cámara de disipación de energía que se construirá al final del marco.

Esta cámara de disipación no necesita un estudio de soluciones. Las dimensiones de la cámara quedan determinadas por el cálculo hidráulico, la solera y los muros se realizarán in situ y la losa superior será una losa alveolar pretensada prefabricada. El método de contención de tierras será mediante tablestacado metálico. Y el vaciado se realizará mediante excavadora de neumáticos y una bomba autoaspirante eléctrica para agotar el agua freática que nos encontremos a partir de los 7 metros de excavación.

Por tanto en este anejo se estudiarán el sistema constructivo y de contención de tierras a realizar en la zanja donde se colocará el marco de hormigón. La idoneidad de construir el marco in situ o recurrir al prefabricado y por último se estudiarán también los distintos trazados en planta por los que realizar la obra.

La elección de un método u otro se valorará según diferentes criterios como el económico o el funcional. También se tendrá muy presente la optimización del tiempo de ejecución ya que se verán afectados distintos servicios de interés común.

2. CONDICIONANTES

Previamente al estudio de las alternativas se han de tener claros los condicionantes que nos limitan las diferentes soluciones.

Dentro de estos condicionantes se diferencian los técnicos de los económicos para la valoración del procedimiento de construcción y del tipo de marco a escoger. Se deja el socio-ambiental para definir el trazado en planta de la obra.

Técnicos:

- Limitación del espacio físico en la ejecución
- Capacidad hidráulica del colector

- Minimizar los servicios afectados

Económicos:

- Coste económico de las obras

Socio-ambientales:

- Impacto ambiental producido
- Prolongación en el tiempo de las obras

Ahora se analizará la zona de estudio a partir de los condicionantes mencionados anteriormente:

Dado que se pretende aumentar la zona de influencia del colector de aguas residuales y pluviales que transcurre por Cardenal Benlloch y Eduardo Boscà, el colector existente no nos permite trasegar el caudal final que se va a obtener de todos los barrios. Por tanto se debe construir uno nuevo. La sección final, después de los correspondientes estudios hidráulicos, ha sido un marco de hormigón de 3.5 x 2,5 metros de sección interior.

El marco, discurre por la calle de Eduardo Boscà, como lo hacía el anterior colector, hasta el antiguo cauce del río donde se encuentra con los correspondientes colectores de aguas blancas y negras. Por este motivo el trazado está limitado al ancho de dicha calle y se deberá realizar la construcción del marco de manera que el tráfico de la zona se vea afectado de la menor manera posible.

En cuanto al coste económico de la obra, este no es imperativo, dándole mayor importancia a la rapidez con la que se va a realizar la propia construcción. Tanto para liberar la ocupación de los carriles de tráfico que se deberán cortar, como para dar cuanto antes servicio a este nuevo colector.

Respecto a los condicionantes socio-ambientales, en concreto el impacto ambiental, tampoco tiene especial relevancia en este estudio ya que se trata de un colector subterráneo en pleno centro urbano, pero se tendrán en cuenta los árboles colindantes de la calle Eduardo Boscà a la hora de la construcción de la zanja. No obstante, como se ha mencionado anteriormente, hay que tener muy en cuenta el periodo de tiempo en el cual se van a realizar los trabajos de construcción, dándole la importancia que se merece en el apartado de evaluación de las alternativas, ya que al estar el localizado el colector en una vía principal de la ciudad de Valencia se van a ver afectados considerablemente tanto los vecinos de la zona, como los usuarios habituales de dicha vía.

3. ESTUDIO DE SOLUCIONES

Se analizarán cada una de las distintas alternativas que se han planteado para la construcción del colector. Las propuestas se centrarán en el tipo de marco de hormigón a utilizar y en los distintos procedimientos constructivos, pero se empezará por la elección del trazado por el que discurrirá el colector.

3.1. ALTERNATIVAS DEL TRAZADO DE LA EXCAVACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente el trazado del marco de hormigón armado está limitado al ancho de la calle Eduardo Boscà.

El anterior colector, discurre por la mediana de la calle y debe quedarse en funcionamiento durante todo el proceso constructivo del nuevo colector, dado que no se puede prescindir de su servicio. Este dato limita el trazado de la excavación a uno de los dos extremos de la calle ya que no se puede interferir con el colector antiguo.

