



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN E INGENIERÍA DE LA FABRICACIÓN
ÁREA DE MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS Y TEORÍA DE ESTRUCTURAS

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE UN ECODUCTO
SOBRE AUTOVÍA DEL DUERO (A-11 PK 321+600)**

AUTOR: ÁLVARO AMIEVA DE MIGUEL
TUTORA: MARTA GARCÍA DIÉGUEZ
COTUTOR: GUILLERMO ÁLVAREZ DÍAZ
JUNIO, 2024



MÁSTER DE
CAMINOS



Universidad de Oviedo
Universidá d'Oviéu
University of Oviedo

RESUMEN

1.- RESUMEN

La Red de Carreteras del Estado está integrada por las carreteras que facilitan la accesibilidad a todo el territorio nacional y por las que circulan los principales flujos de viajeros o mercancías y, en particular, por aquellas carreteras que forman parte de los principales itinerarios de tráfico internacional definidos en convenios o tratados suscritos por el Reino de España o derivados de la aplicación de la normativa de la Unión Europea.

La gestión de la Red de Carreteras del Estado es competencia del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible que la ejerce a través de la Dirección General de Carreteras (DGC).

Entre los cometidos de la DGC se encuentra la planificación y el desarrollo de la Red. En ese sentido, esa Dirección General ha aprobado y está construyendo el “PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN AUTOVÍA DEL DUERO A-11. TRAMO: QUINTANILLA DE ARRIBA (OESTE) – OLIVARES DEL DUERO” en la provincia de Valladolid. Este proyecto fue objeto del preceptivo expediente de Evaluación Ambiental y, como resultado de ella, se redactó la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) en la que se estableció la necesidad de construir un ecoducto o paso de fauna a la altura del punto kilométrico 321+600 que permitiera la conexión de las márgenes de la autovía para el tránsito de especies de fauna cinegética. El referido proyecto, incluye el citado ecoducto resuelto mediante losas de canto variable de hormigón postesado.

La Universidad de Oviedo a través de la Escuela Politécnica de Mieres imparte los estudios de Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Para la terminación de los estudios los alumnos deben realizar un Trabajo Fin de Máster (TFM). El TFM consiste en la realización, presentación y defensa de un proyecto original que quede englobado dentro de cualquiera de los campos que abarca la profesión de Ingeniería de Caminos, Canales y puertos. En dicho TFM deberán quedar sintetizadas las competencias adquiridas en las enseñanzas y propias de la titulación.

El presente documento titulado “Proyecto constructivo de un ecoducto sobre autovía del Duero (A-11 pk 321+600)” constituye el Trabajo Fin de Máster en los estudios de Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos del alumno Álvaro Amieva de Miguel presentado en el curso académico 2023-2024. En este TFM se desarrolla un proyecto alternativo para el ecoducto incluido en la autovía A-11 mediante vigas prefabricadas de hormigón pretensado que pretende mejorar los plazos de ejecución de la solución original permitiendo su construcción en el plazo original de obra establecido en 24 meses.

La estructura consiste en ocho puentes paralelos que cruzan la autovía en un tramo de desmontes de 30 metros de altura. Cada puente tiene una longitud total de unos 190 metros y una anchura en conjunta de 80 metros. Sobre la estructura se realizará un relleno de tierras que permita la revegetación para su integración con el entorno natural.

1.- ABSTRACT

The “Red de Carreteras del Estado” is made up of roads that facilitate accessibility to the entire national territory and on which the main flows of passengers or goods circulate and, in particular, those roads that form part of the main international traffic routes defined in agreements or treaties signed by the “Reino de España” or derived from the application of European Union regulations.

The management of the “Red de Carreteras del Estado” is the responsibility of the “Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible”, which is exercised through the “Dirección General de Carreteras” (DGC).

Among the tasks of the DGC is the planning and development of the Network. In this sense, this General Directorate has approved and is building the “PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN AUTOVÍA DEL DUERO A-11. TRAMO: QUINTANILLA DE ARRIBA (OESTE) – OLIVARES DEL DUERO” in the province of Valladolid. This project was the object of the mandatory Environmental Assessment file and, as a result, the “Declaración de Impacto Ambiental” (DIA) was drawn up, which established the need to build an ecoduct or wildlife crossing at kilometer point 321+600 that would allow the connection of the margins of the highway for the transit of wild species. The aforementioned project includes the ecoduct made of variable edge slabs of post-tensioned concrete.

The University of Oviedo, through the “Escuela Politécnica de Mieres”, offers the Master's Degree in Civil Engineering. In order to complete the studies, students must carry out a Master's Thesis (TFM). The TFM consists of the realization, presentation and defense of an original project that falls within any of the fields covered by the profession of Civil Engineering. The TFM must synthesize the competences acquired in the courses and specific to the degree.

This document entitled "Construction project for an ecoduct on the Duero highway (A-11 pk 321+600)" is the Master's Thesis in the Master's Degree in Civil Engineering of the student Álvaro Amieva de Miguel presented in the academic year 2023-2024. In this TFM an alternative project is developed for the eco-pipeline included in the A-11 highway using precast prestressed concrete beams that aims to improve the execution time of the original solution allowing its construction in the original construction period established in 24 months.

The structure consists of eight parallel bridges crossing the highway on a 30-meter-high cuttings section. Each bridge has a total length of about 190 meters and a total width of 80 meters. The structure will be filled with earth to allow revegetation for its integration with the natural environment.

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

DOCUMENTO Nº 1.- MEMORIA Y ANEJOS

1.1.- MEMORIA

1.2.- ANEJOS

ANEJO Nº 0.- ANTECEDENTES

ANEJO Nº 1.- CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

ANEJO Nº 2.- EFECTOS SÍSMICOS

ANEJO Nº 3.- ESTUDIO GEOTÉCNICO

ANEJO Nº 4.- CÁLCULOS ESTRUCTURALES

ANEJO Nº 5.- PLAN DE OBRAS

ANEJO Nº 6.- CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

ANEJO Nº 7.- JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

ANEJO Nº 8.- FÓRMULA DE REVISIÓN

ANEJO Nº 9.- VALORACIÓN DE ENSAYOS

ANEJO Nº 10.- ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

DOCUMENTO Nº 2.- PLANOS

2.1.- SITUACIÓN E ÍNDICE

2.1.1.- Índice

2.1.2.- Situación

2.2.- ESTRUCTURA

2.2.1.- Alzado y planta

2.2.2.- Secciones

2.2.3.- Replanteo

2.2.4.- Viga - definición geométrica

2.2.5.- Viga – armadura

2.2.6.- Tablero – Definición geométrica

2.2.7.- Tablero – Armadura

2.2.8.- Pilas 1 y 5 – Definición geométrica

2.2.9.- Pilas 1 y 5 – Armadura

2.2.10.- Pilas 2 a 4 – Definición geométrica

- 2.2.11.- Pilas 2 a 4 – Armadura
- 2.2.12.- Estribos – Definición geométrica
- 2.2.13.- Estribos – Armadura
- 2.2.14.- Despiece
- 2.2.15.- Apoyos
- 2.2.16.- Detalles
- 2.2.17.- Prueba de carga

