



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



# Anejo nº 3 : Estudio de soluciones

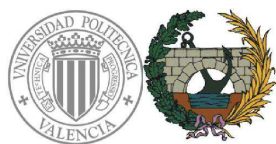
---

*Valencia, Julio de 2014*



**Enlace entre el peaje de la AP7 en Oropesa y la N-340:  
Predimensionamiento de estructuras**

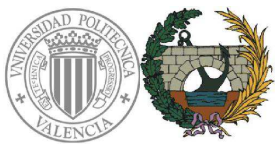
*Anejo nº3: Estudio de soluciones*



# **Enlace entre el peaje de la AP7 en Oropesa y la N-340: Predimensionamiento de estructuras**

*Anejo nº3: Estudio de soluciones*

<b>1-</b>	<b>OBJETO .....</b>	<b>4</b>
<b>2-</b>	<b>CONDICIONANTES .....</b>	<b>5</b>
2.1	NATURALES .....	5
2.1.1	Topografía .....	5
2.1.2	Naturaleza del suelo .....	5
2.1.3	Acciones naturales .....	6
2.1.4	Paisaje .....	6
2.1.5	Patrimonio cultural y arqueológico .....	7
2.2	FUNCIONALES .....	7
2.2.1	Trazado .....	7
2.2.2	Criterios de diseño .....	8
2.3	TÉCNICOS .....	8
2.3.1	Plazo de ejecución .....	8
2.3.2	Proceso constructivo .....	8
<b>3-</b>	<b>CRITERIOS DE VALORACIÓN .....</b>	<b>9</b>
3.1	ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN .....	9
3.2	CONSERVACION Y MANTENIMIENTO .....	10
3.3	ESTETICA .....	10
3.4	FUNCIONALIDAD .....	11
<b>4-</b>	<b>TABLERO .....</b>	<b>12</b>
4.1	ASPECTOS TÉCNICOS .....	12
4.1.1	Acero .....	12
4.1.2	Hormigón .....	13
4.2	ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS VIABLES .....	16
4.2.1	Un solo vano .....	16
4.2.2	Dos vanos .....	18
4.2.3	ALTERNATIVAS ANALIZADAS .....	20
4.3	CRITERIOS Y PARÁMETROS DE VALORACIÓN .....	20
4.3.1	Economía .....	20
4.3.2	Construcción .....	21
4.3.3	Comodidad .....	21
4.3.4	Conservación Y Mantenimiento .....	21
4.3.5	Estética .....	22
4.4	VALORACIÓN DE LAS DISTINTAS SOLUCIONES .....	23
4.4.1	Economía .....	23
4.5	ÁNÁLISIS MULTICRITERIO .....	24
<b>5-</b>	<b>ESTRIBOS .....</b>	<b>26</b>
5.1	INTRODUCCIÓN .....	26
5.2	POSIBLES ALTERNATIVAS VIABLES .....	26
6.2.1	Estribos cerrados .....	26



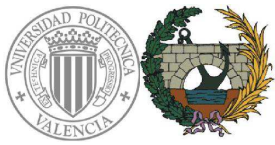
## **1- OBJETO**

El presente anejo tiene como objeto la exposición de las distintas soluciones viables para la resolución de la estructura sobre la N-340, así como la justificada elección de la solución que se considere más apropiada.

La nueva infraestructura debe salvar una luz de 40 metros sobre la N-340 en la localidad de Oropesa (Castellón).

Por tanto la solución buscada consistirá en un puente que resuelva dicha problemática de la manera lo más eficientemente posible. Para llegar a dicha solución emplearemos la siguiente metodología:

- Análisis de los datos naturales y otros condicionantes. En este paso se describen los condicionantes que principalmente influirán en la elección del ancho de plataforma y la posibilidad en la disposición de apoyos intermedios.
- Examen de varios criterios de valoración que nos permitirán facilitar el análisis de las distintas alternativas propuestas.
- Planteamiento de un máximo número de soluciones posibles. En este paso se determinan las tipologías de puentes y los esquemas resistentes que se adaptan mejor a nuestros condicionantes anteriormente descritos.
- Análisis multicriterio y valoración de cada alternativa aceptable que dé como respuesta la solución óptima a adoptar.



## **2- CONDICIONANTES**

### **2.1 NATURALES**

#### **2.1.1 Topografía**

Partiendo de la topografía inicial del terreno junto con la imposición de la rasante de la carretera del enlace se determinan los parámetros básicos de la obra.

