



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos.*  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



# **GESTIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL. CARRETERA DEL PUERTO DE LAS ESTACAS DE TRUEBA**

Trabajo realizado por:  
***Ibai Urteaga Estevez***

Dirigido:  
***Luis Manuel Acebes Escudero***

Titulación:  
**Máster Universitario en  
Ingeniería de Caminos, Canales y  
Puertos**

Santander, septiembre de 2021

**TRABAJO FIN DE MASTER**

## RESUMEN

- Título:** Gestión de Proyectos de Ingeniería Civil. Carretera del Puerto de las Estacas de Trueba.
- Autor:** Ibai Urteaga Estevez.
- Director:** Luis Manuel Acebes Escudero.
- Titulación:** Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.
- Convocatoria:** Septiembre 2021.

El presente Trabajo Fin de Máster consiste en el estudio y valoración del proyecto de construcción “Finalización de las obras de mejora de la plataforma de la carretera CA-631, de la Vega de Pas al Puerto de las Estacas de Trueba, y regeneración y tratamiento de márgenes, PK 0,000 al PK 14,300. Tramo: Puerto de las Estacas de Trueba”, para el cual se destina un Presupuesto de Ejecución Material (PEM) de 2.147.482,21 € y un plazo de ejecución de 7 meses. Este trabajo tiene por objeto explicar de forma detallada cómo se ejecutan las distintas unidades de obra que engloba el Presupuesto de Ejecución Material (PEM) detallando el proceso constructivo, los materiales, la maquinaria, el personal y el rendimiento que son necesarios en cada caso para llevarlas a cabo. Una vez detallado el proceso constructivo de las distintas unidades de obra se incluye el estudio económico en el que, suponiendo que coincide con el estudio realizado por OPP 2002 OBRA CIVIL, S.L.U. (empresa adjudicataria de la obra), se realiza un análisis sobre el resultado económico obtenido. Finalmente, se realizan una serie de propuestas de alternativas con el objetivo de mejorar el resultado económico de la obra y obtener conclusiones al respecto.

Este trabajo se divide en 3 capítulos principales:

- **Memoria constructiva:** Se detallan todas las unidades de obra que conforman el PEM (explanaciones, drenaje, firmes y pavimentos, puentes y otras estructuras, señalización, varios y conservación en el periodo de garantía) y se explica el proceso constructivo de cada una. Además del proceso constructivo, se asigna un coste unitario y un rendimiento de ejecución a cada unidad de obra mediante los cuales se obtiene al final del capítulo el Coste Directo (CD) total y el plazo de ejecución de la obra. Ambos resultan ser datos importantes en el trabajo puesto que con el Coste Directo se realiza en el siguiente capítulo el estudio económico de la obra y con el plazo de ejecución se realiza el plan o programa de trabajos de la obra.

Por lo tanto, la memoria constructiva tiene por objeto definir:

- El procedimiento constructivo de cada tajo o unidad de obra.
- Asignar un coste unitario y un rendimiento de ejecución a cada unidad de obra.
- Detallar un plan de obra o programa de trabajos en el que se especifique el inicio y el fin de cada tajo.



- **Estudio económico:** Partiendo de los costes directos estimados de cada unidad de obra en la memoria constructiva se ha realizado una comparativa con el importe PEM, del cual se pueden contrastar las unidades que producen mayor pérdida y ganancia económica por su ejecución a la empresa constructora.

A continuación, se ha calculado el Coste Directo total y con el importe de adjudicación (la venta final) se ha calculado el resultado económico de la obra:

<b>ESTUDIO ECONÓMICO</b>	
Presupuesto de Ejecución Material (PEM)	2.147.482,21 €
Coficiente de adjudicación	0,8953224695
Gastos Generales (13 %)	1,13
Beneficio Industrial (6 %)	1,06
<b>Venta Final</b>	<b>2.288.000,00 €</b>
Coste Directo (CD)	2.090.461,23 €
Gastos de Gestión Interna (GGI) (25.000 €/mes)	175.000,00 €
Tasas de Estructura (7 % sobre la Venta Final)	160.160,00 €
Tasas de Inspección (4 % sobre el PEM Real)	76.907,56 €
<b>Coste Total</b>	<b>2.502.528,80 €</b>
<b>Resultado Económico = Venta Final - Coste Total</b>	<b>-214.528,80 €</b>

- **Propuesta de alternativas:** Incluye de manera detallada distintas propuestas de alternativas al proyecto que buscan la mejora del resultado económico de la obra. Se proponen modificaciones de distintas unidades de obra así como la eliminación y la variación de varias para conseguir revertir el resultado económico, cumpliendo estas mejoras y soluciones con los objetivos iniciales especificados sin reducir nunca la calidad de la obra. Tras la aplicación de las alternativas se consigue reducir el coste directo de la obra y conseguir un resultado económico positivo para la empresa constructora:

Venta Final = 2.288.000 €

Coste Total = 2.271.114,31 €

**Resultado económico = 16.885,69 €**

Las alternativas propuestas consiguen obtener ganancias económicas por parte del contratista por lo que se justifica de este modo la baja del 11% con la que se presentó OPP 2002 OBRA CIVIL, S.L.U. a la licitación de la obra.

## ABSTRACT

- Title:** Civil Engineering Project Management. Estacas de Trueba’s mountain road.
- Author:** Ibai Urteaga Estevez.
- Director:** Luis Manuel Acebes Escudero.
- Degree:** Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.
- Call:** September 2021.

This Master's Thesis consists on the study and assessment of the construction project “Completion of the improving works in the platform of CA-631 road, from Vega de Pas to Estacas de Trueba’s mountain road and road margins regeneration and treatment from PK 0,000 to PK 14,300. Section: Estacas de Trueba’s mountain road”. The Material Execution Budget are 2.147.482,21 € and the execution period are 7 months. The main objective of the Thesis is to explain the constructive process of the work units included in the Material Execution Budget (MEB) and to detail the materials, machinery, personnel and performance necessary to execute them. Once detailed the constructive process of the different work units is included the economic study in which, assuming that it coincides with the study carried out by OPP 2002 CIVIL WORK, S.L.U. (the company that awarded the work), an analysis is made on the economic result obtained. Finally, a series of alternative proposals are made to the Administration with the aim of improving the economic performance of the work and obtaining conclusions in this regard.

This work is divided into 3 main chapters:

- **Constructive report:** All the work units that make up the MEB (explanations, drainage, pavements, bridges and other structures, signaling, various and maintenance in the warranty period) are detailed and the constructive process of each work unit is explained. In addition to the constructive process, the unit cost and performance are assigned to each work unit through which the Total Direct Cost and the time period for execution of the work are obtained at the end of the chapter. Both are important data in the Thesis because the direct cost will be used to calculate the economic study of the project and the execution time to make the work’s planning.

In summary, the constructive report defines:

- The constructive process of each work unit.
  - The unitary cost and the performance of each work unit.
  - The work’s planning which specifies the start and the end of each work unit.
- **Economic study:** The direct cost of each work unit has been compared with the Material Execution Budget amount to detect which ones produce economic gains or losses to the construction company. Finally, the Economic Result of the work is calculated taking the Total Cost away to the contract sale (final sale):



<b>ECONOMIC STUDY</b>	
Material Execution Budget (MEB)	2.147.482,21 €
Award coefficient	0,8953224695
General Expenses (13 %)	1,13
Industrial Benefit (6 %)	1,06
<b>Final Sale</b>	<b>2.288.000,00 €</b>
Direct Cost	2.090.461,23 €
Internal Management Expenses (25.000 €/month)	175.000,00 €
Estructure Taxes (7 % over the Sale)	160.160,00 €
Inspection Taxes (4 % over the Real MEB)	76.907,56 €
<b>Total Cost</b>	<b>2.502.528,80 €</b>
<hr/>	
<b>Economic Result = Final Sale - Total Cost</b>	<b>-214.528,80 €</b>

- **Improving proposals:** It includes alternatives to the original project to improve the economic result of the work. Modifications of different work units are proposed as well as the elimination and variation of several to achieve a reversal of the economic result, never reducing the quality defined in the original project.

After applying the alternatives, it is possible to reduce the direct cost of the work and to achieve a positive economic result for the construction company:

$$\text{Contract sale (Final sale)} = 2.288.000 \text{ €}$$

$$\text{Total cost} = 2.271.114,31 \text{ €}$$

$$\text{Economic result} = 16.885,69 \text{ €}$$

The proposed alternatives generate economic gains to the contractor and justify the drop of 11% with OPP 2002 CIVIL WORKS, S.L.U. was submitted to the tender of the work.

## **ÍNDICE DE CONTENIDO:**

1.	INTRODUCCIÓN .....	10
1.1	INTRODUCCIÓN .....	11
1.1.1	DESCRIPCIÓN DEL TFM.....	11
1.1.2	ANTECEDENTES .....	11
1.1.3	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA .....	12
2.	MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	13
2.1	EXPLANACIONES.....	14
2.1.1	TRABAJOS PRELIMINARES.....	14
2.1.1.1	Vertederos.....	14
2.1.1.2	Solución al tráfico .....	15
2.1.1.3	Desbroce del terreno .....	17
2.1.1.4	Demolición de muros y macizos.....	18
2.1.1.5	Demolición de firme mediante fresado en frío.....	19
2.1.1.6	Limpieza de caño o tajea .....	20
2.1.1.7	Limpieza de paso salvacunetas .....	20
2.1.1.8	Retirada de elementos de señalización vertical, farolas y postes.....	20
2.1.1.9	Retirada de barrera de seguridad .....	21
2.1.2	EXCAVACIONES.....	21
2.1.2.1	Excavación en roca con martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora.....	21
2.1.2.2	Excavación en tierras y tránsito .....	22
2.1.2.3	Excavación en zanjas y pozos tipo 2.....	23
2.1.3	RELLENOS .....	24
2.1.3.1	Relleno todo-uno.....	24
2.1.3.2	Relleno de material drenante .....	24
2.1.4	TERMINACIÓN .....	25
2.1.4.1	Refino de talud .....	25
2.1.4.2	Malla de triple torsión en protección de taludes.....	25
2.1.4.3	Red de cables bulonada .....	27
2.2	DRENAJE.....	29
2.2.1	CUNETAS .....	29
2.2.1.1	Cuneta VA-75.....	29
2.2.1.2	Cuneta T-100 .....	31
2.2.1.3	Trasdosado de cuneta .....	32



2.2.2	PASO SALVACUNETAS .....	33
2.2.2.1	Paso salvacunetas vadeable .....	33
2.2.2.2	Paso salvacunetas con rejilla electrosoldada para cuneta triangular de 75 cm 35	
2.2.3	TUBOS, ARQUETAS Y POZOS DE REGISTRO .....	35
2.2.3.1	Arqueta HA-25 con rejilla desagüe cuneta, 80x60 cm2, clase C-250 .....	35
2.2.3.2	Arqueta de hormigón de 100 cm de diámetro interior, clase C-250 .....	37
2.2.3.3	Recrecido y finalización de arqueta o pozo existente .....	37
2.2.3.4	Tubo de PVC-L-R-H/315.....	38
2.2.3.5	Tubo de HM-RH/500 .....	40
2.2.4	ZANJA DRENANTE CON DREN PROFUNDO D-160.....	41
2.3	FIRMES Y PAVIMENTOS.....	42
2.3.1	TRAMO 1: PK 0+000 - PK 0+925 .....	42
2.3.2	TRAMO 2: PK 0+925 - PK 14+300 (CORONACION DEL PUERTO).....	44
2.3.3	TRAMOS 3 Y 4: PK 7+680 - PK 7+760 Y PK 10+620 - PK 10+720 .....	45
2.3.4	MIRADORES .....	48
2.3.5	APARCAMIENTOS .....	49
2.4	PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS .....	51
2.4.1	PUENTE DE VIGAS PREFABRICADAS .....	51
2.4.1.1	Estribos.....	53
2.4.1.2	Relleno de trasdós y ejecución de losa de transición .....	58
2.4.1.3	Colocación de las vigas prefabricadas.....	60
2.4.1.4	Colocación de las placas prefabricadas de encofrado perdido.....	61
2.4.1.5	Construcción de la losa de compresión del tablero .....	62
2.4.1.6	Ejecución de firmes y colocación de la junta de calzada.....	65
2.4.1.7	Prueba de carga estática .....	65
2.4.2	REFUERZO ESTRUCTURAL DE MUROS .....	65
2.4.2.1	Muro 1.....	66
2.4.2.2	Muro 2.....	67
2.4.2.3	Muro 4.....	68
2.4.3	MURO DE ESCOLLERA .....	69
2.4.4	MURETES .....	71
2.5	SEÑALIZACIÓN.....	76
2.5.1	MARCAS VIALES.....	76
2.5.2	SEÑALES Y CARTELES VERTICALES DE CIRCULACIÓN .....	76



2.5.2.1	Señales verticales .....	76
2.5.2.2	Hitos kilométricos.....	77
2.5.3	ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO.....	78
2.5.4	BARRERAS DE SEGURIDAD .....	79
2.5.5	BARANDILLAS.....	82
2.5.6	COSTES Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN ESTIMADOS .....	82
2.6	VARIOS.....	83
2.6.1	PANTALLA DINÁMICA .....	83
2.6.1.1	Pantalla dinámica tipo 5 energía hasta 150 kJ, roca, h=3 m, L=5 .....	84
2.6.1.2	Faldón de membrana de interceptación de desprendimientos.....	84
2.6.2	RESTAURACIÓN PAISAJÍSTICA .....	84
2.6.2.1	Hidrosiembra.....	84
2.6.2.2	Seguimiento geotécnico normal .....	85
2.6.3	MOBILIARIO URBANO .....	85
2.6.4	SEGURIDAD Y SALUD.....	85
2.6.5	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN ....	86
2.6.6	TERMINACIÓN DE LAS OBRAS.....	88
2.7	CONSERVACIÓN EN EL PERIODO DE GARANTÍA .....	89
2.8	PROGRAMACIÓN DE TRABAJOS .....	90
2.8.1	SEMANAS 1, 2 Y 3.....	90
2.8.2	SEMANA 4 .....	90
2.8.3	SEMANAS 5 Y 6.....	90
2.8.4	SEMANA 7 .....	90
2.8.5	SEMANA 8.....	90
2.8.6	SEMANAS 9, 10, 11, 12 Y 13.....	90
2.8.7	SEMANA 14.....	91
2.8.8	SEMANA 15.....	91
2.8.9	SEMANAS 16, 17, 18, 19 Y 20.....	91
2.8.10	SEMANA 21 .....	91
2.8.11	SEMANAS 22, 23 Y 24.....	91
2.8.12	SEMANAS 25 Y 26.....	91
2.8.13	DIAGRAMA DE GANTT .....	92
3.	ESTUDIO ECONÓMICO DE LA OBRA.....	93



3.1	ESTUDIO ECONÓMICO DE LA OBRA .....	94
3.1.1	COMPARATIVA ENTRE EL PEM Y EL COSTE DIRECTO .....	95
3.1.2	CÁLCULO DEL RESULTADO ECONÓMICO .....	103
4.	PROPUESTA DE ALTERNATIVAS .....	105
4.1	PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS .....	106
4.1.1	ELIMINACIÓN DE EXCESOS DE MEDICIÓN PREVISTOS PARA POSIBLES NECESIDADES .....	106
4.1.2	SUSTITUCION DE ANCLAJES ACTIVOS POR PASIVOS.....	108
4.1.3	SUSTITUCIÓN DEL SOSTENIMIENTO EN EL MURO 4 POR MURO DE ESCOLLERA.....	109
4.1.4	ACORTAMIENTO DE BULONES AUTOPERFORANTES PARA ESTABILIZACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA .....	113
4.1.5	SUSTITUCIÓN DE MURETES DE HORMIGÓN POR MUROS DE ESCOLLERA.....	114
4.1.6	MODIFICACIÓN DE LA SECCIÓN ESTRUCTURAL DEL FIRME .....	118
4.1.7	RECLAMACIONES A LA ADMINISTRACIÓN .....	121
4.1.8	REDUCCIÓN DEL PLAZO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA .....	122
4.2	RESUMEN DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS .....	123
5.	CONCLUSIONES .....	125
5.1	CONCLUSIONES .....	126
6.	ANEXOS.....	127
6.1	ANEXO I: CONTRATO DE ADJUDICACIÓN.....	128



# **1. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 INTRODUCCIÓN

### 1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL TFM

El presente documento corresponde al Trabajo Fin de Máster del Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria del curso académico 2020-21.