DOCUMENTO Nº 3.- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

DOCUMENTO Nº 4.- PRESUPUESTO

4.1.- MEDICIONES

- 4.1.1.- Mediciones Auxiliares
- 4.1.2.- Mediciones Generales

4.2.- CUADROS DE PRECIOS

- 4.2.1.- Cuadro de Precios Nº1
- 4.2.2.- Cuadro de Precios Nº2

4.3.- PRESUPUESTOS

- 4.3.1.- Presupuestos Parciales
- 4.3.2.- Presupuestos Generales

DOCUMENTO Nº 5.- ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1.- MEMORIA

2.- PLANOS

- 5.0 Índice
- 5.1 Protecciones individuales
- 5.2 Protecciones colectivas
 - 5.2.1 Señalización general de la obra
 - 5.2.2 Protección en movimientos de tierras
 - 5.2.3 Protección en obras de fábrica
 - 5.2.4 Manipulación de cargas
- 5.3 Instalaciones de higiene y bienestar

3.- PLIEGO DE CONDICIONES

4.- PRESUPUESTOS

4.1.- MEDICIONES

4.1.1.- Mediciones Generales

4.2.- CUADROS DE PRECIOS

4.2.1.- Cuadro de Precios N°1

4.2.2.- Cuadro de Precios N°2

4.3.- PRESUPUESTOS

4.3.1.- Presupuestos Parciales

4.3.2.- Presupuestos Generales



Universidad de Oviedo
Universidá d'Oviéu
University of Oviedo

DOCUMENTO N° 1. MEMORIA



Universidad de Oviedo
Universidá d'Oviéu
University of Oviedo

1.1.- MEMORIA

Índice del documento

1.- DATOS PREVIOS.....	2
1.1.- ANTECEDENTES.....	2
1.2.- ANÁLISIS DE LOS ANTECEDENTES	5
2.- OBJETO Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
2.1.- SITUACIÓN ACTUAL	5
2.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
2.2.1.- Descripción general	6
2.2.2.- Cartografía y topografía	6
2.2.3.- Efectos sísmicos.....	7
2.2.4.- Geotecnia	7
2.2.5.- Estructura	10
2.2.6.- Plan de obra	11
2.2.7.- Clasificación del contratista.....	11
2.2.8.- Justificación de precios.....	11
2.2.9.- Presupuesto de inversión	11
2.2.10.- Fórmula de revisión de precios	12
2.2.11.- Valoración de ensayos	13
2.3.- JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	13
2.3.1.- Tipología estructural.....	13
3.- NORMATIVA UTILIZADA	15
4.- MEDICIONES DE LOS MATERIALES BÁSICOS	18
5.- DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO	18
6.- CONCLUSIONES.....	20

Índice de tablas

Tabla M 1. Rendimientos para la ejecución de estructuras del proyecto de ejecución original del ecoducto objeto de este trabajo.	14
Tabla M 2. Rendimientos y plazo de ejecución para el montaje y desmontaje de la cimbra pórtico.....	14

Índice de figuras

Figura M 1. Relleno de transición en obras de fábrica con altura de tierras inferior a 2,5 m	9
--	---

1.- DATOS PREVIOS

1.1.- ANTECEDENTES

Con fecha 8 de Mayo de 1997 se redacta la Orden de Estudio del Contrato de Clave EP-1-E- 115 “Estudio Previo del Corredor de la Carretera N-122 entre Valladolid y la Autopista A- 66”. Este Estudio Previo afecta a las provincias de Valladolid, Burgos, Soria y Zaragoza y fue finalizado en marzo del 2000.

En este estudio previo se estudiaron varios corredores, entre los que se incluye la solución Sur, que corresponde con la más próxima al cauce del río Duero, pasando por Peñafiel y siendo sensiblemente paralela a la carretera actual N-122.

Posteriormente, y para un análisis más detallado del corredor en septiembre de 1999, se redactaron las Ordenes de estudio de varios Estudios Informativos, entre los que se encuentra el que afecta a nuestro tramo en particular, de clave EI.1-E-135, que tiene por objeto el desarrollo en mayor detalle del tramo comprendido entre Valladolid y el Oeste de Aranda de Duero, situando su límite oriental aproximadamente en Castrillo de la Vega.

Durante la redacción del Estudio Informativo, y una vez analizado el Estudio Previo, se decidió ampliar el área de estudio, añadiendo nuevos corredores e incluso alternativas con el objeto de obtener aquellas alternativas que mejor cumplan con los objetos perseguidos en el Estudio Informativo.

Las consultas ambientales, fueron realizadas con el Estudio Previo. La Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental de la Secretaría General de Medio Ambiente del Ministerio de Medio Ambiente en oficio del 30 de agosto de 1999, indica que “El Servicio Territorial de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Castilla y León en Valladolid desaconseja los corredores sur que se aproximan a Peñafiel. Propone que se considere un corredor de conexión entre el corredor norte y el sur, que permita aproximar la autovía a Peñafiel para las alternativas que utilicen el corredor norte”.

Con fecha 4 de Diciembre de 2001, se mantuvo una reunión en la Subdirección General de Planificación de la Dirección General de Carreteras, donde teniendo en cuenta las actuales directrices de la Dirección General de Carreteras en cuanto a la redacción de Estudios Informativos, la Fase B del Estudio Informativo de clave E.I. – E-135, A-11. “Autoría del Duero. Carretera N-122, del Pk 278+500 al Pk 344+800. Tramo: Variante de Aranda de Duero (Oeste) – Valladolid”, debería incluir, en lo que respecta al trazado, los siguientes puntos:

- Estudio de Viabilidad de la “Alternativa Duplicación” de la actual carretera N-122.
- Estudio de Ancho de mediana (según prevé la Orden de Estudio) teniendo en cuenta el presupuesto final expresado en la propia Orden de Estudio.

El Estudio Informativo, incluyendo la alternativa mencionada fue redactado en febrero de 2002, siendo sometido a Información Pública el 15 de junio de 2002.

Con fecha 27 de mayo de 2002 se emite resolución por la que se aprueba provisionalmente el Estudio informativo EI.1-E-135 seleccionando como opción a desarrollar la Alternativa denominada sur-opción duplicación, publicando este extremo en el B.O.E nº 43 de 15 de junio de 2002 y sometiéndolo durante 30 días a Información Pública.

Como resultado de esta Información Pública, la Dirección General de Carreteras redacta un documento complementario donde se analiza para la alternativa norte-centro, diferentes variantes en la zona inicial (próxima a Tudela de Duero) y en la zona central (próxima a Peñafiel) a propuesta de la Junta de Castilla y León. Dicho documento fue aprobado provisionalmente el 26 de septiembre de 2003 y sometido al trámite de Información Pública con fecha 24 de octubre de 2003.

La Dirección General remite con fecha 5 de julio de 2004, el informe de alegaciones concluyendo la existencia de dos posturas preferentes:

- La alternativa recomendada en el Estudio Informativo (Sur Opción Duplicación).
- La alternativa recomendada en el Documento Complementario (Norte – Centro con sus variantes Inicial 1 y Central 2).

Con fecha 28 de marzo de 2006, la Dirección General de Carreteras remitió a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental el Estudio Informativo, el Estudio de Impacto Ambiental y el resultado de la Información Pública del mismo.