La sección de la carretera a su paso por el puente consta de una calzada para cada sentido de circulación con un ancho total de 12m repartidos en dos carriles de circulación de 3,5m cada uno y dos arcenes exteriores de 1,9m cada uno.

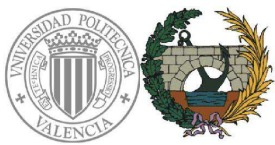
El trazado de la carretera en planta cruza la N-340, una carretera con dos carriles de circulación de 3.5m cada uno y dos arcenes exteriores de 2m cada uno. Además se deberá prever un espacio adicional al lado de cada carril de circulación para duplicar la N-340 en el futuro lo que supondría una longitud de 3.5m por carril, además de una mediana de 1.5m.

Un aspecto a considerar respecto a la topografía del terreno es que la zona que queda por debajo del puente no tiene ningún problema especial a la hora de poder ejecutar cualquier tipo de obra.

#### **2.1.2 Naturaleza del suelo**

Para el reconocimiento del subsuelo de la zona de proyecto se han utilizado calicatas y penetrometros.

En general las características del terreno del emplazamiento son bastante favorables y homogéneas.



En la zona de proyecto no se ha detectado nivel freático lo que indica que este será profundo.

### **2.1.3 Acciones naturales**

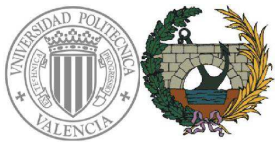
Este apartado se refiere a acciones naturales extraordinarias a las que queda sometida la estructura. Esto es cinemáticas y sísmicas.

- Climáticas: nieve y viento, el puente se encuentra en una zona climática normal, no son de prever valores extraordinarios de estas acciones.
- Efectos sísmicos: según la norma sismorresistente NCSP-07 la estructura se encuentra en la zona de mínima sismicidad con un valor de aceleración sísmica horizontal básica menor de  $0,04 \cdot g$ . Por lo tanto no será necesaria la consideración de las acciones sísmicas.

### **2.1.4 Paisaje**

El puente se encuentra en una zona sin interés paisajístico. Aunque la estética no va a ser el factor más determinante en la elección de la solución, la ejecución de la obra supone la incorporación de una nueva infraestructura en el entorno afectando negativamente a la calidad del paisaje.

En las inmediaciones de la obra no existe ningún Espacio Natural Protegido de los recogidos por la legislación, tanto por la Ley 4/1989, de 27 de Marzo, de Conservación de los espacios naturales protegidos y de la flora y la fauna silvestres, así como la ley 11/94, de 27 de Diciembre, de espacios naturales protegidos de la C.Valenciana, y que se corresponderían a parques naturales, parajes naturales, reservas naturales,



monumentos naturales, sitios de interés y paisajes protegidos. Tampoco se encuentra ningún espacio recogido en la red natura 2000 (ZEPAs, LICs).

### **2.1.5 Patrimonio cultural y arqueológico**

Sobre las incidencias respecto de la protección del patrimonio cultural y arqueológico podemos decir que:

No existe ningún elemento arqueológico inventariado susceptible de ser afectado en la realización de la obra.

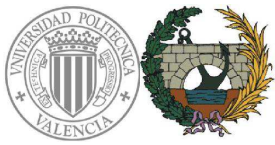
No existe ninguna vía pecuaria intersectada o que se vea afectada en las inmediaciones de la obra.

## **2.2 FUNCIONALES**

### **2.2.1 Trazado**

Consideramos como condicionantes de trazado todos aquellos, con incidencia sobre la obra de paso, que se derivan de la definición completa de la calzada que soporta y del obstáculo que debe salvar.

El puente a proyectar tiene que salvar la N-340. Tiene una longitud de 40m para los casos propuestos. La planta del puente será completamente recta. La intersección entre la planta del puente y la N-340 será con un ángulo de 90º.



### **2.2.2 Criterios de diseño**

Siguiendo el criterio de clasificación indicado en el apartado 2.1 de la instrucción de carreteras, la carretera proyectada se encuadra en la tipología denominada C-80, tratándose de una carretera convencional, interurbana, de calzada única, cuyas condiciones orográficas se corresponden a un relieve llano.