El trabajo se basa en la ejecución de un documento de gestión del proyecto de construcción de renovación del firme de la carretera del Puerto de Estacas de Trueba, Cantabria. Como la obra de renovación del firme está realizada, se tratará de realizar el TFM como si la obra se fuese a ejecutar actualmente. El trabajo se divide en 3 apartados principales:

- **Memoria constructiva:** Documento que recoge el método de ejecución las principales unidades de obra a realizar, así como sus rendimientos y costes correspondientes.
- **Estudio económico:** Documento en el que, aplicando los costes unitarios de los rendimientos de cada unidad de obra mencionada en el apartado anterior, se realiza el estudio de costes de la obra y se analiza el comparativo con el presupuesto de licitación y adjudicación.
- **Propuesta de alternativas** al proyecto en busca de obtener un balance económico más favorable para la empresa constructora que el obtenido inicialmente y extraer las conclusiones correspondientes.

### 1.1.2 ANTECEDENTES

El Gobierno de Cantabria adjudicó mediante Resolución del Consejero de Obras Públicas y Vivienda el 17 de abril de 2015 el "PROYECTO DE MEJORA DE LA PLATAFORMA. CARRETERA CA-631, DE LA VEGA DE PAS AL PUERTO DE LAS ESTACAS DE TRUEBA, PK 0,000 AL PK 14,300. TRAMO: ESTACAS DE TRUEBA. CLAVE: 08/08-6/50" a la empresa EXTRACO CONSTRUCCIONES E PROXECTOS S.A.. La obra se adjudicó al contratista por un importe de 2.816.454,08€ (I.V.A. incluido).

La aparición de problemas geotécnicos (estabilidad de taludes principalmente) durante la ejecución de la obra generó la necesidad de plantear medidas de contención y de estabilidad de taludes no contempladas en el proyecto. Estas soluciones constructivas se valoraron en un importe superior al 10% del precio de venta, por lo que el 9 de septiembre de 2016 se resolvió el contrato de ejecución de las obras.

Tras la resolución del contrato y con la intención de actuar lo antes posible sobre las obras sin terminar para no arruinar lo ejecutado hasta el momento, se ha realizado el nuevo proyecto "FINALIZACION DE LAS OBRAS DE MEJORA DE LA PLATAFORMA DE LA CARRETERA CA-631, DE LA VEGA DE PAS AL PUERTO DE LAS ESTACAS DE TRUEBA, Y REGENERACION Y TRATAMIENTO DE MARGENES, PK 0,000 AL PK 14,300. TRAMO: PUERTO DE LAS ESTACAS DE TRUEBA. CLAVE: 32/16-6/50" en el que además de la finalización las obras comenzadas, tiene como objetivo dar solución a los problemas de carácter geotécnico que provocaron la resolución del anterior contrato de obras.

Antes del inicio de las obras del nuevo proyecto estaban ejecutadas las siguientes unidades de obra:



- Explanaciones en su mayor parte
- Parte del drenaje transversal
- Parte de los firmes

### 1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El tramo de carretera en cuestión pertenece a la carretera CA-631. El trazado de la actuación parte desde el núcleo urbano del municipio Vega de Pas, en la intersección con las carreteras CA-262 y CA-263, y finaliza en la coronación del Puerto de Estacas de Trueba, límite de la Comunidad Autónoma de Cantabria con la Comunidad Autónoma de Castilla y León; más concretamente con la provincia de Burgos, donde enlaza con la carretera BU-573.

Como se ha comentado en el anterior apartado, el proyecto se plantea como la finalización de las actuaciones de mejora y el acondicionamiento de la plataforma, así como la solución de los problemas de carácter geotécnico que llevaron a la resolución del primer contrato de la carretera CA-631, de la Vega de Pas al Puerto de las Estacas de Trueba, del PK 0,000 al PK 14,300.

Resumen de las características geométricas:

- Longitud de actuación: 14.450 m
- Reparto por municipios: 100% del trazado en el municipio Vega de Pas (14.450 m).
- Secciones tipo:
  - TRAMO 1 (Travesía urbana):
    - Del PK 0+000 al PK 0+400: calzada de 7,00 m de anchura y acera de 1,50m adyacente a la calzada en el margen izquierdo.
    - Del PK 0+400 al PK 1+000: calzada de entre 5,700 y 5,000 m de anchura.
  - TRAMO 2 (Resto del puerto):
    - Calzada variable con una anchura media no inferior a 5 m de anchura en todo el tramo.
    - Cunetas: cuneta triangular asimétrica revestida de hormigón en todo el tramo, de 75 cm de anchura, salvo en las zonas urbanas con acera y algunos estrechamientos, donde se dispone cuneta triangular asimétrica de 60 cm o cuneta rigola de 40 cm.

En el nuevo proyecto se indican los siguientes trabajos a realizar:

- Drenaje longitudinal
- Parte del drenaje transversal
- Firmes
- Nuevo puente sobre el río Yera en el PK 12+420
- Medidas de sostenimiento de taludes
- Balizamiento y defensas



## **2. MEMORIA** **CONSTRUCTIVA**

## 2.1 EXPLANACIONES

### 2.1.1 TRABAJOS PRELIMINARES

Son las operaciones que comprenden la preparación de la zona para poder llevar a cabo las obras correspondientes al proyecto.

#### 2.1.1.1 Vertederos

Antes de comenzar a explicar el procedimiento constructivo que se seguirá, es importante especificar que los materiales derivados de movimientos de tierras y demoliciones se trasladarán a los vertederos que en el proyecto original no se completaron. De este modo, se aprovechará el espacio disponible que se encuentra cerca de la mayoría de los tajos de la obra sin necesidad de grandes actuaciones previas para preparar el terreno que albergarán los vertederos e intentando minimizar las distancias de transporte. Además de aprovechar el espacio, se les dará los acabados correspondientes a los vertederos para cumplir con las exigencias ambientales y paisajísticas del lugar. Las actuaciones en los vertederos a lo largo de la obra serán las siguientes:

- El material sobrante se colocará por capas. En caso de existir pendientes pronunciadas, el material se colocará desde las zonas de menor altura a las de mayor altura para tratar de dejar la superficie lo más llana posible.
- En primer lugar, se procederá a depositar materiales de mayor tamaño como pueden ser escolleras o escombros de demolición. Tras las escolleras se depositarán los materiales designados en el proyecto para vertedero y, tras estos, se depositarán las tierras excedentes de los movimientos de tierras correspondientes.
- Finalmente, para realizar la coronación de los vertederos, se colocará la tierra vegetal extraída del desbroce y se realizarán hidrosiembras en el caso de que fuese necesario.

Para el cálculo del tiempo de ciclo de los camiones a los vertederos se ha considerado que 4 de los 5 vertederos que se utilizaron en el proyecto original aún no están completos (en el anejo nº 11. Análisis ambientales y medidas correctoras se especifica que uno de los vertederos ha conseguido la plena integración paisajística). Por otro lado, se ha considerado que los vertederos se encuentran separados por la misma distancia entre sí:

- Longitud total del trazado = 14,450 Km
- Velocidad de viaje = 25 Km/h (teniendo en cuenta el arranque, el recorrido y la entrada al vertedero).
- Nº vertederos = 4
- Separación aproximada entre vertederos = 3 Km
- Distancia máxima a vertedero desde punto medio (ida) = 1,5 Km

Como se ha comentado, se ha estimado una separación de 3 Km entre los vertederos repartidos a lo largo de la traza, por lo que la mayor distancia que recorrerán los camiones para transportar cualquier tipo de material será de 1,5 Km. Como esta distancia corresponde al punto más alejado entre 2 vertederos distintos, se ha utilizado la distancia media para estimar el tiempo de ida y vuelta a un vertedero:

$$\text{Tiempo de ida y vuelta a vertedero} = \frac{0,75 \text{ Km} * 2}{\frac{25 \text{ Km}}{h}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 h} \approx 4 \text{ minutos}$$



### **2.1.1.2 Solución al tráfico**

Mantener el mejor servicio a los usuarios habituales de la carretera del Puerto de las Estacas de Trueba mientras se llevan a cabo las obras será una tarea de vital importancia, por ello, el presente capítulo detallará las distintas soluciones al tráfico que se tomarán en función de los tajos que se vayan a realizar.

#### **2.1.1.2.1 Mantenimiento del tráfico**

La gran parte de los tajos permiten trabajar con total seguridad mientras se mantiene el tráfico en uno de los sentidos de la calzada. El procedimiento habitual consistirá en realizar cierres localizados de uno de los carriles según se vaya avanzando con los trabajos. Para ello, se utilizará señalización semafórica y señalización vertical en los extremos del tramo de carril cortado para dirigir el tráfico por el otro carril.

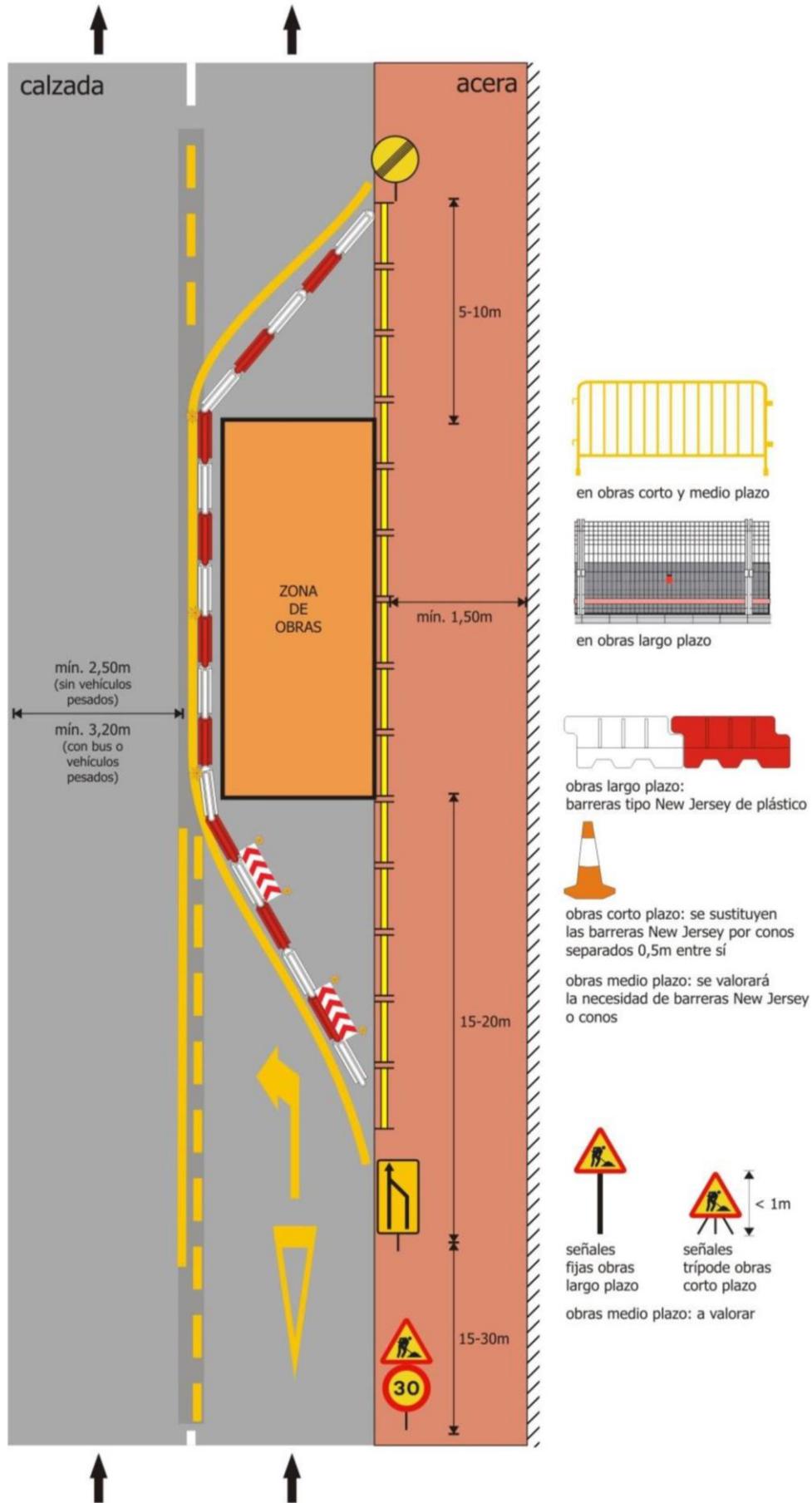


Figura 1. Detalle de restricción del tráfico en un solo carril.

### 2.1.1.2.2 Cierre total de la calzada

Habrán situaciones excepcionales en las que se cerrará por completo el tráfico en la calzada. Los tajos que requieren el cierre total de la calzada para trabajar con seguridad son los siguientes:

- Algunos tramos de anclaje de bulones, instalación de redes de mallas y otro tipo de sostenimientos de taludes en los que pueda existir riesgo alto de desprendimiento de rocas.
- Colocación de las vigas prefabricadas del puente sobre el río Yera.
- Extensión y compactación de la capa de zahorra
- Extensión y compactación de la capa de rodadura.

Para estas situaciones se plantea un recorrido alternativo que dé acceso a los vehículos procedentes del núcleo urbano de Vega de Pas al Puerto de las Estacas de Trueba.



Figura 2. Recorrido alternativo para los usuarios del Puerto de las Estacas de Trueba.

El recorrido alternativo (detallado en el proyecto) discurrirá por las carreteras autonómicas de Cantabria CA-262 y CA-264, la cual da acceso al Portillo de Lunada, y por las carreteras autonómicas de la provincia de Burgos BU-572 y BU-570, la cual da acceso al Puerto de las Estacas de Trueba. Se estiman 62,5 Km desde el núcleo urbano de Vega de Pas hasta la coronación del Puerto de las Estacas de Trueba utilizando el recorrido alternativo. Este recorrido alternativo se completa en 1 hora y 23 minutos aproximadamente, por lo que se tratará de cortar el tráfico en la zona afectada lo menos posible y evitar de este modo este sobretiempos a los usuarios habituales de la carretera.