La siguiente restricción la proporciona el trazado final del colector. Se trata de la rotonda existente entre el puente del Ángel Custodio y la Calle Eduardo Boscà. El final del colector, que es la obra de entrega al colector principal que discurre por los márgenes del antiguo cauce del río Turia, está situada al Sur de la rotonda. En consecuencia, para no tener que atravesar la rotonda durante la construcción del marco de hormigón armado, se decide que el trazado final del colector discorra por la parte este de Eduardo Boscà, debiendo cortar los carriles que van en dirección a Cardenal Benlloch durante el proceso constructivo.

3.2. ALTERNATIVAS DEL COLECTOR

Para el colector de hormigón armado se han planteado dos posibles soluciones. La primera realizar el colector de hormigón armado in situ hormigonando contra el sistema de contención de tierras que se utilizará en la zanja o dejando ese mismo sistema de contención como hastial del colector. Por otro lado se plantea la posibilidad de recurrir al prefabricado creando así un colector a base de módulos de 1,5 metros de longitud. A continuación se analizarán las dos posibilidades en mayor detalle.

3.2.1. Marco de hormigón armado in situ

La realización del marco de hormigón armado in situ sería la opción tradicional de realización del mismo. El marco de hormigón armado se realizaría sobre una capa de hormigón de limpieza en el que descansaría el armado de la losa inferior y las esperas para los hastiales. Esta losa sería lo primero en hormigonarse, a continuación se realizaría la ferralla y hormigonado de los hastiales dejando las esperas para la losa superior que sería lo último en ejecutarse.

El encofrado para contener el hormigón será de madera reutilizable con una sección transversal interior de 3,5 x 2,5 m y longitudinalmente se pondrían paneles de encofrado de 7,5 m de longitud, dejando unas juntas de hormigonado cada 7,5 m en los que se realizaría un berenjeno para controlar la fisuración. Las juntas de dilatación por tanto se realizarían cada dos puestas de dichos paneles quedando a una distancia de 15 m.

3.2.2. Marco de hormigón armado prefabricado

La opción del prefabricado surge gracias a su perfecta fiabilidad a la hora de cumplir los requisitos de resistencia y durabilidad que se necesitan para el marco estudiado en concreto, sabiendo que el cálculo realizado y el armado propuesto en el anejo de cálculos se va a respetar a la hora de construir los distintos módulos de los que se va a componer el colector.

La sección interior del marco de hormigón armado es de 3,5 x 2,5 metros, las empresas especializadas en este campo suministran marcos de hormigón prefabricado por encargo, escogiendo los parámetros del armado que se han calculado, para esa dimensión con una longitud de 1,5 metros.