## **2.3 TÉCNICOS**

### **2.3.1 Plazo de ejecución**

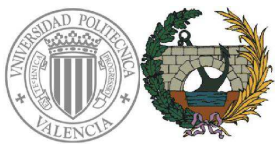
El plazo de ejecución de la obra no es limitado.

Se debe tener en cuenta que se debe evitar la afección al tráfico que circula por la N-340. Además cuanto más tiempo se alargue la obra más dinero se gastará.

### **2.3.2 Proceso constructivo**

Se estudiará como una solución interesante la prefabricación de los elementos del puente ya que así minimizaríamos la afección a la N-340.





## **3- CRITERIOS DE VALORACIÓN**

El principal criterio para la elección de las alternativas será el económico, tanto en la construcción como en el mantenimiento, pero no será el único ya que también debe atenderse a criterios técnicos y funcionales como la mínima afección al tráfico de la N-340, además de la seguridad y comodidad.

### **3.1 ECONOMÍA DE CONSTRUCCIÓN**

Las dos vertientes más habituales para concebir el puente que nos interesa son:

- Diseñar un puente sin alardes técnicos ni pretensiones estéticas exageradas, con la tipología más acorde al problema a resolver. Es el caso de puentes de vigas o puentes losa o en cajón, diseñados de modo que conformen una solución sencilla y eficiente.
- Realizar una obra singular. Yéndonos para ello a tipologías vanguardistas pero que comportan para ello menor economía de construcción, como los puentes arco o atirantados.

Debe tenerse en cuenta en todo momento que el puente que se está proyectando es para un puente de carretera fuera de áreas urbanas y que va a ser pagado por la administración con dinero público. Luego el criterio económico va a tener mucho peso y por esta razón van a ser preferibles soluciones sencillas.

Para valorar económicamente cada solución de puente se entenderá que el coste en el que se incurre es el precio global que incluye no solo los materiales y mano de obra directa sino también cimbras, equipos de elevación, juntas... Todos los costes que



genere hasta la puesta en servicio de la estructura se consideraran en el factor económico y tras ella en un factor de conservación. Otro factor relacionado con la economía será el que valore el plazo de ejecución necesario para poner en servicio la estructura y que por lo tanto se ve influido por la sencillez constructiva y de montaje.

En conclusión la economía es relativa a la tipología y esquema resistente del puente, al material con el que se construye y al proceso constructivo que se utiliza.

### **3.2 CONSERVACION Y MANTENIMIENTO**

Puede valorarse a partir de la durabilidad de los materiales constituyentes, de la facilidad para reparar posibles averías, vulnerabilidad de la estructura frente a agentes atmosféricos , etc...

Este es un aspecto al que no se le suele prestar atención y es importante porque se dedican muchos recursos a la conservación de las infraestructuras.

El criterio de coste económico y el de conservación y mantenimiento se podrían juntar en uno solo con el concepto de coste de ciclo de vida.

### **3.3 ESTETICA**

Se trata de un puente de carretera por lo que la estética no va a ser un factor dominante.

Se debe hacer hincapié en los correctos acabados de la estructura.



### **3.4 FUNCIONALIDAD**

Medir la funcionalidad, capacidad de cumplir la función para la cual fue diseñada de forma segura, es complicado ya que todas las alternativas viables cumplen los condicionantes funcionales y por lo tanto, se consideran igualmente seguras.

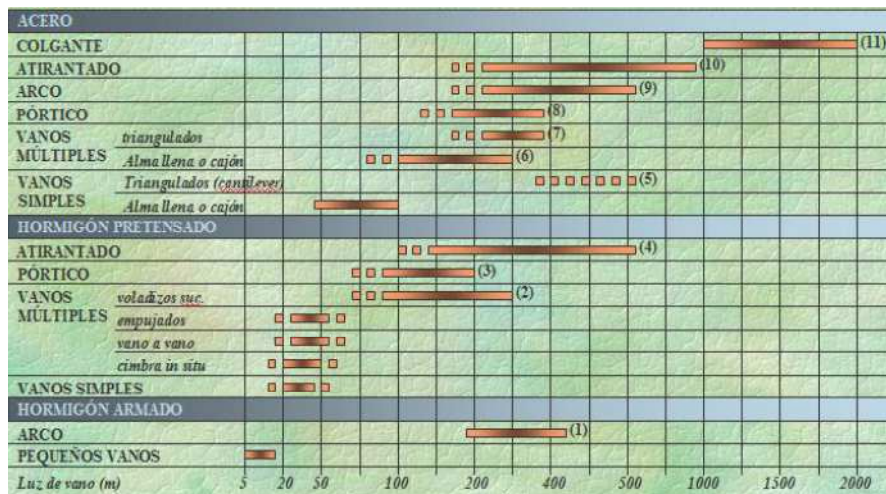
Una alternativa para medir la funcionalidad es que ofrezca mayor comodidad al paso de los usuarios y como el trazado del puente es común a todas las soluciones, la comodidad en la conducción se ve restringida a la presencia de juntas de dilatación, esto penalizaría a las estructuras de hormigón en detrimento a las de acero.