### 2.1.1.3 Desbroce del terreno

En primer lugar, se retirarán mediante medios mecánicos los arbustos, plantas y árboles de perímetro inferior a 60 cm, así como los árboles de cualquier perímetro que no hayan sido contemplados en el proyecto y se retirará la capa de tierra vegetal de las superficies afectadas por el movimiento de tierras hasta una profundidad mínima de 30 cm. Además, este apartado también contempla la retirada de estacas de los cerramientos rurales y sus cimentaciones, así como del resto de los elementos que los constituyen (cables, mallas, etc.).



Las superficies afectadas se ubican más concretamente entre el PK 8+740 y PK 8+820, lugar en el que se construirá un muro de escollera, y en el PK 12+420, lugar en el que se ubicará el nuevo puente sobre el río Yera. Para la ejecución del desbroce se utilizará la siguiente maquinaria:

- Bulldozer
  - Rendimiento = 2000 m<sup>2</sup>/día
  - Coste maquinaria = 70 €/hora

El material resultante del desbroce se apilará al borde del lugar en el que se realiza el tajo debido a que el volumen de tierra vegetal extraído es pequeño. Esta capa vegetal podrá utilizarse para cubrir taludes o isletas al final de la obra.

El tiempo total y el coste que conlleva ejecutar esta unidad de obra es la siguiente:

$$\text{Tiempo desbroce del terreno} = \frac{640m^2}{2000m^2/\text{día}} \approx 1 \text{ día}$$

$$\text{Coste Unitario desbroce del terreno} = \frac{70 \frac{\text{€}}{\text{h}} * \frac{10\text{h}}{\text{día}}}{\frac{2000m^2}{\text{día}}} = 0,35 \frac{\text{€}}{m^2}$$

$$\text{Coste desbroce del terreno} = 0,35 \frac{\text{€}}{m^2} * 640 m^2 = 224 \text{ €}$$

#### 2.1.1.4 Demolición de muros y macizos

En esta unidad se incluye la demolición de los muretes existentes en los costados de la calzada y a lo largo de la misma. El derribo de los muros y macizos en cuestión se realizará mediante fragmentación mecánica, para la cual se utilizará una retroexcavadora equipada con martillo hidráulico. Tras la demolición se recogerá mediante retroexcavadora con pala el material demolido y se transportará a vertedero. Resumen de los rendimientos y los costes:

- Retroexcavadora equipada con martillo hidráulico (pica-pica)
  - Rendimiento = 15 m<sup>3</sup>/h
  - Coste Retroexcavadora = 80 €/h
  - Coste martillo hidráulico = 70 €/h
- Retroexcavadora con pala para cargar el material demolido
  - Rendimiento = 600 m<sup>3</sup>/día
  - Tiempo de carga de camión = 4 minutos
  - Coste = 80 €/h
- Camión basculante 3 ejes con capacidad de 13 tn/caja
  - Coste = 60 €/h
  - Tiempo a vertedero (ida y vuelta) = 4 minutos
  - Tiempo de descarga = 1 minuto

El rendimiento de esta unidad lo limita la retroexcavadora pica-pica y como hay un gran volumen de muretes a demoler, la retroexcavadora con martillo pica-pica demolerá todos los muretes de forma continua y sin detenerse. Una vez demolidos todos los muretes, la misma retroexcavadora se equipará con una pala y cargará los camiones que transportarán los muretes demolidos a los vertederos situados a lo largo del trazado.



$$\text{Coste Unitario Retro con Pica} - \text{Pica} = \frac{(80 + 70) \frac{\text{€}}{\text{h}}}{15 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 10 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

Por otro lado, el tiempo de carga de un camión es de 4 minutos, el tiempo medio de ida y vuelta es de 4 minutos y el tiempo de descarga es de 1 minuto, por lo tanto, se estiman el tiempo de ciclo y el número de camiones:

$$\text{Tiempo de ciclo (1 camión)} = 4 + 4 + 1 = 9 \text{ minutos}$$

$$N^{\circ} \text{ de camiones} = \frac{9 \text{ minutos}}{4 \frac{\text{minutos de carga}}{\text{camión}}} \approx 3 \text{ camiones}$$

El rendimiento del transporte estará limitado por la retroexcavadora con pala (60 m<sup>3</sup>/h) y como se ha estimado que se necesitarán 3 camiones para realizar el transporte del material excedente al vertedero, se ha obtenido el siguiente coste unitario de transporte:

$$\text{Coste Unitario Transporte} = \frac{3 \text{ camiones} * 60 \frac{\text{€}}{\text{h} * \text{camión}}}{60 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 3 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Retroexcavadora con pala} = \frac{80 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{60 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 1,33 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

Como se ha mencionado, el rendimiento del transporte estará limitado por la retroexcavadora con pala, por lo que el tiempo de carga + transporte se calculará a partir del rendimiento de la retro para cargar los camiones. Tiempo total de demolición de muros y macizos:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo TOTAL Demolición de muros y macizos} &= \frac{1756,100 \text{ m}^3}{150 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} + \frac{1756,100 \text{ m}^3}{600 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} \\ &= 15 \text{ días} \end{aligned}$$

El coste total de ejecución de la demolición de muros y macizos será el siguiente:

$$\text{Coste Unitario Demolición de muros y macizos} = (10 + 1,33 + 3) \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 14,33 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste TOTAL Demolición de muros y macizos} =$$

$$= 14,33 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 1756,100 \text{ m}^3 = 25.164,91 \text{ €}$$

#### 2.1.1.5 Demolición de firme mediante fresado en frío

Esta unidad engloba el conjunto de operaciones necesarias para eliminar capas de firme existentes de pequeño espesor cualquiera que sea su naturaleza (hormigón, riegos, mezclas asfálticas, etc.), dejando la capa inferior apta para el posterior extendido sobre ella de mezcla bituminosa en caliente o de otro tipo, de forma que encajen las secciones tipo de firme proyectadas. En este apartado se incluye también el transporte del material a vertedero.

El fresado del pavimento se realizará únicamente en el entramado urbano de Vega de Pas que es el único tramo que no sufre cambio o variación alguna de la sección actual. Este tramo de zona

urbana está comprendido entre el PK 0+000 y el PK 0+425 y el espesor de fresado será de 5 cm. Al tratarse de un área relativamente pequeña no influirá en el camino crítico de la obra.

- Fresadora de pavimento
  - Coste unitario = 30 €/m<sup>3</sup>

$$\text{Coste fresado del firme en frío} = 30 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 85 \text{ m}^3 = 2550 \text{ €}$$

#### 2.1.1.6 Limpieza de caño o tajea

Este apartado corresponde a las labores de limpieza que se deben llevar a cabo para la adecuación de los caños y tajeas existentes incluso de sus arquetas adyacentes, en el caso de que existan, para la evacuación correcta de las aguas.

Como se ha definido en la introducción a la memoria, los trabajos de ejecución de drenaje transversal están mayormente terminados por lo que se realizará el desbroce y limpieza de tierra, piedras, fango, etc. de la entrada, salida e interior de la obra de drenaje para evitar retenciones de maleza y otros materiales que puedan impedir la libre circulación de las aguas, incluso de sus arquetas adyacentes en el caso de que existan.

$$\text{Tiempo limpieza de caño o tajea} = 10 \frac{\text{ud}}{2 \frac{\text{ud}}{\text{día}}} = 5 \text{ días}$$

$$\text{Coste limpieza de caño o tajea} = 200 \frac{\text{€}}{\text{ud}} * 10 \text{ ud} = 2000 \text{ €}$$

#### 2.1.1.7 Limpieza de paso salvacunetas

Este apartado se basa en la descripción de las labores necesarias para la completa adecuación de todos aquellos pasos salvacunetas existentes recogidos en el proyecto incluso de sus arquetas adyacentes, en el caso de que existan, con el objetivo de evacuar las aguas correctamente.

Se eliminarán plantas, malezas, escombros o cualquier otro elemento que ocupe los pasos salvacunetas alterando la correcta evacuación de las aguas, incluso de sus arquetas adyacentes, si existen.

$$\text{Tiempo limpieza de paso salvacunetas} \approx 1 \text{ día}$$

$$\text{Coste limpieza de paso salvacunetas} = 80 \frac{\text{€}}{\text{ud}} * 5 = 400 \text{ €}$$

#### 2.1.1.8 Retirada de elementos de señalización vertical, farolas y postes

Se trata del conjunto de operaciones necesarias para la eliminación de los carteles, señales verticales, farolas y postes, que según el proyecto dificulten la adecuada ejecución de las obras. Los postes a los que se hace referencia son los de alumbrado y los de las compañías de distribución de electricidad y telefonía. En esta unidad no se incluye la retirada de estacas de cerramientos rurales ni de cualquier otro elemento de estos. Se incluyen las siguientes operaciones en esta unidad:

- Remoción de los elementos objeto de retirada y sus cimentaciones.
- Retirada y transporte a vertedero.

Los trabajos de remoción se harán con la precaución necesaria para asegurar la seguridad suficiente y evitar daños tanto a terceros como al personal de la obra.



$$\text{Tiempo retirada de elementos de señalización vertical de 1 poste} = \frac{30 \text{ ud}}{30 \frac{\text{ud}}{\text{día}}} = 1 \text{ día}$$

$$\begin{aligned} \text{Coste retirada de elementos de señalización vertical de 1 poste} &= \frac{3 \text{ €}}{\text{ud}} * 30 \text{ ud} \\ &= 90 \text{ €} \end{aligned}$$

Por otro lado, se incluyen en esta unidad la remoción de elementos de señalización vertical de 2 o más postes siendo el tiempo y coste de ejecución de estos:

$$\text{Tiempo retirada elementos señalización vertical de 2 o más postes} = \frac{26 \text{ m}^2}{36 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}} \approx 1 \text{ día}$$

$$\begin{aligned} \text{Coste retirada elementos señalización vertical de 2 o más postes} \\ &= \frac{30 \text{ €}}{\text{m}^2} * 26 \text{ m}^2 = 780 \text{ €} \end{aligned}$$

Finalmente, el tiempo y coste total de ejecución de esta unidad será:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo Retirada de elementos de señalización vertical, farolas y postes} &= 1 + 1 \\ &= 2 \text{ días} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coste Retirada de elementos de señalización vertical, farolas y postes} \\ &= 90 + 780 = 870 \text{ €} \end{aligned}$$

#### 2.1.1.9 Retirada de barrera de seguridad

Este apartado engloba las operaciones necesarias para la eliminación de todas las barreras de seguridad existentes que, según el proyecto, dificulten la adecuada ejecución de las obras. Esta unidad incluye las siguientes operaciones:

- Remoción de los elementos objeto de retirada.
- Almacenamiento de los elementos de seguridad que se encuentren en buen estado para su posterior instalación y, en caso de que no se encuentren en las condiciones necesarias, retirada y transporte a vertedero.

Los trabajos de remoción se harán con la precaución necesaria para asegurar la seguridad suficiente y evitar daños tanto a terceros como al personal de la obra.

$$\text{Tiempo Retirada barrera de seguridad} = \frac{1387 \text{ m}}{300 \frac{\text{m}}{\text{día}}} \approx 5 \text{ días}$$

$$\text{Coste Retirada barrera de seguridad} = 1387 \text{ m} * 3 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 4.161 \text{ €}$$

### 2.1.2 EXCAVACIONES

#### 2.1.2.1 Excavación en roca con martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora

Esta unidad comprende la excavación del talud rocoso donde se construirá el nuevo muro de escollera y que está ubicado entre el PK 8+740 y el PK 8+820 y de la explanación de los estribos y los accesos del puente que se construirá sobre el río Yera. Para llevar estas excavaciones a cabo se utilizará la misma maquinaria y metodología que en la demolición de los muros y macizos explicado anteriormente.



En primer lugar, la retroexcavadora equipada con el martillo pica-pica excavará los taludes rocosos y las explanaciones y, después, se equipará con una pala y cargará los camiones de 3 ejes que transportarán el material excavado a los vertederos ubicados a lo largo del trazado.

$$\text{Coste Unitario Retro con Pica – Pica} = \frac{(80 + 70) \frac{\text{€}}{\text{h}}}{15 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 10 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

Como en el caso de la demolición de los muros y macizos, el tiempo de carga de un camión es de 4 minutos, el tiempo medio de ida y vuelta es de 4 minutos y el tiempo de descarga es de 1 minuto, por lo que el tiempo de ciclo y el número de camiones será el mismo:

$$\text{Tiempo de ciclo (1 camión)} = 9 \text{ minutos}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de camiones} = 3 \text{ camiones}$$

Como el rendimiento de los camiones seguirá estando limitado por la retroexcavadora con pala, los costes unitarios seguirán siendo los mismos:

$$\text{Coste Unitario Transporte} = \frac{3 \text{ camiones} * 60 \frac{\text{€}}{\text{h} * \text{camión}}}{60 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 3 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Retroexcavadora con pala} = \frac{80 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{60 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 1,33 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

Por lo tanto, el coste y tiempo total de excavación en roca con martillo hidráulico serán los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo TOTAL Excavación en roca con martillo hidráulico} &= \frac{1650 \text{ m}^3}{150 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} + \frac{1650 \text{ m}^3}{600 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} \\ &= 14 \text{ días} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coste Unitario Excavación en roca con martillo hidráulico} &= (10 + 1,33 + 3) \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \\ &= 14,33 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coste TOTAL Excavación en roca con martillo hidráulico} &= \\ &= 14,33 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 1650 \text{ m}^3 = 23.644,50 \text{ €} \end{aligned}$$

### 2.1.2.2 Excavación en tierras y tránsito

Esta unidad comprende la excavación de las explanaciones y préstamos conformados en su mayoría por tierras y rocas meteorizadas y/o estratificadas. Debido a que el material es relativamente blando, esta unidad se ejecutará con retroexcavadora que excavará y cargará el material de una misma vez en los camiones de 3 ejes que transportarán el material a los vertederos.



En los casos en los que la topografía lo permita la retroexcavadora se intentará colocar unos 3 metros por encima de los camiones para simplificar la maniobra de carga. Independientemente, los camiones siempre se intentarán colocar de modo que el giro del brazo de la retroexcavadora sea aproximadamente de 30°.

Como en la excavación en roca, se dispondrá de 3 camiones para transportar el material excavado a los vertederos y el rendimiento de la unidad estará limitado por la retroexcavadora (600 m<sup>3</sup>/día).

$$\text{Coste Unitario Retroexcavadora} = \frac{80 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{\frac{60 \text{ m}^3}{\text{h}}} = 1,33 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Transporte} = 3 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

El tiempo total de excavación y el coste total serán los siguientes:

$$\text{Tiempo TOTAL Excavación en tierras y tránsito} = \frac{600 \text{ m}^3}{600 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 1 \text{ día}$$

$$\text{Coste Unitario Excavación en tierras y tránsito} = (1,33 + 3) \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 4,33 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste TOTAL Excavación en tierras y tránsito} = 4,33 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 600 \text{ m}^3 = 2.598 \text{ €}$$

### 2.1.2.3 Excavación en zanjas y pozos tipo 2

Esta unidad comprende la excavación de los estribos del puente, del cimiento del muro de escollera que se construirá entre el PK 8+740 y el PK 8+820 y de los cimientos de los muretes de hormigón que se construirán entre los PK 7+700 y 7+780 y los PK 10+670 y 10+770.