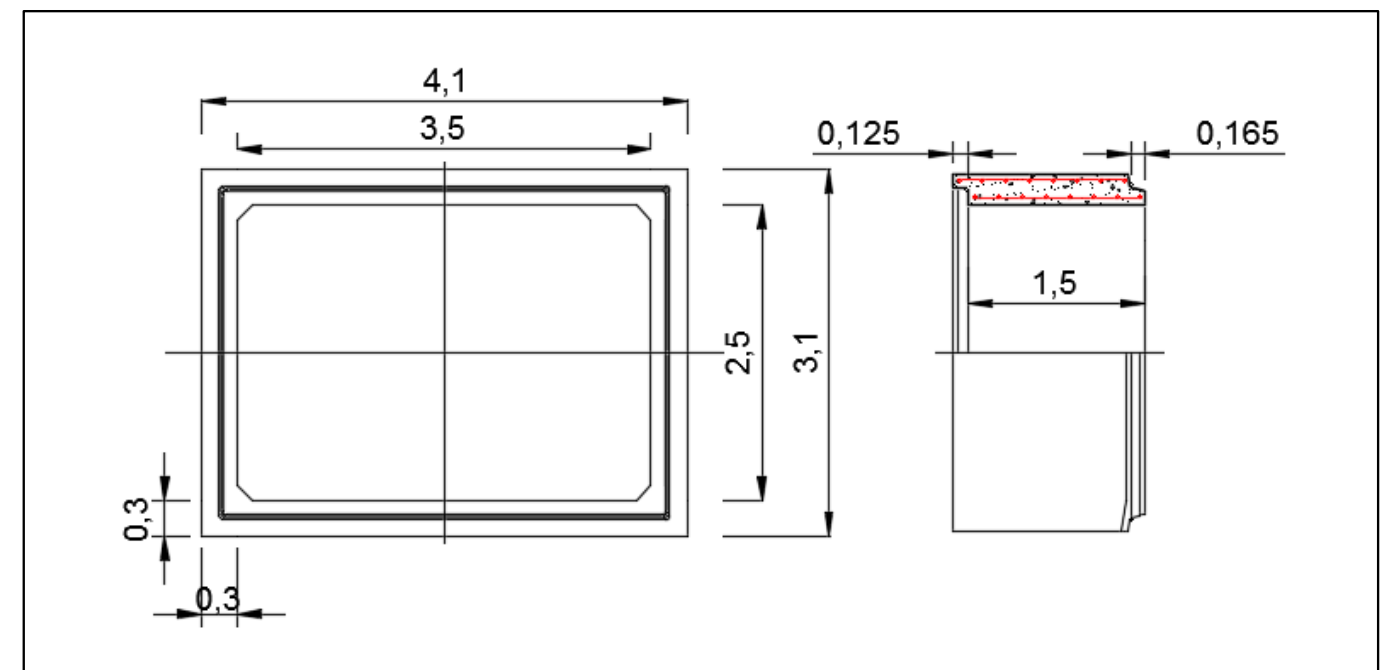


Figura 1. Vistas del marco prefabricado.

De esta manera se obtendría un colector formado por 307 módulos de prefabricado. Dichos módulos se acoplan entre sí mediante una junta tipo machihembrada que se deberá tratar para garantizar su estanqueidad, dado que al ser un colector va a estar permanentemente en contacto con agua.

El hecho de realizar el colector mediante tantos módulos de prefabricado implica un mayor número de juntas pero, que bien tratadas y acopladas con el sistema de machihembrado entre piezas no debe suponer ningún problema. La guía técnica que facilita la empresa explica que en el sellado de marcos de hormigón con junta machihembrada no se permite el uso de juntas de goma, se dispone de productos y soluciones especiales adaptadas al tipo de instalación y al entorno de trabajo tanto interior como exterior. Para este tipo de junta se recomiendan dos tipos de unión: rígida o elástica. Evaluando los catálogos para cada tipo, finalmente se escoge una unión elástica tipo 2, que se observa en la siguiente imagen. Ésta se compone de una combinación de un fondo de junta tipo “Masterflex fj” y un perfil hidroe expansivo “Masterflex” 630 2020.

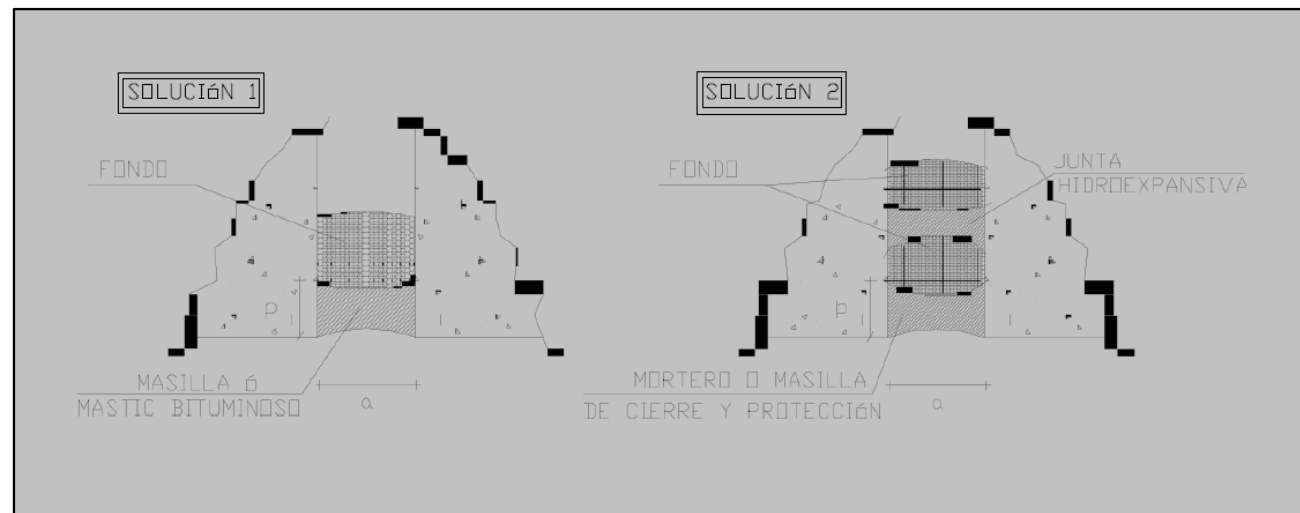


Figura 2. Tipos de juntas elásticas Guía Técnica.