Sin embargo, este será el factor de menor peso a la hora de efectuar el análisis ya que la seguridad y comodidad está asegurada en todas las alternativas y la comodidad es un factor menos importante.

## 4- TABLERO

En este apartado se pretende plantear todas las tipologías de puente que puedan dar solución a la problemática explicada anteriormente.

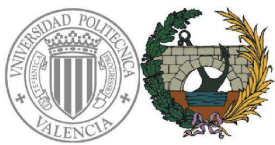
En la siguiente figura se puede ver un resumen de las luces recomendables para cada tipología. Realizaremos el estudio de soluciones para elegir el tablero que mejor se adapte ya que es el elemento que condiciona y determina en mayor medida las características de la obra. Después elegiremos los elementos de la subestructura más acordes a esta solución.



### 4.1 ASPECTOS TÉCNICOS

#### 4.1.1 Acero

Es un material que se emplea mucho en ingeniería civil, ya que puede ofrecer más posibilidades en la concepción de puentes que el hormigón. Es más caro pero también más ligero, ya que según la solución adoptada puede ser más viable que otro material. Los plazos de ejecución pueden ser reducidos por ejemplo con la utilización de elementos prefabricados. Pero otro inconveniente importante es el mantenimiento costoso que supone. Se utiliza en barras, hilos o torones como material en tirantes de puentes, o en chapas, perfiles, tubos para



constituir los puentes metálicos o mixtos, estos últimos conectados con el hormigón para constituir la estructura básica del puente.

#### **4.1.2 Hormigón**

Es el material más utilizado para superar este tipo de luz/luces a las que nos enfrentamos. Su coste es bastante bajo, y no necesita muchas operaciones de mantenimiento. El plazo de ejecución es generalmente más largo en comparación con las estructuras metálicas.

##### **Procesos Constructivos:**

##### **- El hormigonado mediante cimbra tradicional.**

Es el sistema de construcción con mayores posibilidades estéticas y de adaptación a las formas resistentes óptimas y a las exigencias del trazado: vigas, losas y pórticos con canto variable, plantas curvas, ancho variable. La supresión de juntas proporciona comodidad y reduce la degradación de la obra. Resulta una solución cara pero frecuente, aunque asumible en estructuras de longitud total moderada con algún vano de al menos 50 m y condiciones favorables de apoyo de la cimbra. Cada puente es prácticamente un prototipo.

Este proceso constructivo se adapta bastante a nuestra obra, por lo tanto lo seleccionamos para realizar el estudio de alternativas.

##### **- La construcción vano a vano.**

Es una solución frecuente en viaductos de luces moderadas y gran longitud al sintetizar las ventajas de la continuidad estructural, inherente a los puentes hormigonados in situ, con la fabricación industrializada del tablero. En este sistema el pretensado necesario en cada fase puede ajustarse al requerido en servicio, con el consiguiente



**Enlace entre el peaje de la AP7 en Oropesa y la N-340:  
Predimensionamiento de estructuras**

*Anejo nº3: Estudio de soluciones*

ahorro respecto a otras técnicas. Admite canto variable y prefabricación por dovelas, estas siempre celulares. Luces mayores requieren apoyos o atirantamiento provisionales.

Se descarta este proceso constructivo porque nuestro puente no tiene una gran longitud.

-Los tableros empujados

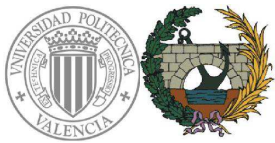
Son un sistema que requiere medios auxiliares de coste razonable y proporciona buenas calidades de ejecución al centralizar todas las operaciones en una zona restringida. Solución estructuralmente cara por las condiciones de sollicitación propias del empuje que requieren una sección en cajón con canto importante y constante ( $h/L \sim 1/10$ ).