El Estudio Informativo de la “A-11. Autovía del Duero. Carretera N-122, del p.k. 278+500 al p.k. 344+800. Tramo: Variante de Aranda de Duero (Oeste) – Valladolid”, de Clave EI1- E-135, fue sometido al procedimiento reglado de Evaluación de Impacto Ambiental, y con fecha 2 de noviembre de 2006 se publicó en el Boletín Oficial del Estado la Resolución de la Secretaría para la Contaminación y el Cambio Climático por la que se formulaba la Declaración de Impacto Ambiental.

En dicha declaración, se considera que la alternativa medioambientalmente más favorable es la Alternativa Sur Opción Duplicación.

Con fecha 9 de julio de 2007 se aprobó provisionalmente el Estudio Informativo en lo referente al tramo entre Aranda de Duero y el oeste de Quintanilla de Arriba, seleccionándose la Alternativa Sur Opción Duplicación prevista en el Estudio Informativo original.

En cuanto al resto del trazado hasta Valladolid, dada la situación del expediente y el intenso debate social generado acerca de la solución óptima en el tramo Quintanilla de Arriba – Tudela de Duero, se ha procedido a analizar al menos una nueva alternativa (por el Norte) y compararla con la Alternativa Sur Opción Duplicación, para lo cual se deberá redactar un Anteproyecto para el tramo Quintanilla de Arriba (oeste) – Tudela de Duero. En concreto este Anteproyecto deberá analizar al menos la alternativa Norte Sur 2 del Estudio informativo, convenientemente modificada, y compararla más prolijamente con la Alternativa Sur Opción Duplicación.

El 29 de noviembre de 2007, la Dirección General de Carreteras autoriza la Orden de Estudio. Del Anteproyecto “Autovía A-11, del Duero. Tramo: Quintanilla de Arriba (Oeste) – Tudela de Duero”, de Clave AO-VA-14.

Con fecha 2 de marzo de 2009, la Dirección General de Carreteras acuerda la adjudicación definitiva a la UTE TECOPY, S.A – GETINSA., de la redacción del Anteproyecto de la Autovía del Duero. A-11. Tramo: Quintanilla de Arriba (Oeste) – Tudela de Duero”. CLAVE: AO-VA-14.

En mayo de 2009, se presentó ante la Dirección General de Carreteras de Madrid y la Demarcación de Carreteras de Valladolid, la fase A del presente estudio.

Ese mismo mes, se presentó un Documento Inicial, que sirve para el inicio de las Consultas Previas a distintos organismos que puedan verse implicados en el estudio.

En diciembre de 2009, se recibió la contestación a las consultas previas por parte del MMARyM, que viene recogida y analizada en el Estudio de Impacto Ambiental del Anteproyecto.

En resolución de fecha 21 de enero de 2010 desde la Dirección General de Carreteras, se modifican las órdenes de estudio de los proyectos de clave T2/12-CA-3900 y T2/12-VA-3910), y del anteproyecto de clave AO-VA-14, indicando la necesidad de modificar el punto de conexión entre el Anteproyecto: Quintanilla de Arriba – Tudela de Duero y el proyecto de Construcción L.P. Burgos – Quintanilla de Arriba, puesto que este último cuenta con solución definitivamente aprobada, y así no se condiciona el trazado inicial de tramo del Anteproyecto entre Quintanilla de Arriba y Tudela de Duero.

El inicio del trámite de información pública se publicó en el BOE número 107, de 3 de mayo de 2010. En octubre de 2010 tuvo entrada, en la entonces DG de Calidad y Evaluación Ambiental, el expediente de información pública.

En marzo de 2011, dicha Dirección General solicita información complementaria al promotor, que es entregada en julio de 2011.

El Anteproyecto AO-VA-14 concluyó seleccionando la Alternativa Duero Norte (que se corresponde con la Alternativa Norte Sur 2 del Estudio Informativo EI1-E-135 modificada), en lugar de la Alternativa Sur Duplicación que se tomó como base para autorizar los Proyectos de Trazado y Construcción del tramo Quintanilla de Arriba-Tudela de Duero.

El 15 de agosto de 2012 se publica en el BOE la Resolución de 17 de julio de 2012, por la que se formula la Declaración de Impacto Ambiental del anteproyecto Autovía A-11 del Duero, tramo Quintanilla de Arriba (Oeste) – Tudela de Duero.

Con fecha 26 de junio de 2013 se firmó la Modificación del Contrato para completar el desarrollo técnico-económico en Fase C de la opción aprobada por la DIA, en función de las indicaciones de dicha DIA, para asegurar su viabilidad previa al desarrollo de la Alternativa Duero Norte y dar por finalizados las actuaciones correspondientes a la Alternativa Sur Opción Duplicación.

Con posterioridad, el 28 de noviembre de 2013 se elaboraron nuevas Órdenes de Estudio para las redacciones del Proyecto de Trazado y Construcción de los tramos Olivares del Duero – Tudela de Duero y Quintanilla de Arriba (Oeste) – Olivares del Duero (objeto de este estudio).

Con fecha 23 de junio de 2016, la Secretaría de estado de Infraestructuras y Vivienda, del Ministerio de Fomento, resuelve la aprobación provisional del Proyecto de Trazado “Autovía A-11, del Duero. Tramo: Quintanilla de Arriba (Oeste) - Olivares de Duero”, y se ordena la iniciación del Expediente de Información Pública a efectos de Expropiaciones.

Con fecha 12 de julio de 2017, la Secretaría de estado de Infraestructuras y Vivienda, del Ministerio de Fomento, resuelve la aprobación del expediente de Información Pública y Definitivamente el Proyecto de Trazado “Autovía A-11, del Duero. Tramo: Quintanilla de Arriba (Oeste) - Olivares de Duero”.

1.2.- ANÁLISIS DE LOS ANTECEDENTES

En la Declaración de Impacto Ambiental (Resolución de 17 de julio de 2012, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, por la que se formula declaración de impacto ambiental del anteproyecto Autovía A-11, Autovía del Duero, tramo Quintanilla de Arriba (Oeste)-Tudela de Duero) se prescribe lo siguiente:

“b) Con objeto de disminuir la afeción sobre la geomorfología y el paisaje, y el efecto barrera sobre la fauna, se proyectará un túnel, excavado en mina o a cielo abierto, entre los pp.kk. 25+700-26+100, donde la altura de los desmontes alcanza los 30 m. Si el túnel no fuese técnicamente aconsejable por la inclinación de la rasante, tal como se indica en la información complementaria en respuesta a una alegación, se proyectará un ecoducto (paso superior para la fauna) con una anchura mínima de 80 m, con una estructura tipo bóveda u otra tipología utilizada para la construcción de puentes que permita restituir el relieve original del terreno sobre la misma, por lo que deberá poder soportar cargas asimétricas. Se diseñará en forma de diábolo y se revegetará preferentemente con árboles y arbustos similares a los existentes en el área afectada (encinar o carrascal con quejigos dispersos).”