En resumen la opción del prefabricado para la realización de la parte final del colector mediante módulos es perfectamente viable y una alternativa a tener en cuenta en el estudio de soluciones. Más adelante se compara con la solución de fabricación in situ y se escogerá según los criterios establecidos.

3.3. ALTERNATIVAS DE LA ZANJA

El estudio hidráulico, como se ha explicado en el apartado de las alternativas del trazado, proporciona el perfil longitudinal del colector y su trazado en planta. Esta información facilita las cotas de solera del marco de hormigón armado al comienzo de la calle Eduardo Boscà y la pendiente que posee.

Por tanto la profundidad a la cual discurre el marco en cada momento está definida. Dejando la geometría de la zanja a realizar, para construir el marco de hormigón armado, casi resuelta con pequeñas variaciones dependiendo de las distintas soluciones de excavación y contención de tierras que se expondrán a continuación.

Estas soluciones se han planteado a partir del conocimiento tanto del perfil longitudinal del marco, mencionado anteriormente, como de las características del terreno que facilita el estudio geotécnico de la zona.

3.3.1. Entibación

La posibilidad de entibación en una zanja tan profunda surge gracias a la existencia de los sistemas de entibación prefabricados, como los paneles deslizantes, que nos permiten mantener segura la zona de trabajo donde se va a colocar el marco de hormigón armado.

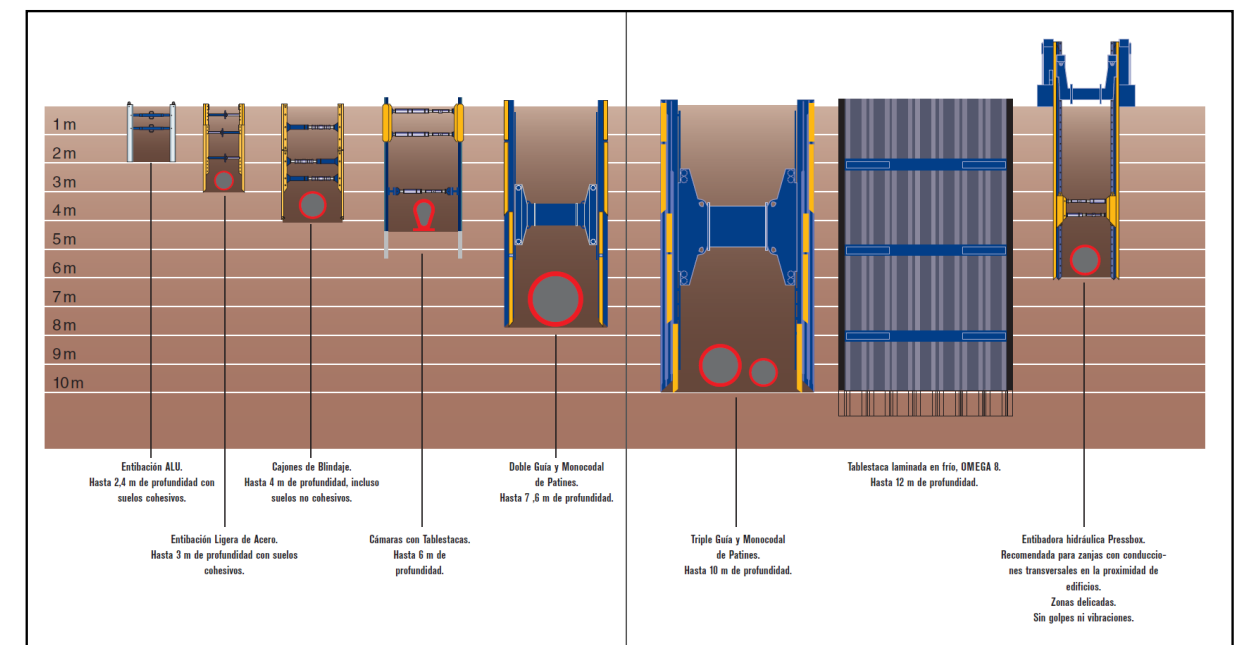


Figura 3. Sistemas de entibación.