Luces superiores a las óptimas ( $\sim 40$  m) requieren apoyos o atirantamiento provisionales. La principal limitación estriba en que la sección debe tener la suficiente rigidez para resistir las sollicitaciones derivadas del empuje. Por otro lado los elementos que emplea no suponen un coste elevado y centra las operaciones en una de las márgenes que debe quedar disponible.

Se descarta este proceso constructivo por no ser necesaria con los condicionantes de nuestra obra. Su empleo resultaría excesivamente caro.

-Los tableros contruidos mediante avance en voladizo.

Permiten abordar una amplia gama de luces (de 75 a 300 m), tanto en vanos simples compensados como en largos viaductos, sin necesidad de apoyar en el terreno y con medios auxiliares de coste moderado. Pueden aplicarse a estructuras hormigonadas in situ o prefabricadas por dovelas, con canto y curvatura variables o constantes. Para que esta práctica no suponga sobre coste es entonces necesario reducir los esfuerzos



## Enlace entre el peaje de la AP7 en Oropesa y la N-340: Predimensionamiento de estructuras

### *Anejo nº3: Estudio de soluciones*

durante el avance con algún dispositivo auxiliar (atirantamiento o estructura de suspensión provisional).

Sabiendo que nuestra distancia a salvar está en torno a los 70 metros, resulta una luz escasa para utilizar este proceso. Por lo tanto se descartara el empleo del mismo.

#### -La prefabricación

Supone reducciones de plazos y a menudo mayor calidad de los materiales empleados. En las soluciones de vigas prefabricadas de hormigón es decisión de proyecto recurrir a vigas de serie básica o diseñar y fabricar ex profeso para la obra, lo que obliga, para que sea económico, a que hayan muchas vigas iguales. Pero en aquellos casos, la economía de esta solución será enorme, tanto por la producción de las vigas (mayor economía cuantas más vigas haya) como por la puesta en obra. Además la afección a servicios o en nuestro caso a la N-340 es mínima.

Este proceso constructivo se adapta bastante a nuestra obra, sobre todo la prefabricación de serie básica. Por lo tanto, lo seleccionamos para realizar el estudio de alternativas.

#### Conclusión:

Para las soluciones de hormigón, el proceso constructivo a favorecer será mediante prefabricación, es la solución más económica, la que más rápidamente se construye, la que en general mejores acabados ofrece y la que menos afecta a la circulación por la N-340.



## 4.2 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS VIABLES

El análisis de las diferentes tipologías se realiza atendiendo a variables relacionadas con el tablero:

- Número de vanos / luces.
- Material utilizado en la superestructura/ Tipo de tablero.

### 4.2.1 Un solo vano

La longitud a salvar sería 40m. Las distintas posibilidades que se podrían plantear son:

#### **- Tramo simple de acero de vigas con alma llena.**

La primera opción requiere un gran canto de , lo cual penaliza la estética, y el cumplimiento del gálibo. Además está hecha de acero, que supone mayor coste de construcción y de mantenimiento. Por lo cual **no se considera una opción apta**. Esta se antoja a priori la única alternativa de estructura metálica que satisficiera los rangos de luces para ser viable.

#### **-Atirantado**

Normalmente este tipo de obras se reserva para grandes luces, entre 140 y 500m si son de hormigón y casi 1000m si son de acero. Además supone un aumento de su coste frente a cualquier otra solución, por lo tanto **descartamos esta alternativa**.





## Enlace entre el peaje de la AP7 en Oropesa y la N-340: Predimensionamiento de estructuras

*Anejo nº3: Estudio de soluciones*

### **-Arco**

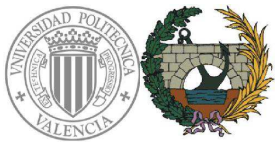
Este tipo de solución es óptima para salvar distancias entre 200 y 400m empleando como material el hormigón armado, y 200 y 500m para acero. Económicamente es costosa, y en cuanto a su valor estético podemos decir que es inferior a la de un atirantado. **Descartamos la alternativa.**

### **-Vigas**

Es una morfología con innegables ventajas (simplicidad y economía de medios). Es la solución más económica para puentes de un solo vano o viaductos con luces cortas (menores de 50m).