2.- OBJETO Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1.- SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente se encuentran en ejecución las obras del “PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN AUTOVÍA DEL DUERO (A-11) TRAMO: QUINTANILLA DE ARRIBA (OESTE) – OLIVARES DE DUERO. PROVINCIA DE VALLADOLID” de fecha septiembre de 2018. En dicho documento se proyecta el ecoducto objeto de este Trabajo Fin de Máster mediante ocho (8) estructuras paralelas de 190 m de longitud dividida en seis (6) vanos de 20,00 + 35,00 + 40,00 + 40,00 + 35,00 + 20,00 m de luz y 10,12 m de ancho cada una. Las estructuras se diseñan separadas por una junta longitudinal de 2 cm y sin conexión estructural entre ellas, pero permitiendo el tránsito en sentido transversal entre ellas de forma continua.

El tablero de cada una de las ocho estructuras se resuelve mediante una losa de hormigón postesado de canto variable hormigonada “in situ”. El tablero se diseña para ser ejecutado en dos fases en sentido longitudinal y mediante cimbras porticadas.

Esta solución presenta un gran inconveniente en cuanto a plazos de ejecución se refiere, pues la necesidad de montar y desmontar la cimbra para cada uno de los tableros en dos ocasiones puede llegar a imponer grandes retrasos a las obras de construcción de la autovía o grandes costes en caso de ampliar el número de cimbras utilizadas simultáneamente.

2.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.2.1.- Descripción general

La estructura que se diseña en el presente Trabajo Fin de Máster constituye una solución alternativa al proyecto original del ecoducto sobre la A-11 que no requiere la utilización de cimbras para su construcción.

La estructura se propone mediante ocho (8) tableros de vigas pretensadas prefabricadas doble T de 1,80 m de canto. La longitud total de cada estructura será de 190,80 metros y se divide en seis (6) vanos isostáticos de igual longitud para aprovechar las ventajas de la estandarización en la prefabricación. La sección transversal de cada tablero tiene un ancho total de 10,08 metros y está compuesta por seis (6) vigas unidas por una losa de hormigón armado.

Las vigas se apoyan sobre el dintel que corona una pila de fuste simple de sección rectangular de 4,00 x 2,00 metros de hormigón armado. La altura de las pilas varía entre los 14,53 metros de la pila 1 y los 29,34 metros de la pila 3. La cimentación de las pilas se realiza mediante zapatas de 10,00 x 12,00 metros de superficie y 2,00 metros de canto.

Los estribos se diseñan de tipo cerrado de hormigón armado con aletas. Tienen una altura variable entre 1,21 y 2,42 metros y se cimentan mediante zapatas de 0,60 metros de canto.

Sobre la estructura se extenderá una capa de tierras de 45 cm de espesor que permita revegetar el paso. Se han rediseñado las pendientes transversales de los tableros para mejorar las condiciones de drenaje de estos. Se proponen con bombeo del 2,00% utilizando como eje el centro de la sección transversal formada por los ocho tableros. Además, se incluye una red de tubos drenes transversales y longitudinales para tratar de eliminar las aguas que se filtren hacia el relleno de la manera más rápida posible.

2.2.2.- Cartografía y topografía

La cartografía empleada en el presente Trabajo Fin de Máster es la que sirvió de base para la redacción del proyecto de construcción de la Autovía del Duero A-11. Tramo: Quintanilla De Arriba (Oeste) – Tudela De Duero.

Para generar esa cartografía el trabajo se ha desarrollado de acuerdo con las siguientes fases:

- Vuelo Fotogramétrico.
- Sistema de Referencia.
 - Apoyo de campo.
 - Aerotriangulación.
 - Actualización de cartografía.

Los trabajos se entregan en el sistema de referencia ETRS89 en la proyección U.T.M, en su huso 30; quedando enlazados en altimetría a la Red de Nivelación de Alta Precisión (R.N.A.P.).

2.2.3.- Efectos sísmicos

La Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes" NCSP-07 (RD 637/2007 de 18 de mayo, publicada en el BOE de 2 de junio de 2007) proporciona los criterios que se han de seguir dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción y reforma de edificaciones y obras a las que les es aplicable de acuerdo con los dispuesto en la citada Norma. Ésta establece que no es de obligada aplicación cuando la aceleración sísmica básica (a_b) sea inferior a $0,04g$, siendo g la aceleración de la gravedad.

De acuerdo con la citada norma, en el municipio afectado por este proyecto, la aceleración básica es inferior a $0,04 g$, a la vista de lo cual, en el presente Proyecto no es necesario considerar el efecto de las acciones sísmicas ni adoptar las reglas de diseño y prescripciones constructivas propias de zonas sísmicas.

2.2.4.- Geotecnia

Como norma general, en los emplazamientos donde se proyecte una cimentación directa mediante zapatas, deben tomarse las siguientes precauciones:

- Es importante no realizar la excavación hasta el nivel final de cimentación, hasta el momento en el que vaya a procederse al hormigonado, debido a la degradación que sufren los materiales limosos y arcillosos al exponerlos a la atmósfera. En el caso de que sean de temer retrasos entre la fase de excavación y de hormigonado, debe dejarse al menos $0.5 m$ de material sin excavar por encima del nivel de cimentación, el cual será retirado posteriormente. El hormigonado debe llevarse a cabo tan rápido como sea posible, debiéndose proteger el fondo de la excavación mediante una capa de hormigón de regularización y tapando posteriormente la excavación efectuada.
- En caso de que se observase afluencia de agua hacia la excavación de las zapatas, no se bombeará ésta desde el interior de las excavaciones, debiendo disponerse pozos exteriormente a las mismas, desde los que se efectuará el achique necesario.
- Las cimentaciones alcanzarán una profundidad de al menos $1,5 m$ bajo la superficie del terreno y, en caso de quedar situadas en zonas afectadas por excavaciones, $1,5 m$ bajo la superficie final de excavación.
- Las zapatas que queden situadas sobre, o, próximas a taludes, deberán cumplir, salvo especificación al respecto, las siguientes condiciones:
 - o Su punto más cercano al talud y el pie del mismo, formarán una línea de pendiente inferior a 20° , encontrándose al menos a $1,5m$ de profundidad respecto de la superficie final excavada.
 - o La distancia horizontal entre la cimentación y la superficie del talud será de al menos el ancho de la zapata y como mínimo $3m$.

- En los emplazamientos en los que las cimentaciones queden situadas en trincheras de profundidad superior a 8 m, debe controlarse mediante nivelación, el posible entumecimiento del terreno debido a la descompresión. El Ingeniero Director decidirá, a la vista de estas medidas, el momento en el que puede procederse a dar continuidad a las estructuras.

La cimentación de los durmientes sobre terraplenes de acceso a estructuras, deberá cumplir, salvo especificación al respecto, las siguientes condiciones:

- Su punto más cercano al talud y el pie del mismo, formarán una línea de pendiente inferior a 2,5H:1V, encontrándose al menos a 1m de profundidad respecto de la superficie final del relleno en el frontal del estribo.
- La distancia horizontal entre la cimentación y la superficie del talud será de al menos el ancho de la zapata y como mínimo 3m.
- En estas condiciones se dimensionarán considerando una tensión admisible de 2 Kp/cm².
- Una vez ejecutado el durmiente se repondrá el relleno con material de las mismas características definidas anteriormente, dejando un espacio libre bajo el tablero no superior a 1,5m.
- El terraplén compactado existente por debajo del plano de cimentación del durmiente debe tener una altura superior a la mitad de la anchura del durmiente, más 1,0m. En caso contrario se deberá plantear una sustitución del cimiento del cuerpo del terraplén.