Concretamente el “Monocodal de patines serie 750” garantiza unas profundidades de zanja de hasta 9 metros y una anchura máxima de 12 m, permitiendo la colocación de un marco de hasta 3.5 metros de altura en la cual estarían dispuestos los codales. Estos parámetros nos permitirían realizar el marco de 3.5 x 2.5 m de sección en su interior.

3.3.2. Pantallas de hormigón

Existen multitud de tipologías de ejecución de muros pantalla. Por las características de la obra, es de interés, una vez ejecutada la pantalla, obtener una superficie lo más despejada posible para poder ubicar el colector de la manera más cómoda y sencilla.

El modelo que más se ajusta a dichas necesidades es el muro pantalla en ménsula. El muro pantalla en ménsula permite obtener una superficie de trabajo completamente despejada al no precisar de



contrafuertes o puntales, ajustando al máximo las dimensiones de la excavación y sin interferir en cimentaciones próximas.

Antes de comenzar la ejecución de las pantallas, se deben realizar una serie de operaciones destinadas al acondicionamiento de la superficie de trabajo. Las plataformas de trabajo deben ser firmes, horizontales, estar despejadas y tener una anchura suficiente para la circulación y la adecuada ubicación de los equipos de trabajo. Además, se deben habilitar zonas apartadas para albergar las distintas operaciones previas a la obra, como el montaje de los equipos, fabricación y almacenamiento de lodos, acopio y montaje de las armaduras, talleres...

Los muros pantalla en ménsula permiten excavaciones de hasta 10 m. Puesto que la profundidad de la excavación es de 5.5-6 m, es perfectamente viable su ejecución. A esto hay que sumarle la distancia necesaria para asegurar el correcto hincado de la pantalla y su adecuado funcionamiento como ménsula. En estas pantallas, la profundidad habitual de hincado es dos veces la profundidad de la excavación.

La ejecución de la pantalla se realizará por bataches de 3 m, longitud correspondiente a la mordida de la cuchara bivalva. De este modo, para la ejecución del total de la pantalla será necesario realizar 154 unidades por cada lado. Como se trabaja en terreno de dureza media, no será necesaria la utilización de herramientas de corte auxiliares como hidrofresas o trépanos. Puesto que el terreno en el que se trabaja es un material no cohesivo, será necesaria la utilización de lodos para mantener la estabilidad de las paredes durante la excavación de los bataches.

Las propiedades básicas que debe cumplir el hormigón constituyente de las pantallas son:

- | | |
|-------------------------------|---------------------------|
| • Máxima relación a/c | 0.50 |
| • Contenido en finos | 400-450 kg/m ³ |
| • Contenido en arena fina | 20-30 % |
| • Contenido en arena gruesa | 15-20% |
| • Mínimo contenido de cemento | 325 kg/m ³ |
| • Resistencia mínima | 30 MPa |

Uno de los objetivos que se persiguen con la ejecución de las pantallas, es aprovecharlas como hastial del propio marco. Las pantallas en ménsula permiten obtener espesores de 0.3-1 m, siendo el elegido de 0.6 m. Sin embargo, el acabado de la pantalla no es limpio, de modo que será necesario emplear un revestimiento para obtener una superficie interior acorde con lo establecido en el cálculo hidráulico.

En cuanto a la tipología de la junta, se ha considerado como la más idónea la "junta de media luna". Es el tipo de junta más eficiente para profundidades medias. Al trabajar cerca de medianerías, el espacio

disponible es limitado. Las juntas de media luna no requieren gato extractor, por lo que la superficie necesaria es menor. Además, su ejecución requiere menos tiempo en comparación con otras juntas.

3.3.3. Tablestacado metálico

La alternativa del tablestacado metálico es una gran opción a tener en cuenta debido a la profundidad a la que se quiere llegar y a las características del terreno. Con este sistema la zanja quedaría tablestacada por los dos hastiales del marco, dejando toda la superficie entre ellas libre, para poder realizar con comodidad todas las operaciones de excavación y de construcción del colector.

En este caso se utilizarían tablestacas recuperables ya que el colector queda totalmente cubierto de tierra una vez construido y no necesitamos tener un sistema de contención permanente.