Cuanto al problema constructivo, cada uno de los elementos longitudinales puede realizarse por separado y colocarse entre estribos. Con ello es posible prescindir de cimbras costosas y de apoyar en el terreno al ejecutar el piso del tablero.

Se podrían plantear soluciones en hormigón y en acero aunque los costes de mantenimiento con éste último serían muy elevados **por lo que descartamos su elección.** Además debido a que la luz del puente es de 40m se **descartará la opción de vigas prefabricadas debido al gran canto que sería necesario.**



#### 4.2.2 Dos vanos

El puente se dividiría en dos vanos de igual longitud de 13m con la pila en el centro.

Las soluciones que podríamos adoptar para dos vanos serían:

##### -Tablero losa macizo de alas anchas de HP

El ámbito de luces que se cubre con estos puentes va desde los más pequeños hasta los 50 o 60 m de luz, aunque la zona de utilización normal suele oscilar alrededor de los 30 m. Cuanto al problema constructivo, la evidente sencillez geométrica de estas construcciones permite una ejecución in situ simple, luego económica si la longitud total es moderada.

Al presentar una distribución uniforme de rigidez a flexión, la losa maciza constituye la solución estructural menos eficiente para el diseño de la sección transversal de un puente, ya que omite las direcciones principales de flexión inducidas por la posición en planta de los apoyos. Este defecto puede atenuarse **aligerando** la sección transversal mediante alveolos circulares o rectangulares. Ambas disposiciones permiten abordar luces mayores al reducir el peso propio manteniendo la rigidez. Alternativamente, el rendimiento estructural puede mejorarse concentrando la rigidez de la sección.

El ancho del tablero se completa entonces mediante voladizos laterales. Al contrario de las losas de canto uniforme, las **losas con alas anchas** permiten una escasa deformabilidad del núcleo de la sección transversal y garantizan un buen comportamiento frente a cargas excéntricas. La elevada rigidez torsional permite un eficaz transporte de las mismas a lo largo del tablero y permite apoyos únicos y diseños de pilas más esbeltos. Además los tableros losa permiten la tipología de **canto variable**, que empieza a ser rentable para luces de 30-35 metros.



**Enlace entre el peaje de la AP7 en Oropesa y la N-340:  
Predimensionamiento de estructuras**

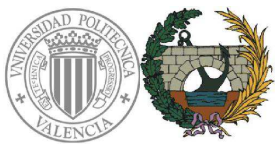
*Anejo nº3: Estudio de soluciones*

Las **losas macizas** se emplean normalmente para luces menores de 20m, con canto menor de 0,8 m y para luces menores de 25 m, con cantos menores a 1 m. Optamos por una sección transversal maciza y alas anchas. Las esbelteces del tablero suelen ser de 1/25 para un canto constante, 1/20 en apoyo y 1/40 en centro de vano para un canto variable.

**-Tablero de tramos simples de vigas prefabricadas doble T**

Se trata de un modelo isostático con tramos simples. De esta forma los vanos que conforman sus respectivos tramos son estructuralmente independientes, prestándose fácilmente a la prefabricación con la ventaja económica que ello conlleva.

Es la disposición más usual. Las vigas se apoyan sobre los pilares por medio de apoyos de neopreno y sobre ellas se hormigona el tablero. Las vigas suelen ser de canto constante, aunque las de canto variable implican un ahorro de material. Se necesita una junta de dilatación encima de las pilas lo que incomoda la conducción.



### 4.2.3 ALTERNATIVAS ANALIZADAS

- **Soluciones de dos vanos**

A1. Tablero losa macizo de alas anchas de HP.

A2. Tablero de vigas prefabricadas doble T

## 4.3 CRITERIOS Y PARÁMETROS DE VALORACIÓN

En este apartado describiremos los distintos criterios que nos permitirán valorar cada una de las alternativas planteadas. Cada uno de estos criterios tendrá un peso determinado, que será proporcional a la importancia que tenga cada uno en nuestro análisis.

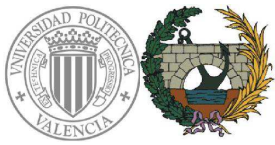
### 4.3.1 Economía

Este será el parámetro fundamental de nuestro análisis, ya que, sin duda alguna, la economía suele ser el elemento más importante en la elección de este tipo de estructuras.

En este parámetro se englobará el coste del tablero, las pilas y los alzados, ya que el resto de los elementos de las estructuras se consideran comunes a todas ellas.