La excavación se realizará con retroexcavadora y como los rellenos incluidos en el proyecto no contemplan la utilización de material excedente de la obra, se transportará todo el material excavado a los vertederos ubicados a lo largo del trazado.

Al igual que en la excavación de tierras y tránsito, se emplearán 3 camiones para transportar el material excedente y el rendimiento de la unidad vendrá limitado por la retroexcavadora (400 m<sup>3</sup>/día):

$$\text{Coste Unitario Retroexcavadora} = \frac{80 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{40 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 2 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Transporte} = 3 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Excavación en zanjas y pozos tipo 2} = (2 + 3) \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 5 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

El tiempo total de excavación y el coste total serán los siguientes:

$$\text{Tiempo TOTAL Excavación en zanjas y pozos tipo 2} = \frac{600 \text{ m}^3}{400 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 2 \text{ días}$$



$$\text{Coste TOTAL Excavación en zanjas y pozos tipo 2} = 5 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 600 \text{ m}^3 = 3.000,00 \text{ €}$$

### 2.1.3 RELLENOS

#### 2.1.3.1 Relleno todo-uno

Se realizará un relleno de todo-uno procedente de cantera en los 3 miradores incluidos en el proyecto y en la base de los 2 estribos del puente sobre el río Yera. Para llevar a cabo la ejecución del relleno, el material se transportará desde cantera mediante camiones bañera (23 toneladas de capacidad) y volcarán el material en el extremo del tajo. Finalmente, el bulldozer extenderá el material en tongadas y el rodillo compactador lo compactará.

Se realizarán riegos eventuales para conseguir una humedad óptima de compactación del material granular. Se empleará todo-uno de las siguientes características y la siguiente maquinaria:

- Material (Todo-uno)
  - Densidad = 2,14 tn/m<sup>3</sup>
  - Coste = 4 €/tn
- Camión bañera
  - Capacidad = 23 toneladas
  - Coste estimado de transporte desde la cantera= 2,5 €/tn
- Bulldozer y Rodillo compactador
  - Coste = (70 + 65) €/h
  - Rendimiento = 700 m<sup>3</sup>/día

Los costes unitarios de esta unidad de obra son los siguientes:

$$\text{Coste Unitario Material} = 4 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 2,14 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} = 8,56 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Camion Bañera} = 2,5 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 2,14 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} = 5,35 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Bulldozer y Rodillo Compactador} = \frac{(70 + 65) \frac{\text{€}}{\text{h}}}{70 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 1,93 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Relleno Todo – Uno} = 8,56 + 5,35 + 1,93 = 15,84 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

Por lo tanto, los tiempos totales de ejecución y el coste total de la partida son los siguientes:

$$\text{Tiempo Relleno Todo – Uno} = \frac{295 \text{ m}^3}{700 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} \approx 1 \text{ día}$$

$$\text{Coste Relleno Todo – Uno} = 15,84 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 295 \text{ m}^3 = 4.672,80 \text{ €}$$

#### 2.1.3.2 Relleno de material drenante

Se rellenará con material drenante el trasdós de los 2 estribos del puente y el trasdós del muro de escollera que se construirá entre el PK 8+740 y el PK 8+820. Además del material granular, se colocará un tubo PVC envuelto en una lámina geotextil que evite la introducción de finos al tubo.



Para llevar a cabo la ejecución del relleno se utilizarán camiones bañera para transportar el material al tajo y un bulldozer para extenderlo. El relleno se extenderá por tongadas de 25 cm de espesor y se realizarán riegos eventuales para conseguir la humedad óptima. Finalmente, el bulldozer realizará una pasada por encima de la tongada para acomodar el material y evitar que asiente con el tiempo.

- Material drenante
  - Densidad = 1,8 tn/m<sup>3</sup>
  - Coste = 5 €/tn
- Camión bañera
  - Capacidad = 23 toneladas
  - Coste = 2,5 €/tn
- Bulldozer
  - Coste = 70 €/h
  - Rendimiento = 700 m<sup>3</sup>/día

Los costes unitarios de esta unidad de obra son los siguientes:

$$\text{Coste Unitario Material} = 5 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 1,8 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} = 9 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Camion Bañera} = 2,5 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 1,8 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} = 4,50 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Bulldozer} = \frac{70 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{\frac{700 \text{ m}^3}{\text{h}}} = 1 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Relleno Material drenante} = 9 + 4,50 + 1 = 14,50 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

Al igual que en la unidad anterior, se trata de una medición muy pequeña por lo que el tiempo de ejecución será de 1 día como máximo.

$$\text{Tiempo Relleno Material drenante} = \frac{355 \text{ m}^3}{700 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} \approx 1 \text{ día}$$

$$\text{Coste Relleno Material drenante} = 14,50 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 355 \text{ m}^3 = 5.147,50 \text{ €}$$

## 2.1.4 TERMINACIÓN

### 2.1.4.1 Refino de talud

En el proyecto se incluye una unidad que corresponde al refino de taludes.

Se estima un **coste unitario de 0,60 €/m<sup>2</sup>** y se estima un **tiempo de ejecución de 1 día**.

$$\text{Coste Refino de talud} = 0,60 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 1000 \text{ m}^2 = 600 \text{ €}$$

### 2.1.4.2 Malla de triple torsión en protección de taludes

Tal y como se ha explicado en la introducción, surgieron varios problemas por inestabilidad de taludes durante la ejecución del proyecto inicial. Estos conllevaron la resolución del contrato con

el contratista y la realización de un nuevo proyecto. En este nuevo proyecto se han incluido medidas de contención de taludes para subsanar los problemas de inestabilidad existentes.

En el proyecto se incluye la instalación de malla de triple torsión entre el PK 10+240 y el PK 10+320 debido a que existe un pedregal con riesgo de desprendimiento. Esta disposición encapsula el pedregal y permite vaciar los materiales desprendidos por el inferior.

Adicionalmente, se incluye la instalación de mallas de triple torsión reforzadas del PK 3+150 al 3+190 y del PK 6+560 al PK 6+600 puesto que los taludes demuestran un grado de inestabilidad superior al chineo.

Ambas actuaciones se realizarán de arriba a abajo con la ayuda de una grúa elevadora. Al tratarse de un trabajo en altura los operarios irán unidos en todo momento a una línea de vida.



*Figura 3. Malla de triple torsión instalada en talud.*



*Figura 4. Malla de triple torsión reforzada con bulones y cables de acero instalada en talud.*



Se estiman los siguientes tiempos y costes de ejecución, a partir de datos facilitados por el adjudicatario:

*Tiempo Malla de triple torsión en sujeción de taludes, tipo 8x10 – 16 =*

$$= \frac{9190 \text{ m}^2}{100 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}} = 92 \text{ días}$$

*Coste Malla de triple torsión en sujeción de taludes, tipo 8x10 – 16 =*

$$= 5,01 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 9190 \text{ m}^2 = 45.995,95 \text{ €}$$

*Tiempo Malla de triple torsión (REFORZADA),*

*tipo 8x10 – 16, 3,00x3,00 m, cable 16 mm =*

$$= \frac{330 \text{ m}^2}{70 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}} = 5 \text{ días}$$

*Coste Malla de triple torsión (REFORZADA),*

*tipo 8x10 – 16, 3,00x3,00 m, cable 16 mm =*

$$= 15,46 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 330 \text{ m}^2 = 5.100,15 \text{ €}$$

#### 2.1.4.3 Red de cables bulonada

Además de la malla de triple torsión se incluye la instalación de redes de cable en aquellos taludes que presentan riesgo significativo de caída de bloques. Se muestran a continuación, los diferentes tramos incluidos en el proyecto y el tipo de malla y bulones utilizados en cada uno de ellos:

Tramo	Longitud (m)	Altura (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Luz de malla (mm)	Tamaño de paño (m)	Tipo de bulón
8+730-8+775	45	15	525	200x200	3x3	Gewi φ32 / 2º / 8 m
9+155-9+180	25	15	325	300x300	4x4	Gewi φ25 / 2º / 8 m
11+190-11+220	40	20	550	250x250	3x3	Gewi φ32 / 2º / 8 m

La instalación de las redes de cables vendrá limitado por el rendimiento de instalación de los anclajes (15 ud de anclaje/semana), por lo que se estiman los siguientes tiempos y costes de ejecución de redes de cable a partir de datos facilitados por el adjudicatario:

$$\text{Coste Red de cables con apertura de malla } 200 \times 200 \text{ mm} = 47,05 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 525 \text{ m}^2 = 24.699,68 \text{ €}$$

$$\text{Coste Red de cables con apertura de malla } 250 \times 250 \text{ mm} = 39,37 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 550 \text{ m}^2 = 21.652,95 \text{ €}$$

$$\text{Coste Red de cables con apertura de malla } 300 \times 300 \text{ mm} = 32,76 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 325 \text{ m}^2 = 10.646,35 \text{ €}$$



$$\text{Coste Parte fija del anclaje } D = 25 \text{ mm} = 106,72 \frac{\text{€}}{\text{ud}} * 40 \text{ ud} = 4.268,88 \text{ €}$$

$$\text{Coste Parte fija del anclaje } D = 32 \text{ mm} = 126,62 \frac{\text{€}}{\text{ud}} * 236 \text{ ud} = 29.882,56 \text{ €}$$

La instalación completa de las redes de cables vendrá limitado por el rendimiento de instalación de los anclajes (15 ud de anclaje/semana), por lo que se estiman los siguientes tiempos de instalación de anclajes:

$$\text{Tiempo Anclaje activo } 25 \text{ mm de diámetro } 15 \text{ t} = \frac{320 \text{ m} * \frac{1 \text{ ud}}{8 \text{ m}}}{15 \frac{\text{ud}}{\text{semana}} * \frac{1 \text{ semana}}{5 \text{ días}}} = 14 \text{ días}$$

$$\text{Coste Anclaje activo } 25 \text{ mm de diámetro } 15 \text{ t} = 43,46 \frac{\text{€}}{\text{m}} * 320 \text{ m} = 13907,52 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo Anclaje activo } 32 \text{ mm de diámetro } 25 \text{ t} = \frac{1888 \text{ m} * \frac{1 \text{ ud}}{8 \text{ m}}}{15 \frac{\text{ud}}{\text{semana}} * \frac{1 \text{ semana}}{5 \text{ días}}} = 79 \text{ días}$$

$$\text{Coste Anclaje activo } 32 \text{ mm de diámetro } 25 \text{ t} = 55,80 \frac{\text{€}}{\text{m}} * 1888 \text{ m} = 105356,06 \text{ €}$$

## 2.2 DRENAJE

Las obras de drenaje transversal se encuentran ejecutadas prácticamente en su totalidad, faltando por realizar varias arquetas, canalizaciones y remates de pozos y arquetas construidas durante el primer proyecto a la cota definitiva de la plataforma.

En cuanto al drenaje longitudinal, la práctica totalidad del drenaje profundo se encuentra asimismo ejecutado, de acuerdo con la definición que recogía el anterior proyecto, y queda por ejecutarse la cuneta longitudinal de hormigón VA-75 a borde de plataforma en desmante, varios pasos salvacunetas que dan paso a caminos de fincas y dos zanjas drenantes.

### 2.2.1 CUNETAS

#### 2.2.1.1 Cuneta VA-75

Se trata de la cuneta de hormigón que recogerá las aguas del trazado principal. Tal y como se detalla en los planos del proyecto, se construirá al borde de la plataforma en desmante desde el PK 0+500 hasta el PK 14+475 en la coronación del puerto.

Consiste en la ejecución de una cuneta de forma triangular con pendiente de 4H/1V en el lado de carretera y 1H/1V en el lado de trasdós. La anchura de la cuneta será de 1 m y el calado de 0.15 m.

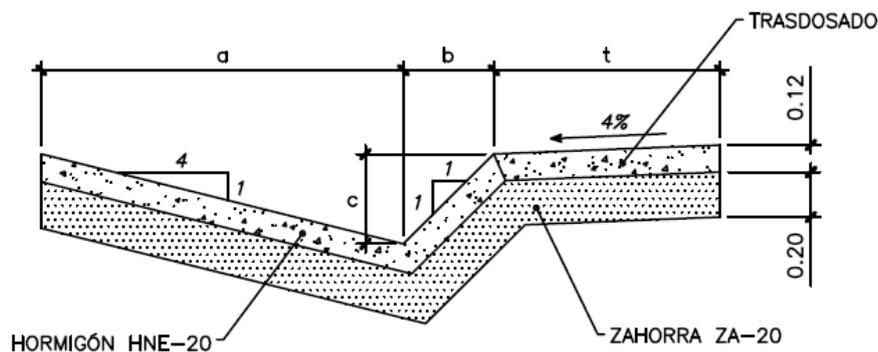


Figura 5. Características geométricas de la cuneta longitudinal VA-75.

Siendo:  $a = 0.60$  m;  $b = 0.15$  m;  $c = 0.15$  m;  $t = 0.25$  m

En primer lugar se excavará la zanja donde se construirá la cuneta longitudinal con una retroexcavadora y se acopiará el material a lo largo de la traza a medida que la retroexcavadora va avanzando. Cada cierto tiempo la retroexcavadora recogerá el material acopiado y llenará un camión de 3 ejes para transportar el material al vertedero más cercano.

A continuación, se colocará una base de asiento de zahorra artificial procedente de cantera de 20 cm de espesor, se nivelará de modo que se le proporcione el acabado adecuado y, finalmente, se ejecutará la cuneta in-situ mediante el empleo de una máquina cunetadora. Esta máquina se mueve sobre ruedas y va colocando el hormigón a medida que va avanzando de forma paralela a la cuneta. Se realizarán cortes transversales cada 2 metros para evitar la fisuración del hormigón durante el fraguado.



Figura 6. Máquina cunetadora a emplear en la construcción de la cuneta VA-75.

Por otro lado, la construcción de la cuneta comenzará una vez se hayan terminado los firmes, tal y como se muestra en la anterior figura, para asegurar que queda a la misma rasante que la capa de rodadura. Este detalle asegura que las aguas a drenar entren a la cuneta y no formen un charco que puede inducir a problemas de mayor entidad en el futuro si el agua se infiltra en las capas inferiores del pavimento.

A continuación, se muestra la obtención del coste unitario de esta unidad de obra partiendo de la justificación de precios del proyecto e incluyendo costes reales de mano de obra, maquinaria y materiales, en especial de los hormigones.

La empresa especialista en la fabricación de hormigones, Hormisa, ha sido la empresa que ha facilitado los precios de los distintos tipos que se van a utilizar en la ejecución de la obra. Se muestran a continuación los precios ofertados:

<b>Tipo de hormigón</b>	<b>Precio unitario (€/m3)</b>
HL-150/B/20	<b>57,95</b>
HNE-20/B/20	<b>60,25</b>
Hormigón HA-25/B/20/IIa	<b>70,25</b>
Hormigón HA-30/B/20/IIa	<b>72,50</b>

Estos precios ofertados por Hormisa se emplearán para el cálculo de los costes directos de todas las unidades de obra que requieran el empleo de cualquiera de los hormigones detallados en la tabla anterior.