Debe plantearse efectuar trabajos de reconocimiento complementarios en fase de obra, en los emplazamientos de las cimentaciones en los que no se han podido realizar los trabajos de reconocimiento. En cualquier caso, no se deberá comenzar la construcción de las cimentaciones hasta finalizar la ejecución de las investigaciones geotécnicas complementarias, y la verificación del estudio geotécnico de cimentación. Por tanto, se deberá analizar la campaña con los ensayos de laboratorio correspondientes, y en base al análisis, se deberá confirmar la validez de las cimentaciones y las hipótesis adoptadas en el Proyecto, modificando las mismas en caso necesario.

En los terraplenes de acceso a los estribos de las estructuras y pequeñas obras de fábrica se dispondrán cuñas de transición destinadas a conseguir una transición gradual en la deformabilidad entre la estructura y el relleno. Deberán presentar las siguientes características:

- Las cuñas de transición tendrán una dimensión, en dirección transversal al estribo, mínima de diez metros (10m) desde el trasdós de la obra de fábrica. Caso de existir losa de transición, dicha longitud mínima habrá de ser además de al menos 2 veces la dimensión de dicha losa en la referida dirección longitudinal. La transición entre el relleno localizado y el relleno normal, en dirección longitudinal de la calzada soportada, tendrá una inclinación máxima de 1V:2H.
- El relleno de las cuñas de transición estará constituido por material de características no inferiores a las de suelo adecuado siempre que su CBR (UNE 103 502) correspondiente a las condiciones de compactación sea superior a 20 en el caso de trasdós de obra de fábrica. Este material de relleno será compactado como mínimo a la densidad óptima correspondiente al 100% del Próctor Modificado en coronación y al 95% en el resto de las zonas. El espesor de las tongadas después de la compactación no será superior a veinticinco centímetros (25 cm). Así

mismo, pueden utilizarse materiales tratados con cemento u hormigón pobre. En su selección se tendrán en cuenta las dificultades de compactación en las proximidades de obras de fábrica.

- En el caso de estribos de puente y en el tramo adyacente de transición del terraplén, se recomienda que la calidad del relleno sea tal que se alcance como mínimo un módulo de deformación vertical en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa (Ev2) de 500 kp/cm². En este ensayo de carga sobre placa, la relación, K, entre el módulo de deformación obtenido en el segundo ciclo de carga, Ev2, y el módulo de deformación obtenido en el primer ciclo de carga, Ev1, no será superior a 2,2.
- El espesor de tongada no será superior a 25cm.

En puentes y cajones someros (éstos últimos con altura de tierras entre la obra de fábrica y la coronación, Htierras, inferior a 2,5m), el relleno localizado se realizará con transición inversa, es decir, colocando el relleno localizado sobre el relleno normal del terraplén. Se dispondrán losas de transición en todas estas estructuras.

Para obras de fábrica que no cumplan esa condición (altura de tierras sobre la obra de fábrica, Htierras, superior a 2,5m) la transición se realizará colocando el relleno normal sobre el relleno localizado.

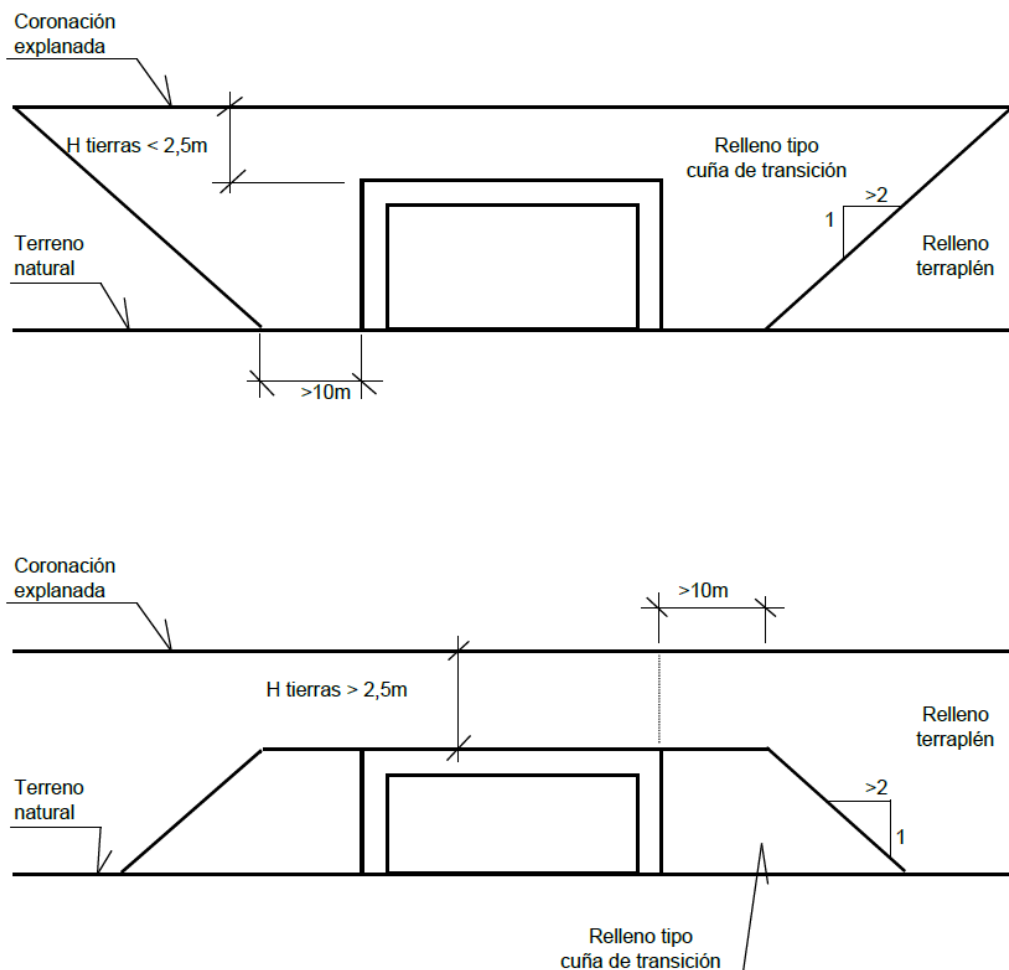


Figura M 1. Relleno de transición en obras de fábrica con altura de tierras inferior a 2,5 m

La cimentación de la estructura se realizará mediante cimentaciones superficiales en todos sus apoyos con las siguientes consideraciones:

- Para las tres pilas centrales de la estructura, cuyos apoyos se situarán en el fondo de excavación de la trinchera del desmonte, se plantean cimentaciones directas mediante zapatas, situadas al menos a 3,0 m de profundidad respecto del fondo de excavación en materiales de la formación Tcu1 con valores de NSPT superiores a 20 golpes. Considerando las condiciones descritas, se puede admitir para las zapatas una presión de hundimiento de 1037 KN/m², considerando inclinaciones de la resultante inferiores a 5°. Se deberán cumplir en cualquier caso las recomendaciones geométricas propuestas en la introducción de la presente memoria para cimentaciones situadas en las proximidades de un desmonte.
- Para las pilas laterales de la estructura, cuyos apoyos se situarán a media ladera del desmonte, se plantean cimentaciones directas mediante zapatas, situadas al menos a 3,0 m de profundidad respecto de la superficie de excavación en materiales de la formación Tcu2. Considerando las condiciones descritas, se puede admitir para las zapatas una presión de hundimiento de 732 KN/m², considerando inclinaciones de la resultante inferiores a 5°. Se deberán cumplir en cualquier caso las recomendaciones geométricas propuestas en la introducción de la presente memoria para cimentaciones situadas en las proximidades de un desmonte.
- Para los estribos, situados en la coronación de la trinchera, se plantean cimentaciones directas mediante zapatas, empotrados al menos 2,0 m de profundidad en los materiales de la formación TP1, dimensionando las zapatas con una presión de hundimiento de 713 KN/m², considerando inclinaciones de la resultante inferiores a 10°. Se deberán cumplir en cualquier caso las recomendaciones geométricas propuestas en la introducción de la presente memoria para cimentaciones situadas en las proximidades de un desmonte.