La valoración de cada una de las alternativas se efectuará otorgando la máxima puntuación (10) a la alternativa más económica, siendo el resto de puntuaciones inversamente proporcionales a sus respectivos costes.

Al criterio **C1** le daremos un **peso de 0,5**.



#### 4.3.2 Construcción

Este criterio tendrá en cuenta el plazo de ejecución y los medios de construcción empleados. Los puentes de vigas prefabricadas tienen mayor facilidad constructiva, al emplear medios de construcción más sencillos, eliminan el empleo de cimbras, y acreditan, en la mayoría de las ocasiones, una mayor rapidez de construcción y una menor afección al tráfico.

Éste será el criterio **C2** con un **peso** de **0,15**.

#### 4.3.3 Comodidad

En este parámetro se avalúa la comodidad para el tráfico rodado, que se verá afectado por las juntas que se dispongan en el tablero.

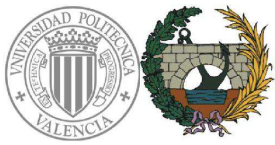
Así pues, este parámetro penalizará soluciones como la de vigas prefabricadas dado que se debería disponer juntas en cada línea de apoyos y estribos.

Asimismo, las soluciones de vigas prefabricadas son menos masivas que las soluciones continuas, por lo que las vibraciones serán más notables en esta tipología, por lo que se verán penalizadas.

Al criterio **C3** le daremos un **peso** de **0,10**.

#### 4.3.4 Conservación Y Mantenimiento

Este criterio tiene en cuenta la vida útil de la obra y el coste del mantenimiento de la misma. Cabe resaltar la importancia de minimizar los costes dado que se dedican muchos recursos a la conservación de las infraestructuras.



## Enlace entre el peaje de la AP7 en Oropesa y la N-340: Predimensionamiento de estructuras

### *Anejo nº3: Estudio de soluciones*

Es cierto que el mayor número de apoyos encarecerá su mantenimiento respecto de las soluciones de tramos continuos de hormigón y por lo tanto penalizaremos las soluciones con más pilas.

Consideramos que las juntas de dilatación por condiciones de estanqueidad y rodadura, entre vanos para las soluciones de vigas prefabricadas, son puntos débiles de la estructura. Por lo tanto penalizaremos las soluciones de vigas prefabricadas (tramos simples o semi-continuos) frente a las tipo losa (soluciones continuas).

Como dice el manual de la DGC: En cualquier caso se debe reducir al mínimo el número de las juntas de dilatación (ya sea optando por estructuras hiperestáticas, en el caso de las isostáticas de varios vanos, dando continuidad a la losa), ya que son siempre potenciales de paso del agua, y cuidar el proyecto, construcción y mantenimiento de las existentes.

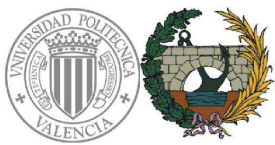
Al criterio **C4** le daremos un **peso de 0,15**.

#### **4.3.5 Estética**

Es un criterio que tiene una gran componente subjetiva. La estética, tiene que ver con el impacto visual que produce la obra, con los acabados y coloraciones uniformes del hormigón, con las impostas, con el tipo de diseño de las pilas, así como con la correcta evacuación del agua del tablero, sin que deje manchas y, sobre todo, con una buena integración del puente en el entorno.

En nuestro caso no es un criterio muy importante ya que se trata de un puente que no se encuentra en una zona urbana ni es de especial interés.

Al criterio **C5** le daremos un **peso de 0,10**.



## **4.4 VALORACIÓN DE LAS DISTINTAS SOLUCIONES**

### **4.4.1 Economía**

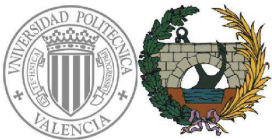
Se procede a realizar una estimación de los costes de diversas partes del puente de cara al análisis multicriterio

La valoración de cada una de las alternativas se efectuará otorgando la máxima puntuación (10) a la alternativa más económica y (0) a la alternativa más cara, siendo el resto de puntuaciones inversamente proporcionales a sus respectivos costes

Para realizar una comparación de la economía de cada solución, descompondremos la obra en unidades de obra principales, y multiplicamos su medición por el precio unitario de dicha unidad de obra. Para ello se han tomado valores orientativos de otros proyectos similares realizados a tal efecto. Hemos dividido la obra en tablero, pilas y estribos.