Tal y como se ha mencionado, se ha estimado el coste unitario directo de la cuneta VA-75 con los costes reales de mano de obra, maquinaria y materiales empleados:

Cuneta VA-75	Coste	Rendimiento	COSTE UNITARIO
Capataz	25,00 €/h	0,0015 h	<b>0,04 €</b>
Oficial 1ª	22,00 €/h	0,015 h	<b>0,33 €</b>
Peón especialista	18,00 €/h	0,015 h	<b>0,27 €</b>
Peón señalista	18,00 €/h	0,015 h	<b>0,27 €</b>
Excavación mecánica en zanjas y pozos	8,00 €/m <sup>3</sup>	0,3 m <sup>3</sup>	<b>2,40 €</b>
Zahorra artificial procedente de cantera	4,50 €/tn	0,25 tn	<b>1,13 €</b>
Plus tte	2,50 €/tn	0,3 tn	<b>0,75 €</b>
Motoniveladora	85,00 €/h	0,001 h	<b>0,09 €</b>
Hormigón HNE-20/b/20	60,25 €/m <sup>3</sup>	0,12 m <sup>3</sup>	<b>7,23 €</b>
Extendidora de hormigón	120,00 €/h	0,002 h	<b>0,24 €</b>
	<b>COSTE UNITARIO</b>		<b>12,74 €/m</b>

Se estima un **rendimiento de 300 m/día** y un **coste unitario de 12,74 €/m**:

$$\text{Tiempo Cuneta VA} - 75 = \frac{12.964 \text{ m}}{300 \frac{\text{m}}{\text{día}}} = 44 \text{ días}$$

$$\text{Coste Cuneta VA} - 75 = 12.964 \text{ m} * 12,74 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 165.128,95 \text{ €}$$

### 2.2.1.2 Cuneta T-100

Se incluye en el proyecto la construcción de una cuneta trapecial de hormigón tipo T-100 con previsión de que sea necesaria en algún tramo de la traza. Se detallan en concreto 2 tramos de cuneta; uno de 35 m de longitud y otro de 20 m.

Consiste en la ejecución de una cuneta de forma trapecial con pendiente de 1H/1V tanto en el lado de carretera como en el lado de trasdós. La anchura de la cuneta será de 1 m y el calado de 0.30 m.

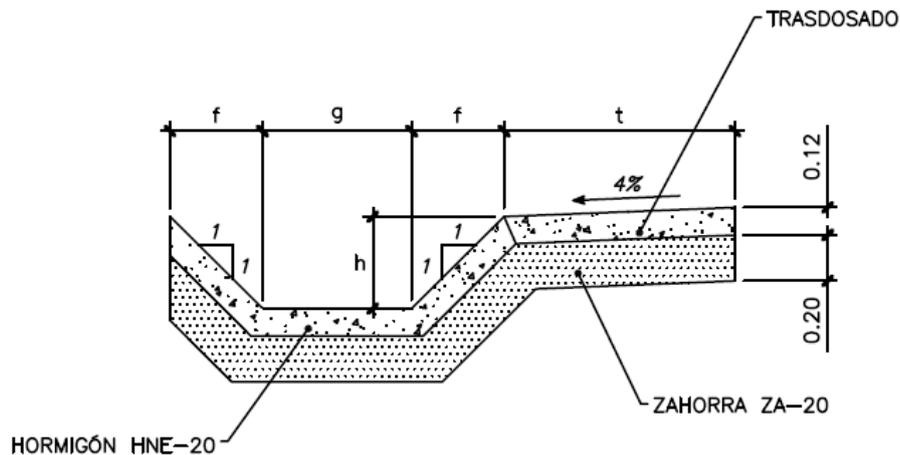


Figura 7. Características geométricas de la cuneta longitudinal T-100.

Siendo:  $f = 0.30 \text{ m}$ ;  $g = 0.40 \text{ m}$ ;  $h = 0.30 \text{ m}$ ;  $t = 0.375 \text{ m}$

Se construirá del mismo modo que la cuneta longitudinal VA-75.

A continuación, se muestra la obtención del coste unitario de esta unidad de obra:

<b>Cuneta T-100</b>	<b>Coste</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>COSTE UNITARIO</b>
Capataz	25,00 €/h	0,0035 h	<b>0,09 €</b>
Oficial 1ª	22,00 €/h	0,016 h	<b>0,35 €</b>
Peón especialista	18,00 €/h	0,05 h	<b>0,90 €</b>
Peón señalista	18,00 €/h	0,03 h	<b>0,54 €</b>
Excavación mecánica en zanjas y pozos	8,00 €/m <sup>3</sup>	0,4 m <sup>3</sup>	<b>3,20 €</b>
Zahorra artificial procedente de cantera	4,50 €/tn	0,49 tn	<b>2,21 €</b>
Plus tte	2,50 €/tn	0,49 tn	<b>1,23 €</b>
Motoniveladora	85,00 €/h	0,005 h	<b>0,43 €</b>
Hormigón HNE-20/b/20	60,25 €/m <sup>3</sup>	0,155 m <sup>3</sup>	<b>9,34 €</b>
Extendidora de hormigón	120,00 €/h	0,01 h	<b>1,20 €</b>
<b>COSTE UNITARIO</b>			<b>19,47 €/m</b>

Se estima un **coste unitario de 19,47 €/m**:

$$\text{Coste Cuneta T} - 100 = 55 \text{ m} * 19,47 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 1.070,85 \text{ €}$$

### 2.2.1.3 Trasdosado de cuneta

Consiste en la ejecución de una placa de hormigón de 12 cm de espesor y 4 % de pendiente entre la cuneta y el talud. Se trata de un remate constructivo que recoge las aguas procedentes del talud y las conduce a la cuneta.

En primer lugar, se extiende y compacta el lecho de zahorra y después se encofra y hormigona cada 2 metros para zonificar el trasdosado. Se realiza el curado para evitar la aparición de fisuras por retracción del hormigón

A continuación, se muestra la obtención del coste unitario de esta unidad de obra:

<b>Trasdosado de cuneta</b>	<b>Coste</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>COSTE UNITARIO</b>
Capataz	25,00 €/h	0,0062 h	<b>0,16 €</b>
Oficial 1ª	22,00 €/h	0,009 h	<b>0,20 €</b>
Peón especialista	18,00 €/h	0,025 h	<b>0,45 €</b>
Peón señalista	18,00 €/h	0,025 h	<b>0,45 €</b>
Excavación mecánica en zanjas y pozos	8,00 €/m <sup>3</sup>	0,18 m <sup>3</sup>	<b>1,44 €</b>
Encofrado paramentos rectos	20,00 €/m <sup>2</sup>	0,025 m <sup>2</sup>	<b>0,50 €</b>
Zahorra artificial procedente de cantera	4,50 €/tn	0,15 tn	<b>0,68 €</b>
Plus tte	2,50 €/tn	0,15 tn	<b>0,38 €</b>
Rodillo vibratorio	65,00 €/h	0,01 h	<b>0,65 €</b>
Hormigón HNE-20/b/20	60,25 €/m <sup>3</sup>	0,1 m <sup>3</sup>	<b>6,03 €</b>
<b>COSTE UNITARIO</b>			<b>10,92 €/m<sup>2</sup></b>

Se estima un **rendimiento de 150 m<sup>2</sup>/día** y un **coste unitario de 10,92 €/m<sup>2</sup>**:

$$\text{Tiempo trasdosado de cuneta} = \frac{3241 \text{ m}^2}{150 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}} = 22 \text{ días}$$

$$\text{Coste trasdosado de cuneta} = 3241 \text{ m}^2 * 10,92 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} = 35.385,24 \text{ €}$$

## 2.2.2 PASO SALVACUNETAS

Se ejecutarán varios pasos salvacunetas a lo largo del trazado principal en las entradas a caminos de acceso a fincas. Se construirán 2 tipos de pasos salvacunetas:

### 2.2.2.1 Paso salvacunetas vadeable

A medida que se va excavando la cuneta longitudinal con retroexcavadora se excavarán las zanjas correspondientes a los pasos salvacunetas. A continuación, se ejecutará un lecho de asiento con zahorra, se colocará un mallazo de acero constituido por barras de acero corrugado B 500 T de 8 mm de diámetro dispuestas cada 15 cm, se encofrará y se hormigonará con hormigón HNE-20 cada paso salvacunetas por completo. Se realizará un riego de curado para evitar la fisuración del hormigón.

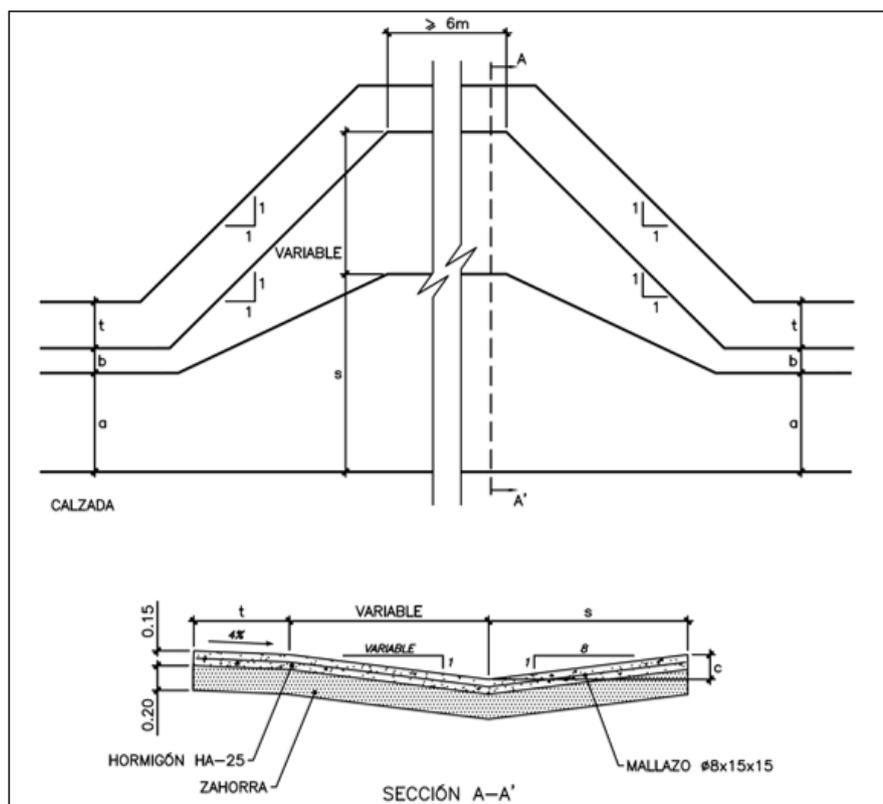


Figura 8. Paso salvacunetas vadeable en cuneta triangular VA-75.

Siendo:  $a = 0.60$  m;  $b = 0.15$  m;  $c = 0.15$  m;  $t = 0.25$  m;  $s = 1.20$  m

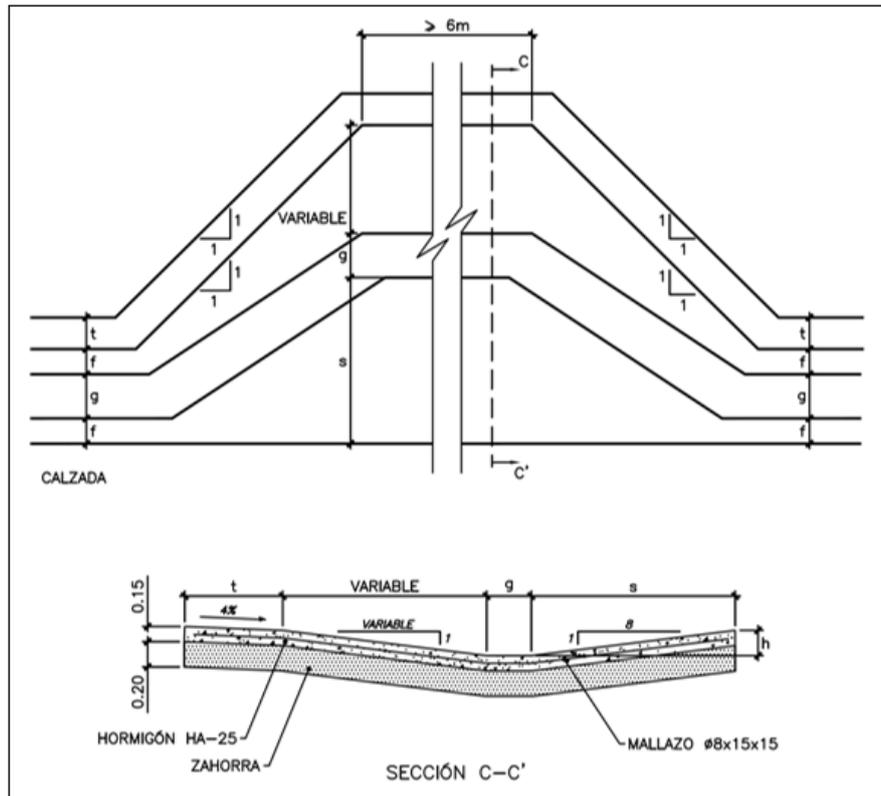


Figura 9. Paso salvacunetas vadeable en cuneta trapecial T-100.

Siendo:  $f = 0.30 \text{ m}$ ;  $g = 0.40 \text{ m}$ ;  $h = 0.30 \text{ m}$ ;  $t = 0.375 \text{ m}$ ;  $s = 2.40 \text{ m}$

A continuación, se muestra la obtención del coste unitario de esta unidad de obra:

Paso salvacunetas vadeable	Coste	Rendimiento	COSTE UNITARIO
Capataz	25,00 €/h	0,038 h	<b>0,95 €</b>
Oficial 1ª	22,00 €/h	0,065 h	<b>1,43 €</b>
Peón especialista	18,00 €/h	0,05 h	<b>0,90 €</b>
Peón señalista	18,00 €/h	0,053 h	<b>0,95 €</b>
Excavación mecánica en zanjas y pozos	8,00 €/m <sup>3</sup>	0,15 m <sup>3</sup>	<b>1,20 €</b>
Encofrado paramentos rectos	20,00 €/m <sup>2</sup>	0,25 m <sup>2</sup>	<b>5,00 €</b>
Zahorra artificial procedente de cantera	4,50 €/tn	0,44 tn	<b>1,98 €</b>
Plus tte	2,50 €/tn	0,44 tn	<b>1,10 €</b>
Rodillo vibratorio	65,00 €/h	0,02 h	<b>1,30 €</b>
Hormigón HNE-20/b/20	60,25 €/m <sup>3</sup>	0,15 m <sup>3</sup>	<b>9,04 €</b>
Acero B-500-T	0,85 €/Kg	5,52 Kg	<b>4,69 €</b>
	<b>COSTE UNITARIO</b>		<b>28,54 €/m<sup>2</sup></b>

Se estima un **rendimiento de 1 ud/día** y un **coste unitario de 28,54 €/m<sup>2</sup>**:

$$- \text{Rendimiento} = 2,75 \cdot 1,25 \text{ m}^2/\text{ud} \cdot 1 \text{ ud}/\text{día} = 3,4375 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\text{Tiempo paso salvacunetas vadeable} = \frac{57,188 \text{ m}^2}{3,4375 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}} = 17 \text{ días}$$

$$\text{Coste paso salvacunetas vadeable} = 57,188 \text{ m}^2 \cdot 28,54 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} = 1.632,15 \text{ €}$$

### 2.2.2.2 Paso salvacunetas con rejilla electrosoldada para cuneta triangular de 75 cm

Además de los pasos salvacunetas vadeables se construirán varios pasos salvacunetas con rejilla electrosoldada abatible en la parte superior.