2.2.5.- Estructura

En el proyecto del tramo Quintanilla de Arriba (Oeste) - Olivares del Duero de la autovía A-11 es necesario realizar 14 estructuras para mantener la permeabilidad territorial reponiendo los distintos caminos y carreteras afectados. Las estructuras se dividen en cinco pasos superiores, seis pasos inferiores, un ecoducto y dos viaductos. En este proyecto se detalla la solución adoptada para el ecoducto situado en el p.k. 321+600 para el trabajo fin de Máster del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Oviedo impartido en la Escuela Politécnica de Mieres del alumno Álvaro Amieva de Miguel para el curso académico 2023-2024.

La autovía en la zona del p.k. 5+490 (según los PP.KK. de proyecto) discurre en un gran desmonte de 30 m de altura. Por necesidades medioambientales se debe respetar una plataforma de 80 m de ancho que permita la continuidad entre ambas márgenes de la autovía.

Para resolver este cruce se plantea un conjunto de ocho estructuras paralelas sin conexión estructural de 10,08 m de ancho. Cada estructura tiene seis vanos con luces iguales de 31,82 m y una longitud total de 190,80m. Se resuelven con un tablero de seis vigas doble

T de hormigón prefabricado de 1,80 m de canto conectadas mediante una losa de hormigón de 0,25 m de espesor.

Las pilas son fustes aislados bajo cada tablero de sección rectangular de 5,00x2,00 m. Cada fuste va coronado por un capitel de 9,98 m de ancho y un canto variable entre 1,00 m en el extremo de los voladizos y 2,00 m en la zona de apoyo sobre el fuste. La cimentación es directa mediante zapatas.

Los estribos se plantean del tipo cerrado de hormigón armado. La cimentación es directa mediante zapatas.

2.2.6.- Plan de obra

En el Anejo nº 5 se presenta un plan de obra indicativo para la ejecución de las obras en un plazo de DIECINUEVE (19) MESES, en el que se han representado las actividades principales, su duración y su incidencia en el presupuesto, con lo cual se obtiene una distribución mensual de la inversión a lo largo de la duración de la obra.

2.2.7.- Clasificación del contratista

De acuerdo con el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (RGLCAP), aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre; la Ley 25/2013, de 27 de diciembre, de impulso de la factura electrónica y creación del registro contable de facturas en el sector público; y el Real Decreto 773/2015, de 28 de agosto, por el que se modifican determinados preceptos del RGLCAP, la clasificación del contratista será la siguiente:

Grupo B. Subgrupo 3. De hormigón pretensado. Categoría 6.

2.2.8.- Justificación de precios

En el Anejo nº 7 a la Memoria se incluye la justificación de los precios del Proyecto.

Los precios utilizados en el presente proyecto son los establecidos en la Base de Precios de Referencia de la Dirección General de Carreteras.

Para aquellas unidades de obra no incluidas en la Base de Precios de referencia se han elaborado los precios correspondientes siguiendo los mismos criterios que en la mencionada Base.

2.2.9.- Presupuesto de inversión

En el Documento Nº 4.- Presupuesto, figuran las mediciones de todas las unidades de obra

que intervienen en el Proyecto.

Aplicando a las citadas mediciones los correspondientes precios que figuran en los Cuadros de Precios, se obtiene un Presupuesto de Ejecución Material de: QUINCE MILLONES QUINIENTOS TRECE MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS CON SIETE CÉNTIMOS (15.513.645,07 €).

Incrementada la suma del Presupuesto de Ejecución Material de las Obras en un 13% de Gastos Generales y un 6% de Beneficio Industrial, de acuerdo con la legislación vigente, se obtiene un Presupuesto Base de Licitación (sin IVA) de: DIECIOCHO MILLONES CUATROCIENTOS SESENTA Y UN MIL- DOSCIENTOS TREINTA Y SIETE EUROS CON SESENTA Y TRES CÉNTIMOS (18.461.237,63 €).

Considerando el Presupuesto Base de Licitación (sin IVA) obtenido anteriormente e incrementado en el 21% correspondiente al Impuesto sobre el Valor Añadido según Real Decreto-Ley 20/2012, de 13 de julio, se obtiene un Presupuesto Base de Licitación (IVA incluido) de: VEINTIÚN MILLONES SETECIENTOS DIECINUEVE MIL CIENTO TRES EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS (21.719.103,09 €).

2.2.10.- Fórmula de revisión de precios

La determinación de la fórmula óptima de Revisión de Precios aplicable al presente proyecto se ha llevado a cabo teniendo en cuenta el Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre, por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las Administraciones Públicas.

Se establece la fórmula relativa a: 1. OBRAS DE CARRETERA. Fórmula 111. Estructuras de hormigón armado y pretensado.

$$Kt = 0,01At /A0 + 0,05Bt /B0 + 0,12Ct /C0 /+ 0,09Et /E0 + 0,01Ft /F0 + 0,01Mt /M0 + 0,03Pt /P0 + 0,01Qt /Q0 + 0,08Rt /R0 + 0,23St /S0 + 0,01Tt /T0 + 0,35$$

No obstante, la procedencia o no de la revisión de precios será establecida por el órgano de contratación en el correspondiente expediente de licitación de las obras, de acuerdo con lo previsto en el artículo 103 "Procedencia y límites" del CAPÍTULO II "Revisión de precios en los contratos de las entidades del Sector Público" y en el artículo 121 "Pliegos de cláusulas administrativas generales" de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014.

2.2.11.- Valoración de ensayos

El importe total de los ensayos de autocontrol asciende a la cantidad de (203.880,56 €) DOSCIENTOS TRES MIL OCHOCIENTOS OCHENTA EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

El importe total de los ensayos de contraste asciende a la cantidad de (43.490,55 €) CUARENTA Y TRES MIL CUATROCIENTOS NOVENTA EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

De acuerdo con la Cláusula 38 del P.C.A.G., aprobado por Decreto 3.854/1970, de 31 de diciembre, únicamente se han de comparar con el 1% del P.E.M. la valoración de los ensayos de contraste, ya que los de autocontrol son por cuenta del propio contratista. En el caso de que se llegase a superar este porcentaje, ese exceso debe figurar en el Presupuesto para Conocimiento de la Administración. En este caso, en concreto, el importe de los ensayos de contraste no llega a superar el 1% del P.E.M.