Suponemos que:

- Las pilas valdrán aproximadamente lo mismo para todas las soluciones. Así la diferencia entre una solución y otra será el número de pilas.
- El precio de los estribos será independiente de la solución adoptada, cogeremos para todas las soluciones la misma.
- El precio del tablero vamos a suponerlo igual para vigas prefabricadas aunque esto no es así exactamente y más o menos caro dependiendo de las luces y el canto para losas hormigonadas in situ



**Enlace entre el peaje de la AP7 en Oropesa y la N-340:  
Predimensionamiento de estructuras**

*Anejo nº3: Estudio de soluciones*

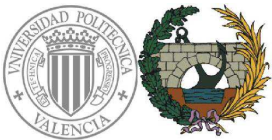
## 4.5 ANÁLISIS MULTICRITERIO

La metodología que hemos seguido para determinar la alternativa más recomendable es la siguiente:

- 1. Definir los criterios a tener en cuenta y ponderar cada factor asignándole un peso. Los criterios de valoración y los pesos son los definidos en el punto 4.4.

VANOS	TIPOLOGÍA		TABLERO		PILAS		ESTRIBOS		TOTAL	VAL
			m2	€/m2	Ud	€/Ud	Ud	€/ud	€	
2	TABLERO LOSA HP	LOSA MACIZA DE ALAS ANCHAS	440	310	2	30000	2	25000	246400	0
	VIGAS PREFABRICADAS	VIGAS PREFABRICADAS DE HP	440	190	2	35000	2	25000	203600	10,00





**Enlace entre el peaje de la AP7 en Oropesa y la N-340:  
Predimensionamiento de estructuras**

*Anejo nº3: Estudio de soluciones*

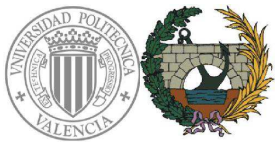
- 2. Analizar las alternativas, asignándoles una calificación para cada punto de vista xij.

ALTER	CRITERIOS				
	ECONOMÍA	COMODIDAD	CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO	ESTÉTICA	CONSTRUCCIÓN
<b>PESOS</b>	0,5	0,1	0,15	0,1	0,15
<u>A1</u>	0	8	8	8	6
<u>A2</u>	10	6	6	7	10
<b>Xjmax</b>	10	8	8	8	10

- 3. Calcular la matriz de valoración, cuyos elementos son los valores ponderados del factor pj para la alternativa xi.

ALTER	CRITERIOS					PUNTUACIÓN
	ECONOMÍA	COMODIDAD	CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO	ESTÉTICA	CONSTRUCCIÓN	
<u>A1</u>	0	0,1	0,15	0,1	0,09	0,44
<u>A2</u>	0,5	0,075	0,1125	0,0875	0,15	0,925

Consideramos como mejor alternativa la que ha obtenido mayor puntuación, en este caso es la alternativa A2. **Dos vanos con vigas prefabricadas de HP.**



## **5- ESTRIBOS**

### **5.1 INTRODUCCIÓN**

El estribo es un elemento muy importante en la configuración de cualquier puente, pues materializa la transición entre el tablero y los terraplenes de acceso al propio puente.

Entre todas sus funciones destaca la de constituir el apoyo final del tablero y, como tal, debe transmitir al terreno de cimentación las acciones verticales y horizontales que de aquel recibe. Al mismo tiempo, y como frontera entre estructura y terraplén, otra de sus misiones más importantes es la de contención de las tierras de este último, procurando que esta transición resulte lo más cómoda posible, desde el punto de vista del tráfico. Por tanto, son estas funciones las que determinan tanto su concepción como su comportamiento estructural.

### **5.2 POSIBLES ALTERNATIVAS VIABLES**

En el caso que nos ocupa sólo consideraremos como alternativa viable el estribo cerrado ya que tenemos espacio limitado y no cabrían estribos abiertos

#### **6.2.1 Estribos cerrados**

Los estribos cerrados consisten en un muro vertical que arranca de una zapata, y se corona en una zona horizontal donde apoya el tablero. La vinculación estructural que se establece entre el tablero y el estribo y, consecuentemente, buena parte de las acciones que aquel transmite a éste dependerán del tipo de apoyo que se utilice.

Dentro de los estribos cerrados podemos distinguir entre estribos cerrados con aletas en voladizo y estribos cerrados con muros en vuelta.