El perfil de la tablestaca sería metálico con una anchura de 700 mm y un espesor de 11.2 mm de espesor. Como la profundidad de la zanja varía entre 5.5 y 7 m se utilizaría una tablestaca de 11 m hincada en el terreno hasta la zona de arcillas y arenas. Como la profundidad a la cual se hinca la tablestaca es considerable se utilizará una unión entre perfiles de tipo machihembrado ya que ofrece una mayor resistencia frente a los esfuerzos y también una mejor estanqueidad, que interesa ya que se supera el nivel freático en la hinca.

Por último se debe hablar del sistema de hinca que es igual o más importante si cabe que la tablestaca metálica en sí. Estudiando los diferentes sistemas de hinca existentes:

- Vibración: Vibrohincadores
- Estática: Hinca a Presión
- Dinámica: Percusión o Impacto
 - Martillo Diesel
 - Martillos de Simple efecto
 - Martillos de Doble efecto
- Sistemas especiales mixtos

Se llega a la conclusión de que el vibrohincador es la mejor solución para hincar las tablestacas. Este sistema ofrece una hinca rápida sin generar grandes esfuerzos para introducir las tablestacas, tiene un sistema de extracción muy eficiente, que permite una fácil recuperación de las tablestacas ya que reduce la fricción de la superficie y quita la resistencia en punta. Por último y más importante, resulta válido para terrenos no cohesivos, como las gravas y arenas, y en cohesivos si están saturados, que es exactamente el ámbito de aplicación en toda la longitud del marco, convirtiendo este método en el más rápido y económico.



4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS SOLUCIONES

En este apartado se escoge una solución final para la construcción del tramo de colector. Se evaluarán las soluciones propuestas para la realización del marco de hormigón y las respectivas a la contención de tierras durante la realización de la zanja, mediante un sistema de evaluación multicriterio.

4.1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

A continuación se evalúan las diferentes alternativas desde 5 puntos de vista. El tiempo de ejecución, el coste económico, la seguridad que ofrece, la sostenibilidad de la idea y el impacto ambiental que produce. Para valorar las alternativas vamos a establecer unos pesos a estos criterios de evaluación. En este estudio se le dará prioridad al tiempo de ejecución de la obra por tanto le damos un peso del 50%, en segundo lugar vamos a dejar los aspectos económicos y de seguridad con un peso del 20% y por último dejaremos la sostenibilidad, entendida como la productividad de la solución con el paso del tiempo, y el impacto ambiental con un peso del 5%.

4.2. COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

	Marco in situ	Marco prefabricado	Entibación	Pantalla de hormigón	Tablestaca metálica
Tiempo de ejecución 50%	6	8	6	7	9
Economía 20%	8	7	7	7	6
Seguridad 20%	8	9	7	8	8
Sostenibilidad 5%	9	9	7	9	7
Impacto ambiental 5%	10	10	8	9	9
Total	7,15	8,15	6,55	7,4	8,1

Tabla 1. Comparación de las alternativas.

Como se observa, no existen grandes diferencias entre las soluciones, pero si las suficientes como para escoger la alternativa adecuada.

Finalmente el marco prefabricado se sobrepone al in situ gracias a que nos ofrece una mayor rapidez de puesta en obra, ya que el prefabricado reduce mucho los trabajos auxiliares y por este mismo motivo es más seguro trabajar con ellos.

Respecto a la contención de tierras en la realización de la zanja, la peor solución es la entibación ya que por la profundidad a la que se encuentra el fondo, aunque sea viable realizarla, es más engorroso y dificultará bastante los trabajos en comparación con las pantallas, que ofrecen trabajar a cielo abierto sin necesidad de uso de codales que entorpecen el paso. Entre los dos tipos de pantallas sale escogida la tablestaca metálica una vez más por la facilidad de su puesta en obra ya que la hinca del tablestacado metálico es mucho más rápido que la realización de pantallas de hormigón.

5. CONCLUSIÓN

El presente anejo se ha llevado a cabo para solventar las dudas existentes sobre las posibles soluciones que se podrían realizar para la construcción de la parte final del nuevo colector de Cardenal Benlloch-Eduardo Boscà, que es el marco de hormigón armado.

Después de analizar todas las opciones se ha llegado a la conclusión de realizar el marco de hormigón armado por la parte este de la calle Eduardo-Boscà, mediante módulos de hormigón armado prefabricado y la contención de tierras durante las operaciones de excavación de la zanja y de colocación de dicho marco, se realizará mediante tablestacado metálico.