2.3.- JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

2.3.1.- Tipología estructural

El "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOVÍA DEL DUERO (A-11). TRAMO: QUINTANILLA DE ARRIBA (OESTE) – OLIVARES DE DUERO. PROVINCIA DE VALLADOLID" redactado en septiembre de 2018 y aprobado por la Dirección General de Carreteras donde está incluido el ecoducto original objeto de este Trabajo fin de Máster resuelve la estructura objeto de este Trabajo Fin de Máster mediante ocho tableros tipo losa de canto variable de hormigón postesado colocados en paralelo para conformar el ancho total de 80 metros necesario y sin conexión estructural entre ellos.

En el referido proyecto se realiza un análisis de los plazos de ejecución de la obra a partir del cual determina un plazo total de 24 meses para la construcción del tramo de autovía proyectado. El análisis de plazos de ejecución de las estructuras se realiza de forma conjunta para el total de mediciones de todas las estructuras del tramo indicando que se van a construir simultáneamente todas las estructuras que comprende la obra, por lo que la duración del capítulo no va a ser la suma de todas las estructuras. En el referido análisis, no se realiza un estudio de la unidad de obra de cimbra pórtico necesaria para la construcción del ecoducto (ver Tabla M 1) arrojando una duración total de las obras de 20,2 meses para todas las estructuras del tramo.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que es necesario ejecutar 8 tableros en un único emplazamiento. No parece posible, ni razonable, movilizar 8 cimbras iguales para la construcción de los respectivos tableros. Lo deseable sería aprovechar la misma cimbra para la construcción del mayor número de ellos diluyendo su coste de amortización lo máximo posible. A priori, se podría considerar razonable contar con dos cimbras pensando en tener una siempre en uso y otra en preparación para la siguiente fase. Realizando un análisis con estas premisas, se puede ver en la tabla M 2 que el plazo total de ejecución de los ocho tableros requiere 26 meses. A este plazo habría que sumar el tiempo de

ejecución de la subestructura y de las unidades de obra requeridas para la finalización completa de la obra.

ESTRUCTURAS

Equipo que marca la producción	Rendimientos				
	Excavaciones (m³/h)	Relleno (Mat. Excavación) (m³/h)	Encofrados (m²/h)	Acero (kg/h)	Hormigón (m³/h)
Retroexcavadora	59,88				
Motoniveladora					
Cargadora		43,67			
Bomba hormigonado					45,45
Oficial			4,00	333,33	
Medición	62.279,00	39.652,00	155.904,00	12.324.129,00	96.067,00
Horas utilizadas	1.040,06	908,03	38.976,00	36.972,39	2.113,47
Coefficiente de días trabajables	0,55	0,55	0,58	0,66	0,58
Tiempo en meses	7,88	6,88	280,00	234,00	15,18
Nº equipos	9	9	27	36	9
Tiempo final (meses)	0,88	0,76	10,37	6,50	1,69
Tiempo final (días)	26	23	311	195	51
Tiempo final adoptado	meses	20,20			
	días	606			

Tabla M 1. Rendimientos para la ejecución de estructuras del proyecto de ejecución original del ecoducto objeto de este trabajo.

Habida cuenta de que solo el plazo de ejecución de los tableros ya excede el plazo total de 24 meses para el tramo de autovía a ejecutar, parece que se podría buscar otros métodos constructivos que permitiesen cumplir el plazo proyectado. En ese sentido, la solución de tableros de vigas doble T prefabricadas de hormigón pretensado, como se ha estudiado en el anejo Nº 5 de esta memoria, se puede construir completamente en 19 meses, lo que deja un margen de 5 meses para la construcción de la explanada que habrá de estar lista antes del comienzo de los trabajos de construcción del ecoducto.

Tableros losa

Equipo que marca la producción	Cimbra (m²/h)	Encofrados (m²/h)	Acero pasivo (Kg/h)	Acero activo (Kg/h)	Hormigón (m³/h)
Oficial	5,00	4,00	333,33	166,67	
Bomba hormigonado					59,88
Medición	15.200,00	1.797,28	1.363.814,68	523.582,75	10.708,23
Horas utilizadas	3.040,00	449,32	4.091,48	3.141,50	178,83
Coefficiente de días trabajables	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Tiempo en meses	21,84	3,23	29,39	22,57	1,28
Nº equipos	2	4	4	4	1
Tiempo final (meses)	10,92	0,81	7,35	5,64	1,28
Tiempo final (días)	328	24	220	169	39
Tiempo final adoptado	meses	26			
	días	780			

Tabla M 2. Rendimientos y plazo de ejecución para el montaje y desmontaje de la cimbra pórtico.

Además del estudio de plazos expuesto anteriormente, también se ha realizado una comparación económica de ambas soluciones. El presupuesto de ejecución material de la solución propuesta en este Trabajo Fin de Máster asciende a la cantidad de QUINCE MILLONES QUINIENTOS TRECE MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS CON SIETE CÉNTIMOS (15.513.645,07 €). Si bien es cierto que el coste definido en el proyecto original es inferior, si se actualizan los precios de ese proyecto del año 2018 a la base de precios del año 2023 utilizada en el presente trabajo, el presupuesto de ejecución material de la solución original ascendería a la cantidad de DIECISIETE MILLONES DOSCIENTOS DIECIOCHO MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS (17.218.451,38 €). De haberse proyectado en origen la solución propuesta en este trabajo, esta hubiese permitido cumplir el plazo de construcción del tramo de autovía a un coste incluso inferior al inicialmente previsto.

3.- NORMATIVA UTILIZADA

Los Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales, Instrucciones, Reglamentos y documentos generales de carácter legal que se regirán en la ejecución de las obras son:

- Orden de 28 de Septiembre de 1989 sobre Modificación de determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes.
- Orden FOM 475/2002 de 13 de febrero, por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes relativos a Hormigones y Aceros.
- Orden FOM 1382/2002 de 16 de mayo por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes relativos a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones.
- Orden FOM 3818/2007, de 10 de diciembre, por la que se dictan instrucciones complementarias para la utilización de elementos auxiliares de obra en la construcción de puentes de carretera.
- Orden FOM 2523/2014 de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.
- Decreto 3854/70, de 31 de diciembre, por el que se aprueba el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado.
- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Real Decreto 817/2009, de 8 de mayo, por el que se desarrolla parcialmente la Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público.
- Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre, por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las Administraciones Públicas.

- Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014.
- Orden Circular 31/2012, de 12 de diciembre de 2012, sobre propuesta y fijación de fórmulas polinómicas de revisión de precios en los proyectos de obras de la Dirección General de Carreteras.
- Real Decreto 773/2015, de 28 de agosto, por el que se modifican determinados preceptos del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre.
- Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de Carreteras (BOE DEL 30/9/2015).
- Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras (BOE del 23).
- Guía de cimentaciones en obras de carreteras. Dirección General de Carreteras, Diciembre de 2009.
- Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carreteras. Dirección General de Carreteras, 1999.
- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSR-02).
- Orden Circular 11/2002, de 27 de noviembre, sobre criterios a tener en cuenta en el Proyecto y Construcción de Puentes con Elementos Prefabricados de Hormigón Estructural.
- Real Decreto 637/2007, de 18 de mayo, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07).
- Orden FOM 3818/2007, de 10 de diciembre, por la que se dictan instrucciones complementarias para la utilización de elementos auxiliares de obra en la construcción de puentes de carretera (BOE del 27 de diciembre de 2007).
- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- EN 1990. Bases del diseño estructural. 2002
- EN 1990 Anexo A2. Bases del diseño estructural. Aplicación para puentes. 2002
- EN 1991-1-1. Acciones en estructuras. Pesos específicos, pesos propios y sobrecargas de uso en edificios. 2002
- EN 1991-1-3. Acciones en estructuras. Nieve. 2003
- EN 1991-1-4. Acciones en estructuras. Viento. 2005
- EN 1991-1-5. Acciones en estructuras. Temperatura. 2003
- EN 1991-1-6. Acciones en estructuras. Construcción. 2005
- EN 1991-1-7. Acciones en estructuras. Acciones accidentales. 2006
- EN 1991-2. Acciones en estructuras. Cargas de tráfico en puentes. 2003

- EN 1992-1-1. Diseño de estructuras de hormigón. Diseño general de hormigón. 2004
- EN 1998-1. Diseño de estructuras para resistencia a terremotos. Terremoto, reglas generales. 2004
- EN 1998-2. Diseño de estructuras para resistencia a terremotos. Puentes. 2005
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre de Evaluación Ambiental.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Ley 31/95 de Prevención de riesgos Laborales. Modificaciones por Ley 50/98 de 30 de diciembre, Ley 39/99 de 5 de noviembre, Real Decreto Legislativo 5/00 de 4 de agosto, Ley 54/03 de 12 de diciembre y Ley 30/05 de 29 de diciembre.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Orden FOM 3317/2012, de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento.
- Orden Circular 4/2023 sobre procedimiento para la justificación de precios en la D.G.C. y base de precios de apoyo.
- Instrucción para la elaboración de Proyectos.
- Instrucciones I.C. de la Dirección General de Carreteras.
- Normas UNE (AENOR 2003).
- Normas NLT (Normas técnicas del CEDEX).
- Normas NTE (Normas Tecnológicas de Edificación).

4.- MEDICIONES DE LOS MATERIALES BÁSICOS

Para la realización de las obras será precisa la utilización de:

* Acero B-500 S	2.737 t
* Hormigón	23.596 m ³

5.- DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

El contenido que integra el presente Proyecto está formado por los siguientes documentos:

DOCUMENTO Nº 1.- MEMORIA Y ANEJOS

1.1.- MEMORIA

1.2.- ANEJOS

ANEJO Nº 0.- ANTECEDENTES

ANEJO Nº 1.- CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

ANEJO Nº 2.- EFECTOS SÍSMICOS

ANEJO Nº 3.- ESTUDIO GEOTÉCNICO

ANEJO Nº 4.- CÁLCULOS ESTRUCTURALES

ANEJO Nº 5.- PLAN DE OBRAS

ANEJO Nº 6.- CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

ANEJO Nº 7.- JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

ANEJO Nº 8.- FÓRMULA DE REVISIÓN

ANEJO Nº 9.- VALORACIÓN DE ENSAYOS

ANEJO Nº 10.- ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

DOCUMENTO Nº 2.- PLANOS

2.1.- SITUACIÓN E ÍNDICE

2.1.1.- Índice

2.1.2.- Situación

2.2.- ESTRUCTURA

2.2.1.- Alzado y planta

- 2.2.2.- Secciones
- 2.2.3.- Replanteo
- 2.2.4.- Viga - definición geométrica
- 2.2.5.- Viga – armadura
- 2.2.6.- Tablero – Definición geométrica
- 2.2.7.- Tablero – Armadura
- 2.2.8.- Pilas 1 y 5 – Definición geométrica
- 2.2.9.- Pilas 1 y 5 – Armadura
- 2.2.10.- Pilas 2 a 4 – Definición geométrica
- 2.2.11.- Pilas 2 a 4 – Armadura
- 2.2.12.- Estribos – Definición geométrica
- 2.2.13.- Estribos – Armadura
- 2.2.14.- Despiece
- 2.2.15.- Apoyos
- 2.2.16.- Detalles
- 2.2.17.- Prueba de carga

DOCUMENTO Nº 3.- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

DOCUMENTO Nº 4.- PRESUPUESTO

4.1.- MEDICIONES

- 4.1.1.- Mediciones Auxiliares
- 4.1.2.- Mediciones Generales

4.2.- CUADROS DE PRECIOS

- 4.2.1.- Cuadro de Precios Nº1
- 4.2.2.- Cuadro de Precios Nº2

4.3.- PRESUPUESTOS

- 4.3.1.- Presupuestos Parciales
- 4.3.2.- Presupuestos Generales

DOCUMENTO Nº 5.- ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1.- MEMORIA

2.- PLANOS

5.0 Índice

5.1 Protecciones individuales

5.2 Protecciones colectivas

5.2.1 Señalización general de la obra

5.2.2 Protección en movimientos de tierras

5.2.3 Protección en obras de fábrica

5.2.4 Manipulación de cargas

5.3 Instalaciones de higiene y bienestar

3.- PLIEGO DE CONDICIONES

4.- PRESUPUESTOS

4.1.- MEDICIONES

4.1.1.- Mediciones Generales

4.2.- CUADROS DE PRECIOS

4.2.1.- Cuadro de Precios N°1

4.2.2.- Cuadro de Precios N°2

4.3.- PRESUPUESTOS

4.3.1.- Presupuestos Parciales

4.3.2.- Presupuestos Generales

6.- CONCLUSIONES

A lo largo de los documentos que componen el presente Trabajo Fin de Máster se ha desarrollado una solución alternativa a la diseñada en el proyecto original para el ecoducto que se pretende construir en p.k. 321+600 sobre la autovía A-11.

La estructura propuesta trata de dar respuesta a la dificultad de cumplimiento de los plazos impuestos para la ejecución del tramo de autovía en el que se encuentra contenida. Se ha diseñado cumpliendo con las condiciones inicialmente impuestas a la estructura en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y el resto de los requisitos a nivel técnico y normativo propios de este tipo de obras.

Se ha aprovechado el estudio también para realizar una actualización de los cálculos a la normativa de diseño estructural actualmente exigida por la Dirección General de Carreteras. En concreto, se ha utilizado el conjunto de Eurocódigos actualmente prescrito para el cálculo de las estructuras incluidas en la Red de Carreteras del Estado y todas las disposiciones incluidas en el Código Estructural referentes a los aspectos de control de ejecución de las obras.

El cambio propuesto en el presente documento no supone un aumento presupuestario de las obras comparadas con la base de precios de la DGC actualmente vigente.

Por todo ello, estimando que el presente Trabajo Fin de Curso está redactado correctamente y que cumple las disposiciones vigentes que le son de aplicación, se somete al tribunal correspondiente para ser evaluado.

Mieres, junio de 2024

AUTOR DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

D. ÁLVARO AMIEVA DE MIGUEL

TUTORES DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

D. GUILLERMO ÁLVAREZ DÍAZ Y D^a. MARTA GARCÍA DIÉGUEZ