Al igual que para la partida anterior, se ejecutará un lecho de zahorra, se colocará un mallazo, se encofrará y se hormigonará el paso salvacunetas. Cuando el hormigón haya obtenido resistencia suficiente se colocará la rejilla electrosoldada en la parte superior.

A continuación, se muestra la obtención del coste unitario de esta unidad de obra:

<b>Paso salvacunetas rejilla electrosoldada cuneta triangular de 75</b>	<b>Coste</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>COSTE UNITARIO</b>
Capataz	25,00 €/h	0,008 h	<b>0,20 €</b>
Oficial 1ª	22,00 €/h	0,157 h	<b>3,45 €</b>
Peón especialista	18,00 €/h	0,1 h	<b>1,80 €</b>
Peón señalista	18,00 €/h	0,05 h	<b>0,90 €</b>
Excavación mecánica en zanjas y pozos	8,00 €/m <sup>3</sup>	0,2 m <sup>3</sup>	<b>1,60 €</b>
Encofrado paramentos rectos	20,00 €/m <sup>2</sup>	0,35 m <sup>2</sup>	<b>7,00 €</b>
Zahorra artificial procedente de cantera	4,50 €/tn	0,2 tn	<b>0,90 €</b>
Plus tte	2,50 €/tn	0,352 tn	<b>0,88 €</b>
Rodillo vibratorio	65,00 €/h	0,01 h	<b>0,65 €</b>
Hormigón HA-25/b/20 IIa	70,25 €/m <sup>3</sup>	0,165 m <sup>3</sup>	<b>11,59 €</b>
Acero B-500-T	0,85 €/Kg	3,25 Kg	<b>2,76 €</b>
Rejilla electrosoldada galvanizada	50,00 €/m	1 m	<b>50,00 €</b>
	<b>COSTE UNITARIO</b>		<b>81,74 €/m</b>

Se estima un **rendimiento de 40 m/semana** y un **coste unitario de 81,74 €/m**:

$$\text{Tiempo paso salvacunetas rejilla electrosoldada} = \frac{248,77 \text{ m}}{40 \frac{\text{m}}{\text{semana}} * \frac{1 \text{ semana}}{5 \text{ días}}} = 31 \text{ días}$$

$$\text{Coste paso salvacunetas rejilla electrosoldada} =$$

$$= 248,77 \text{ m} * 81,74 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 20.334,46 \text{ €}$$

### 2.2.3 TUBOS, ARQUETAS Y POZOS DE REGISTRO

#### 2.2.3.1 Arqueta HA-25 con rejilla desagüe cuneta, 80x60 cm<sup>2</sup>, clase C-250

El proyecto incluye la construcción de 7 arquetas de hormigón HA-25 con rejilla para desagüe de cuneta.

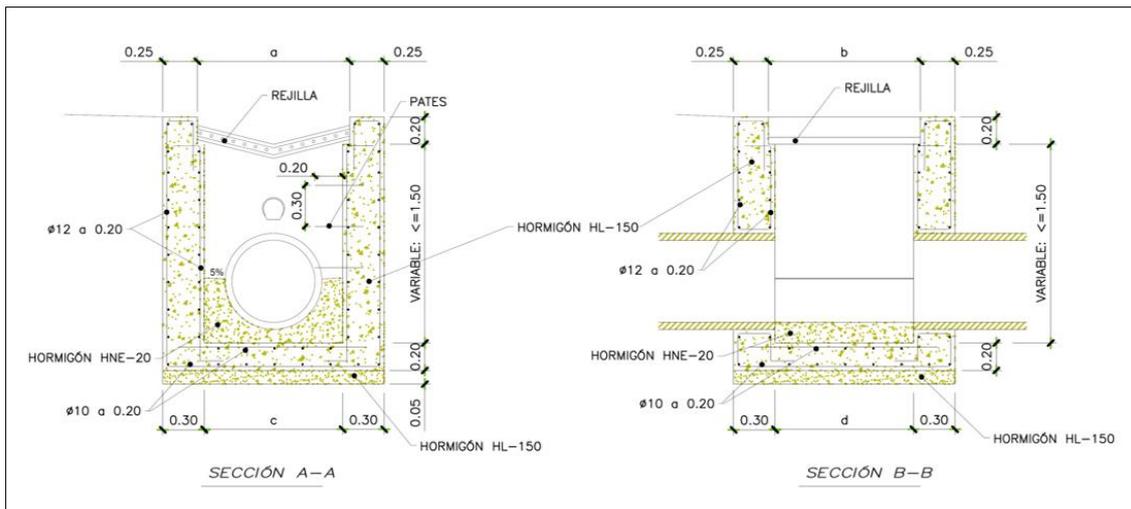


Figura 10. Alzados de arqueta.

La construcción comienza con la excavación y compactación del terreno en el que se apoyará la arqueta. A continuación, se vierte una capa base de hormigón de limpieza. Tras el fraguado de la base, se colocan las armaduras, se realiza el encofrado de la arqueta y se hormigonan las paredes. Antes de retirar el encofrado se vibrará el hormigón.

Tras el fraguado de las paredes se ejecuta el lecho de hormigón en masa con una pendiente descendente hacia el tubo que recoge las aguas.

Finalmente, se coloca la tapa de rejilla metálica en la parte superior de la arqueta para evitar la introducción de sólidos grandes al conducto de saneamiento.

A continuación, se muestra la obtención del coste unitario de esta unidad de obra:

Arqueta HA-25 con rejilla desagüe cuneta, 80x60 cm <sup>2</sup> , clase C-250	Coste	Rendimiento	COSTE UNITARIO
Capataz	25,00 €/h	0,9 h	22,50 €
Oficial 1 <sup>a</sup>	22,00 €/h	0,85 h	18,70 €
Peón	18,00 €/h	0,85 h	15,30 €
Excavación mecánica en zanjas y pozos	8,00 €/m <sup>3</sup>	4,5 m <sup>3</sup>	36,00 €
Relleno con productos procedentes de la excavación	2,00 €/m <sup>3</sup>	2,25 m <sup>3</sup>	4,50 €
Encofrado paramentos rectos	20,00 €/m <sup>2</sup>	9,6 m <sup>2</sup>	192,00 €
Acero en barras corrugadas, B-500 S	0,85 €/Kg	40 Kg	34,00 €
Vibrador de hormigón	3,50 €/h	0,4 h	1,40 €
Hormigón HA-25/b/20 IIa	70,25 €/m <sup>3</sup>	1,33 m <sup>3</sup>	93,43 €
Hormigón HNE-20/B/20	60,25 €/m <sup>3</sup>	0,15 m <sup>3</sup>	9,04 €
Hormigón HL-150/B/20	57,95 €/m <sup>3</sup>	0,084 m <sup>3</sup>	4,87 €
Pate de polipropileno	7,00 €/ud	3 ud	21,00 €
Marco y rejilla de fundición 70x70	100,00 €/ud	1 ud	100,00 €
<b>COSTE UNITARIO</b>			<b>552,74 €/ud</b>

Se estima un **rendimiento de 1ud/3días** y un **coste unitario de 552,74 €/ud**:



$$\text{Tiempo arqueta HA} - 25 \text{ con rejilla para desagüe de cuneta} = \frac{7 \text{ ud}}{\frac{1 \text{ ud}}{3 \text{ día}}} = 21 \text{ días}$$

$$\text{Coste arqueta HA} - 25 \text{ con rejilla para desagüe de cuneta} = 7 \text{ ud} * 552,74 \frac{\text{€}}{\text{ud}} = 3.869,16 \text{ €}$$

### 2.2.3.2 Arqueta de hormigón de 100 cm de diámetro interior, clase C-250

El proyecto incluye también la ejecución de 7 arquetas de hormigón de 100 cm de diámetro interior.

El proceso constructivo será el mismo que el definido para la anterior unidad de obra y, en este caso, se ha obtenido el siguiente coste unitario:

Arqueta de hormigón de 100 cm de diámetro interior, clase C-250	Coste	Rendimiento	COSTE UNITARIO
Capataz	25,00 €/h	0,056 h	1,40 €
Oficial 1ª	22,00 €/h	0,55 h	12,10 €
Peón	18,00 €/h	0,55 h	9,90 €
Excavación mecánica en zanjas y pozos	8,00 €/m <sup>3</sup>	4,2 m <sup>3</sup>	33,60 €
Relleno con productos procedentes de la excavación y/o prestamos	2,00 €/m <sup>3</sup>	1,9 m <sup>3</sup>	3,80 €
Vibrador de hormigón	3,50 €/h	0,23 h	0,81 €
Hormigón HL-150/B/20	57,95 €/m <sup>3</sup>	0,16 m <sup>3</sup>	9,27 €
Hormigón HNE-20/B/20	60,25 €/m <sup>3</sup>	1,3 m <sup>3</sup>	78,33 €
Encofrado paramentos curvos VISTO	33,00 €/m <sup>2</sup>	4,75 m <sup>2</sup>	156,75 €
Encofrado paramentos curvos OCULTO	20,00 €/m <sup>2</sup>	4,75 m <sup>2</sup>	95,00 €
Pate de polipropileno	7,00 €/ud	3 ud	21,00 €
Marco y tapa de registro d=60 cm	100,00 €/ud	1 ud	100,00 €
		<b>COSTE UNITARIO</b>	<b>521,95 €/ud</b>

Al igual que para las arquetas con rejilla, se estima un **rendimiento de 1ud/3días** y en este caso se ha estimado un **coste unitario de 521,95 €/ud**:

$$\text{Tiempo arqueta de hormigón de 100 cm de diámetro interior} = \frac{7 \text{ ud}}{\frac{1 \text{ ud}}{3 \text{ día}}} = 21 \text{ días}$$

$$\text{Coste arqueta de hormigón de 100 cm de diámetro interior} = 7 \text{ ud} * 521,95 \frac{\text{€}}{\text{ud}} = 3.653,66 \text{ €}$$

### 2.2.3.3 Recrecido y finalización de arqueta o pozo existente

En el proyecto se incluye el recrecido y la finalización de las arquetas o pozos de registro ejecutados en el anterior y en el presente proyecto.

A continuación, se muestra la obtención del coste unitario de esta unidad de obra:

<b>Recrecido finalizacion de arqueta o pozo existente</b>	<b>Coste</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>COSTE UNITARIO</b>
Capataz	25,00 €/h	0,078 h	<b>1,95 €</b>
Oficial 1ª	22,00 €/h	0,8 h	<b>17,60 €</b>
Peón	18,00 €/h	1,3 h	<b>23,40 €</b>
Ladrillo perforado de 29x11,5*7 cm	0,08 €/ud	34 ud	<b>2,72 €</b>
Marco y rejilla de fundicion 70x70	100,00 €/ud	1 ud	<b>100,00 €</b>
Mortero M-450 de central	90,00 €/m3	0,1 m3	<b>9,00 €</b>
P.P. de enfoscado y bruñido interior	110,16 €/%	0,05 %	<b>5,51 €</b>
<b>COSTE UNITARIO</b>			<b>160,18 €/ud</b>

Se estima un **rendimiento de 10 recrecidos/semana** y un **coste unitario de 160,18 €/ud**:

$$\text{Tiempo Recrecido y finalizacion de arqueta o pozo} = \frac{50 \text{ ud}}{\frac{10 \text{ ud}}{\text{semana}} * \frac{\text{semana}}{5 \text{ días}}} = 25 \text{ días}$$

**Coste recrecido y finalización de arquetas y pozos existentes =**

$$= 50 \text{ ud} * 160,18 \frac{\text{€}}{\text{ud}} = 8.008,90 \text{ €}$$

#### 2.2.3.4 Tubo de PVC-L-R-H/315

En primer lugar, se excavarán las zanjas correspondientes a cada tramo de tubo.

Tras la excavación, se nivelará y compactará el terreno y se verterá una capa base de hormigón de limpieza. Una vez ha fraguado la capa base, se posiciona el tubo y se ancla ligeramente para evitar el levantamiento por empuje del hormigón fresco que se va a verter a continuación. Una vez colocado y anclado, se vierte el hormigón hasta que quede formada la media caña donde apoyará el tubo. Tras el fraguado de esta capa, se realiza una segunda fase de hormigonado con hormigón HNE-20 en el que se cubre el tubo por completo.

Finalmente, se rellenará el resto de la zanja con zahorra procedente de cantera hasta llegar a la cota de superficie y se compactará para darle el acabado correcto.

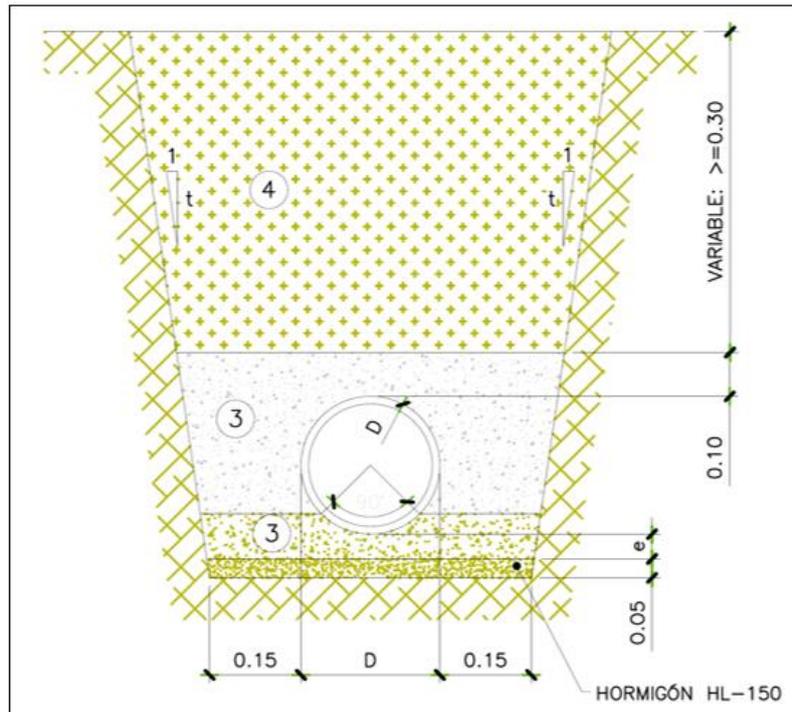


Figura 11. Tubo de PVC en sección reforzada con hormigón en lecho de asiento.

A continuación, se muestra la obtención del coste unitario de esta unidad de obra:

Tubo de PVC-L-R-H/315	Coste	Rendimiento	COSTE UNITARIO
Capataz	25,00 €/h	0,008 h	<b>0,20 €</b>
Oficial 1ª	22,00 €/h	0,0075 h	<b>0,17 €</b>
Peón especialista	18,00 €/h	0,015 h	<b>0,27 €</b>
Peón	18,00 €/h	0,01 h	<b>0,18 €</b>
Excavación mecánica en zanjas y pozos	8,00 €/m <sup>3</sup>	0,875 m <sup>3</sup>	<b>7,00 €</b>
Hormigón HL-150/B/20	57,95 €/m <sup>3</sup>	0,031 m <sup>3</sup>	<b>1,80 €</b>
Hormigón HNE-20/B/20	60,25 €/m <sup>3</sup>	0,288 m <sup>3</sup>	<b>17,35 €</b>
Tubo PVC liso 315 mm sin presión	25,00 €/m	1 m	<b>25,00 €</b>
Zahorra artificial procedente de cantera	4,50 €/tn	0,825 tn	<b>3,71 €</b>
Plus tte	2,50 €/tn	0,825 tn	<b>2,06 €</b>
Pala mixta 9 tn	45,00 €/h	0,05 h	<b>2,25 €</b>
Compactador vibratorio de bandeja	3,08 €/h	0,005 h	<b>0,02 €</b>
<b>COSTE UNITARIO</b>			<b>60,00 €/m</b>

Se estima un **rendimiento de 80 m/día** y un **coste unitario de 60 €/m**:

$$\text{Tiempo tubo de PVC - L - R - H/315} = \frac{230 \text{ m}}{80 \frac{\text{m}}{\text{día}}} = 3 \text{ días}$$

$$\text{Coste tubo de PVC - L - R - } \frac{H}{315} = 230 \text{ m} * 60 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 13.800 \text{ €}$$

### 2.2.3.5 Tubo de HM-RH/500

Se incluye la ejecución de varios tubos de hormigón en masa y su proceso constructivo será igual que el de los tubos de PVC.

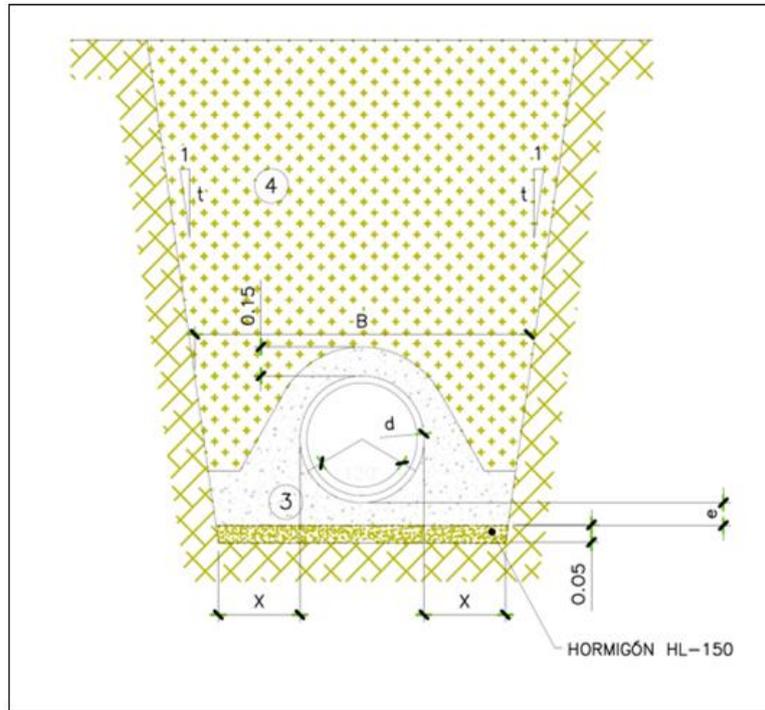


Figura 12. Tubo de hormigón en masa en sección reforzada con hormigón en lecho de asiento.

A continuación, se muestra la obtención del coste unitario de esta unidad de obra:

Tubo de HM-RH/500	Coste	Rendimiento	COSTE UNITARIO
Capataz	25,00 €/h	0,01 h	<b>0,25 €</b>
Oficial 1ª	22,00 €/h	0,02 h	<b>0,44 €</b>
Peón	18,00 €/h	0,04 h	<b>0,72 €</b>
Peón señalista	18,00 €/h	0,04 h	<b>0,72 €</b>
Excavación mecánica en zanjas y pozos	8,00 €/m <sup>3</sup>	1,2 m <sup>3</sup>	<b>9,60 €</b>
Hormigón HL-150/B/20	57,95 €/m <sup>3</sup>	0,04 m <sup>3</sup>	<b>2,32 €</b>
Hormigón HNE-20/B/20	60,25 €/m <sup>3</sup>	0,17 m <sup>3</sup>	<b>10,24 €</b>
Tubo hormigón masa D=500 mm	40,00 €/m	1 m	<b>40,00 €</b>
Zahorra artificial procedente de cantera	4,50 €/tn	1,45 tn	<b>6,53 €</b>
Plus tte	2,50 €/tn	1,45 tn	<b>3,63 €</b>
Pala mixta 9 tn	45,00 €/h	0,15 h	<b>6,75 €</b>
Rodillo vibratorio autopropulsado de 7 Tr	65,00 €/h	0,015 h	<b>0,98 €</b>
<b>COSTE UNITARIO</b>			<b>82,17 €/m</b>

Se estima un **rendimiento de 60 m/día** y un **coste unitario de 82,17 €/m**:

$$\text{Tiempo tubo de HM - RH/500} = \frac{38 \text{ m}}{60 \frac{\text{m}}{\text{día}}} = 1 \text{ día}$$

$$\text{Coste tubo de HM - RH/500} = 38 \text{ m} * 82,17 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 3.122,29 \text{ €}$$



#### 2.2.4 ZANJA DRENANTE CON DREN PROFUNDO D-160

Se excavarán 2 zanjas en las que se ejecutará un lecho de hormigón en masa, una vez haya endurecido el hormigón se colocará un tubo dren de PVC de 160 mm de diámetro, se rellenarán las zanjas de material drenante y, finalmente, se compactará adecuadamente.

A continuación, se muestra la obtención del coste unitario de esta unidad de obra:

<b>Zanja drenante con dren profundo D-160</b>	<b>Coste</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>COSTE UNITARIO</b>
Capataz	25,00 €/h	0,008 h	<b>0,20 €</b>
Peón especialista	18,00 €/h	0,1 h	<b>1,80 €</b>
Peón señalista	18,00 €/h	0,1 h	<b>1,80 €</b>
Excavación mecánica en zanjas y pozos	8,00 €/m <sup>3</sup>	0,35 m <sup>3</sup>	<b>2,80 €</b>
Extensión y compactación material	2,00 €/m <sup>3</sup>	0,3 m <sup>3</sup>	<b>0,60 €</b>
Hormigón HNE-20/B/20	60,25 €/m <sup>3</sup>	0,05 m <sup>3</sup>	<b>3,01 €</b>
Tubo dren PVC de 160 mm	2,00 €/m	1 m	<b>2,00 €</b>
	<b>COSTE UNITARIO</b>		<b>12,21 €/m</b>

Se estima un **rendimiento de 50 m/día** y un **coste unitario de 12,21 €/m**:

$$\text{Tiempo zanja drenante con dren profundo. } D - 160 = \frac{175 \text{ m}}{50 \frac{\text{m}}{\text{día}}} = 4 \text{ días}$$

$$\text{Coste zanja drenante con dren profundo. } D - 160 =$$

$$= 175 \text{ m} * 12,21 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 2.137,19 \text{ €}$$

## 2.3 FIRMES Y PAVIMENTOS

La ejecución de los firmes se realizará una vez se prepare la traza, tras los movimientos de tierras y excavaciones, los trabajos de drenaje pertinentes y la construcción de la estructura proyectada sobre el río Yera.

El Puerto de Estacas de Trueba seguirá dando servicio a los usuarios durante la ejecución de las obras por lo que se utilizará señalización semafórica móvil para restringir el tráfico por un único carril en los tramos afectados. Se cortará el tráfico excepcionalmente durante la extensión y compactación de zahorra en 2 tramos pertenecientes al trazado (se detallará más adelante).

En el proyecto se distinguen 3 secciones estructurales de firmes:

- **Tramo 1** entre el PK 0+000 y el PK 0+925 en el que únicamente se ejecutará la capa de rodadura de 4 cm de espesor de mezcla tipo AC-16-Surf-B60/70-S.
- **Tramo 2** correspondiente al resto del trazado principal en el que se contempla la ejecución de la siguiente sección estructural:
  - Capa intermedia de aglomerado de 5 cm de espesor de mezcla tipo AC-22-bin-B60/70-S en los tramos en los que la condición del firme esté en malas condiciones.
  - Capa de rodadura de 4 cm de espesor de mezcla tipo AC-16-Surf-B60/70-S.
- **Tramos 3 y 4** correspondientes a 2 curvas en las que se contempla la variación de la rasante. La sección estructural del firme en estos tramos estará constituida por:
  - 3 capas de zahorra de 20 cm de espesor cada una, conformando una capa de 60 cm en total.
  - Capa intermedia de aglomerado de 5 cm de espesor de mezcla tipo AC-22-bin-B60/70-S.
  - Capa de rodadura de 4 cm de espesor de mezcla tipo AC-16-Surf-B60/70-S.
- **Aparcamientos y miradores** en las zonas altas del puerto. La sección estructural de los aparcamientos estará constituida por:
  - Una capa de zahorra de 30 cm de espesor, conformada por una primera capa base de 10 cm y otra capa de 20 cm.
  - Capa intermedia de aglomerado de 5 cm de espesor de mezcla tipo AC-22-bin-B60/70-S.
  - Capa de rodadura de 4 cm de espesor de mezcla tipo AC-16-Surf-B60/70-S.
  - En los **miradores** únicamente se construirán aceras y bordillos.

A continuación, se detalla el proceso constructivo de las distintas secciones estructurales de firme expuestas como los costes directos y tiempo de ejecución estimados.

### 2.3.1 TRAMO 1: PK 0+000 - PK 0+925

Los primeros 400 metros de trazado del proyecto discurren por el núcleo urbano de Vega de Pas y en ellos no se realizará ensanche de la plataforma, por lo tanto, no se modificará la sección actual. Tal y como se ha explicado en el apartado de trabajos preliminares, se ha realizado el fresado del pavimento en frío, quedando las capas intermedias del trazado en buenas condiciones y siendo necesario únicamente el refuerzo del firme mediante la extensión de la capa de rodadura, tratándose de la actuación mínima de refuerzo correspondiente al apartado de firmes y pavimentos de la obra.

En los siguientes 525 metros también se realizará únicamente el refuerzo del firme mediante la extensión de la capa de rodadura. La actuación será mínima porque durante la ejecución del proyecto original de ensanche de la plataforma y regeneración del firme se extendió una capa de mezcla bituminosa con el objetivo de no arruinar todos los trabajos ejecutados hasta la fecha de la suspensión del contrato. Esta capa se encuentra en perfectas condiciones y puede ser totalmente aprovechable como capa intermedia.

A continuación, se detalla la ejecución del paquete de firmes del primer tramo del trazado:

### 1) Aplicación del riego de adherencia

Antes del riego de la emulsión termoadherente debe prepararse la superficie de manera adecuada. Para ello se utilizarán barredoras mecánicas, máquinas de aire a presión o cualquier otro medio adecuado que asegure la correcta limpieza de la superficie.

El riego de adherencia será una emulsión bituminosa termoadherente tipo C60B3 TER de rotura rápida y su dotación será de 0,4 Kg/m<sup>2</sup>. Al tratarse de un riego de rotura rápida se realizará la misma mañana en la que se extenderá el aglomerado.

Por último, se utilizará un camión cisterna equipado con una barra difusora que irá regulando la dotación necesaria e irá realizando el riego a medida que avanza.

Se estima un **coste unitario de 510 €/tn** y el siguiente coste directo (incluye el coste del riego de adherencia de todas las secciones del trazado):

$$\text{Coste riego de adherencia} = 510 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 34,910 \text{ tn} = 17.804,10 \text{ €}$$

### 2) Extensión y compactación de la capa de rodadura; capa de 4 centímetros de espesor.

Se emplearán áridos silíceos y betún PMB 45/80-60 modificado con polímeros especiales para mezclas bituminosas en capa de rodadura.

Se utilizará una máquina extendidora para extender el aglomerado. La máquina estará equipada con una tolva frontal que recibe el aglomerado que le va proporcionando el camión bañera e irá extendiéndolo a plancha fija. Por otro lado, se tatará el remolque del camión con un toldo para prevenir que la mezcla se moje en caso de lluvia y para asegurar que la temperatura de esta antes de ser extendida sea siempre superior a 135 °C.

La compactación de la capa de mezcla bituminosa se realizará en primer lugar con un compactador de rodillos vibrantes (rodillo delantero y trasero) y después con un compactador de neumáticos para cerrar y lograr una buena apariencia superficial.

Tal y como se ha detallado al inicio del apartado, los firmes se ejecutarán manteniendo la circulación en la calzada por lo que la extendidora trabajará en uno de los sentidos durante la mañana y en el otro sentido por la tarde. Mediante este proceso se cierra la junta en caliente y se evita la infiltración del agua que, con el paso del tiempo, puede producir problemas en las capas inferiores del trazado.

En la recepción de la obra se realizará la comprobación del índice IRI para comprobar que la nivelación de la capa de rodadura es la especificada en el proyecto.

Se estima un **rendimiento de 400 tn/día (extensión y compactación)** y un **coste unitario de 29 €/tn para la mezcla bituminosa en caliente** y de **680 €/tn para el betún PMB 45/80-60**



(incluyen el coste de la mezcla bituminosa y del betún correspondiente a toda la capa de rodadura del trazado):

$$\text{Tiempo MBC, en capa de rodadura} = \frac{6963,36 \text{ tn}}{400 \frac{\text{tn}}{\text{día}}} = 18 \text{ días}$$

$$\text{Coste MBC, en capa de rodadura} = 29 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 6963,36 \text{ tn} = 201.937,44 \text{ €}$$

$$\begin{aligned} \text{Coste Betún PMB 45/80 – 60 o PMB 45/80 – 65 modificado con polímeros} = \\ = 680 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 348,168 \text{ tn} = 236.754,24 \text{ €} \end{aligned}$$

### 2.3.2 TRAMO 2: PK 0+925 - PK 14+300 (CORONACION DEL PUERTO)

Corresponde al resto del trazado de la carretera, desde el PK 0+925 hasta la coronación del Puerto de las Estacas de Trueba en el límite con la Comunidad Autónoma de Castilla y León.

Tal y como se ha comentado en el apartado de introducción, este proyecto se fundamenta en la finalización de las obras de acondicionamiento de la plataforma de la carretera CA-631 que los distintos problemas geotécnicos ocurridos durante el proyecto inicial obligaron a suspender. Con motivo de no arruinar todos los trabajos realizados hasta la fecha de la resolución del contrato se extendió una capa de mezcla bituminosa para que sirviese como capa de protección y, a su vez, de rodadura durante el tiempo en el que se redactase, licitase y adjudicase el proyecto actual. Esta capa se encuentra a lo largo de la mayor parte del tramo en buenas condiciones y puede ser totalmente aprovechable como capa intermedia. A pesar de ello, en el proyecto se incluyen varias unidades de obra en las que se contempla la extensión de una capa de regularización adicional previa a la capa de rodadura final para las zonas en las que a causa del tráfico o de la climatología (se trata de un puerto de montaña) hayan podido verse deterioradas.

En este apartado, se explicará el proceso constructivo desde la aplicación de la capa de regularización adicional (por si en algún tramo se necesita de esta actuación) hasta la aplicación de la capa de rodadura final:

#### 1) Aplicación del riego de adherencia previo a la capa de regularización

El riego de adherencia previo a la extensión y compactación de la capa de regularización se realizará con los mismos medios y procedimiento que en el primer tramo del trazado.

#### 2) Extensión y compactación de la capa de regularización; capa de 5 centímetros de espesor.

Se trata de una mezcla bituminosa elaborada con áridos calizos y betún convencional 60/70.

Al tratarse de una capa intermedia deben efectuarse los trabajos de replanteo antes de extender el aglomerado. Para ello se hincarán piquetes cada 10 metros dispuestos con pletinas horizontales que sostienen un cable sustentador que la extendidora irá palpando a medida que va avanzando. Además de funcionar como referencia, también señala la cota a la que debe finalizarse la capa de mezcla bituminosa.

La extensión y compactación de la capa de regularización se realizará con los mismos medios y procedimiento que se ha detallado en la capa de rodadura del primer tramo del trazado.

Se estima un **rendimiento de 400 tn/día** y los siguientes costes unitarios:



- **Coste Unitario MBC, en capa de regularización = 24 €/tn**
- **Coste Unitario betún de cualquier penetración = 480 €/tn**

Por lo tanto, se obtienen los siguientes costes directos y tiempo de ejecución de la capa de regularización (se incluyen el coste de la capa de mezcla bituminosa en capa de regularización y el betún de todas las secciones del proyecto):

$$\text{Tiempo MBC, en capa de regularización} = \frac{1.949,563 \text{ tn}}{400 \frac{\text{tn}}{\text{día}}} = 5 \text{ días}$$

$$\text{Coste MBC, en capa de regularización} = 24 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 1.949,563 \text{ tn} = 46.789,51 \text{ €}$$

$$\text{Coste Betún de cualquier penetración} = 480 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 87,73 \text{ tn} = 42.110,40 \text{ €}$$

### 3) Aplicación del riego de adherencia previo a la capa de rodadura

El riego de adherencia previo a la extensión de la capa de rodadura se realizará con los mismos medios y procedimiento detallado en el primer tramo del trazado.

### 4) Extensión y compactación de la capa de rodadura; capa de 4 centímetros de espesor

La extensión y compactación de la capa de rodadura se realizará del mismo modo que se ha realizado en el primer tramo del trazado.

#### 2.3.3 TRAMOS 3 Y 4: PK 7+680 - PK 7+760 Y PK 10+620 - PK 10+720

Ambos tramos corresponden 2 de las curvas más pronunciadas del trazado por lo que se ha proyectado la elevación gradual de la rasante.

### 1) Extensión y compactación de zahorra procedente de cantera en 3 capas de 20 centímetros de espesor cada una.

El proveedor de zahorra para la ejecución de las distintas secciones incluidas en el proyecto será Canteras El Cubano de San Pedro de Romeral.

La capa tendrá un espesor total de 60 centímetros que se extenderá en 3 capas de 20 centímetros de espesor cada una.

No se realizará la extensión de la primera capa de zahorra hasta que se finalicen las comprobaciones reglamentarias sobre la regularidad y el estado de la superficie sobre la que se asentará. Este es un paso muy importante porque asegura la calidad del extendido y que se conseguirán las cotas de rasante deseadas.

A continuación, se realizará el replanteo de las secciones transversales del trazado cada 10 metros. Para ello se colocarán estacas cada 10 metros de modo que la cabeza superior de las mismas quede al ras de la cota final a la que deberá quedar la capa. Un operario acompañará a la motoniveladora para que vaya descubriendo las estacas de modo que el maquinista las vea. Tras colocar las estacas se extenderá la primera capa de 20 cm de espesor mediante el empleo de una motoniveladora.

El siguiente paso a la extensión y nivelación de la primera capa será el riego de la misma con la ayuda de un camión cisterna para conseguir la humedad óptima de compactación.

Finalmente, se realiza la compactación de la zahorra mediante un rodillo compactador.

Las 2 capas de zahorra restantes se extenderán y compactarán mediante el mismo procedimiento que la primera.



*Figura 13. Motoniveladora nivelando una tongada de zahorra.*



*Figura 14. Camión cisterna regando la tongada de zahorra extendida y nivelada antes de la compactación.*



*Figura 15. Compactador de rodillos lisos compactando una tongada de zahorra.*



Se estima un **rendimiento de ejecución de 450 m<sup>3</sup>/día** y el siguiente coste unitario (incluye la ejecución de las bases de zahorra de todas las secciones del trazado):

- Material
  - Densidad = 2,26 tn/m<sup>3</sup>
  - Coste = 4,50 €/tn
- Transporte
  - Coste = 2 €/tn
- Motoniveladora
  - Rendimiento = 450 m<sup>3</sup>/día
  - Coste = 85 €/h
- Rodillo compactador
  - Coste = 65 €/h

$$\text{Coste Unitario Material} = 4,50 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 2,26 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} = 10,17 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Transporte} = 2 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 2,26 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} = 4,52 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Maquinaria} = \frac{(85 + 65) \frac{\text{€}}{\text{h}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{día}}}{450 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 3,33 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Unitario Zahorra procedente de cantera} = 10,17 + 4,52 + 3,33 = 18,02 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Zahorra procedente de cantera} = 18,02 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 1.872 \text{ m}^3 = 33.739,68 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo Zahorra procedente de cantera} = \frac{1872 \text{ m}^3}{450 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 5 \text{ días}$$

## 2) Aplicación del riego de imprimación

Antes de realizar el riego debe prepararse la superficie de manera adecuada. Para ello se utilizarán barredoras mecánicas, máquinas de aire a presión o cualquier otro medio adecuado que asegure la correcta limpieza de la superficie.

El riego de imprimación será una emulsión bituminosa ECI de rotura lenta con una dotación de 1 Kg/m<sup>2</sup>. El riego se realizará al menos 24 horas antes de extender la capa base de mezcla bituminosa ya que se trata de un riego de curado (rotura lenta).

Para realizar el riego se utilizará un camión cisterna con un difusor y a su paso le acompañará un operario que irá extendiendo el riego con la dotación correspondiente.

Se estima un coste unitario de 460 €/tn (incluye el coste del riego de imprimación de todas las secciones del trazado):

$$\text{Coste riego de imprimación} = 460 \frac{\text{€}}{\text{tn}} * 10,405 \text{ tn} = 4.786,30 \text{ €}$$

Tal y como se ha mencionado, se trata de una emulsión de rotura lenta por lo que se esperará como mínimo 24 horas antes de extender la capa intermedia de mezcla bituminosa sobre la zahorra. A raíz de esto, se estima un tiempo de espera de 5 días acumulados aproximadamente:

$$\text{Tiempo Emulsión ECI riego imprimación} = 5 \text{ días}$$

**3) Extensión y compactación de la capa de pavimento intermedia; capa de 5 centímetros de espesor.**

Se ejecutará tras pasar un tiempo de espera de 24 horas aproximadamente tras la extensión del riego de imprimación.

Se realizará del mismo modo que se ha ejecutado la capa intermedia de aglomerado del tramo 2 del trazado.

**4) Aplicación del riego de adherencia**

Se realizará del mismo modo que se ha realizado en el resto de las secciones del trazado.

**5) Extensión y compactación de la capa de rodadura; capa de 4 centímetros de espesor**

Se realizará del mismo modo que se ha realizado en el resto de las secciones del trazado.

**2.3.4 MIRADORES**

El proyecto contempla la construcción de 3 miradores en el último tramo del recorrido. En ellos las actuaciones que se contemplan son:

**1) Colocación del bordillo prefabricado de hormigón**

En primer lugar, se realizará una preexcavación. Después se regularizará y compactará el suelo sobre el que se extenderá un cordón de hormigón en el que se apoyará la base del bordillo cuando aún está fresco. Antes de que el hormigón haya endurecido, el operario encargado colocará manualmente el bordillo de modo que las piezas queden embebidas y bien agarradas a la base. Para ello, el operario acomodará las piezas en la posición correcta con la ayuda de un mazo de goma y realizará el rejuntado para darle el acabado final.

Se estima un **rendimiento de 60 m/día y un coste unitario de 10 €/m:**

$$\text{Tiempo bordillo de hormigón de doble capa C5 – R3,5} = \frac{93 \text{ m}}{60 \frac{\text{m}}{\text{día}}} = 2 \text{ días}$$

$$\text{Coste bordillo de hormigón de doble capa C5 – R3,5} = 10 \frac{\text{€}}{\text{m}} * 93 \text{ m} = 930 \text{ €}$$

**2) Colocación de la acera**

Las aceras se ejecutarán con baldosa de piedra natural regular. Este tajo se ejecutará una vez el bordillo está colocado. El procedimiento constructivo es similar al del bordillo de hormigón prefabricado. En primer lugar, se nivela la superficie de apoyo, a continuación, se vierte hormigón en masa y se deja que endurezca. Una vez ha endurecido, se extiende sobre este una capa de mortero de agarre y se colocan las baldosas manualmente, acomodando cada pieza sobre la superficie con la ayuda de un mazo de goma. Finalmente, al igual que con el bordillo, se realiza el rejuntado de las baldosas para darle el acabado.

Se estima un **rendimiento de 40 m<sup>2</sup>/día y un coste unitario de 40 €/m<sup>2</sup>:**

$$\text{Tiempo acera de piedra natural regular} = \frac{195 \text{ m}^2}{40 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}} = 5 \text{ días}$$

$$\text{Coste acera de piedra natural regular} = 40 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 195 \text{ m}^2 = 7.800 \text{ €}$$

### 2.3.5 APARCAMIENTOS

En el proyecto se contempla una zona de aparcamiento en cada mirador. Se opta por un estacionamiento de tipo batería recta porque se aprovecha mejor el espacio que se dispone.

#### M-7.4 ESTACIONAMIENTO EN BATERÍA

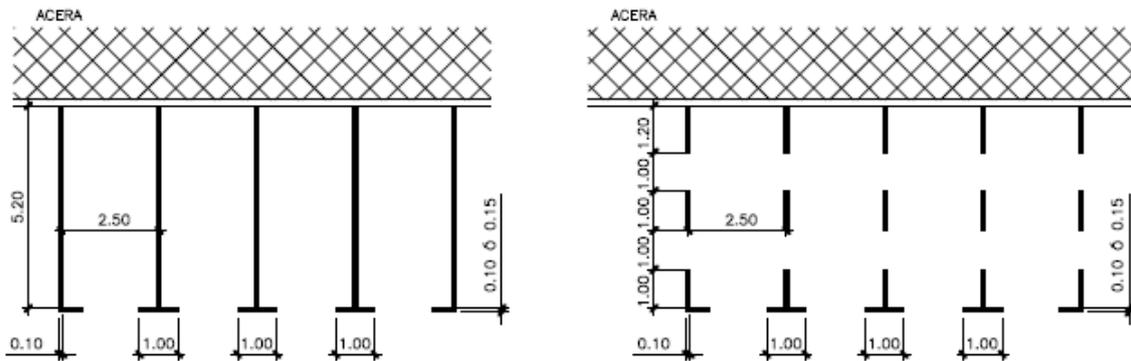


Figura 16. Estacionamiento en batería recta.

El proceso constructivo de las zonas de aparcamiento será el siguiente:

- 1) **Extensión y compactación de zahorra procedente de cantera; capa de 30 centímetros de espesor**

La capa de zahorra se ejecutará del mismo modo que en los tramos 3 y 4. En este caso, al disponer de una capa de 30 centímetros en lugar de 60, se extenderán 2 capas de zahorra; una capa base de 10 centímetros de espesor y otra capa de 20 centímetros de espesor.

- 2) **Aplicación del riego de imprimación**

El riego de imprimación sobre la capa de zahorra correspondiente a los aparcamientos anexos a los miradores se hará del mismo que en los tramos 3 y 4.

- 3) **Extensión y compactación de la capa de regularización; capa de 5 centímetros de espesor.**

Se realizará del mismo modo que se ha realizado en los tramos 3 y 4.

- 4) **Aplicación del riego de adherencia.**

Se realizará del mismo modo que se realiza en la calzada.

- 5) **Extensión y compactación de la capa de rodadura; capa de 4 centímetros de espesor**

Se realizará del mismo modo que se realiza en la calzada.

Debido a que los aparcamientos ocupan una superficie muy pequeña, a efectos de no ver el rendimiento de la ejecución la calzada afectada, se ejecutarán sin detener la maquinaria el día que



se ejecuten los firmes de la calzada adyacente. Dicho de otro modo, se evitará emplear la maquinaria y operarios correspondientes a este tajo otro día distinto.



## 2.4 PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS

En este capítulo se describirá la construcción de las distintas estructuras o acciones de refuerzo estructurales a materializar según el proyecto.

La estructura de mayor entidad a construir será el **punto sobre el Río Yera**, definido en el PK 12+380 de la carretera CA-631. Se trata de un puente de 12 metros de luz, de tipo tablero de vigas prefabricadas.

Por otro lado, se contempla el **refuerzo estructural de 3 muros de mampostería** repartidos a lo largo del trazado principal, puesto que presentan problemas de estabilidad debido a deformaciones fuera del plano tanto vertical como horizontal.

El proyecto también incluye la **construcción de un nuevo muro de escollera** de 80 m de longitud y de 2,50 m de altura entre el PK 8+740 y el PK 8+820.

Por último, se construirán **2 muretes de hormigón armado** entre el PK 7+600 y el PK 7+760 y entre el PK 10+500 y el PK 10+730.

En resumen, se construirán el puente sobre el Río Yera, un muro de escollera, 2 muretes de hormigón armado y se realizará el refuerzo estructural de 3 muros de mampostería repartidos a lo largo de la traza.

### 2.4.1 PUENTE DE VIGAS PREFABRICADAS

Se construirá un nuevo puente de tablero de vigas prefabricadas de un único vano de 12 metros de luz en el PK 12+380 de la traza.

El tablero está compuesto por 4 vigas prefabricadas de hormigón pretensado con sección en doble T de 12 m de longitud, 70 cm de canto y 100 cm de alas sobre las que se apoya una losa de hormigón armado de 9 m de ancho y 25 cm de canto.

Se trata de una estructura isostática de un único vano con una luz total entre ejes de 11,98 m. El ancho transversal de la estructura es de 9 m repartida en:

- Calzada de dos carriles de 3,00 m de anchura cada uno de ellos.
- Arcenes de anchura variable, incluyendo rigola.
- Aceras de 0,80 m, incluyendo rigola y pretil.

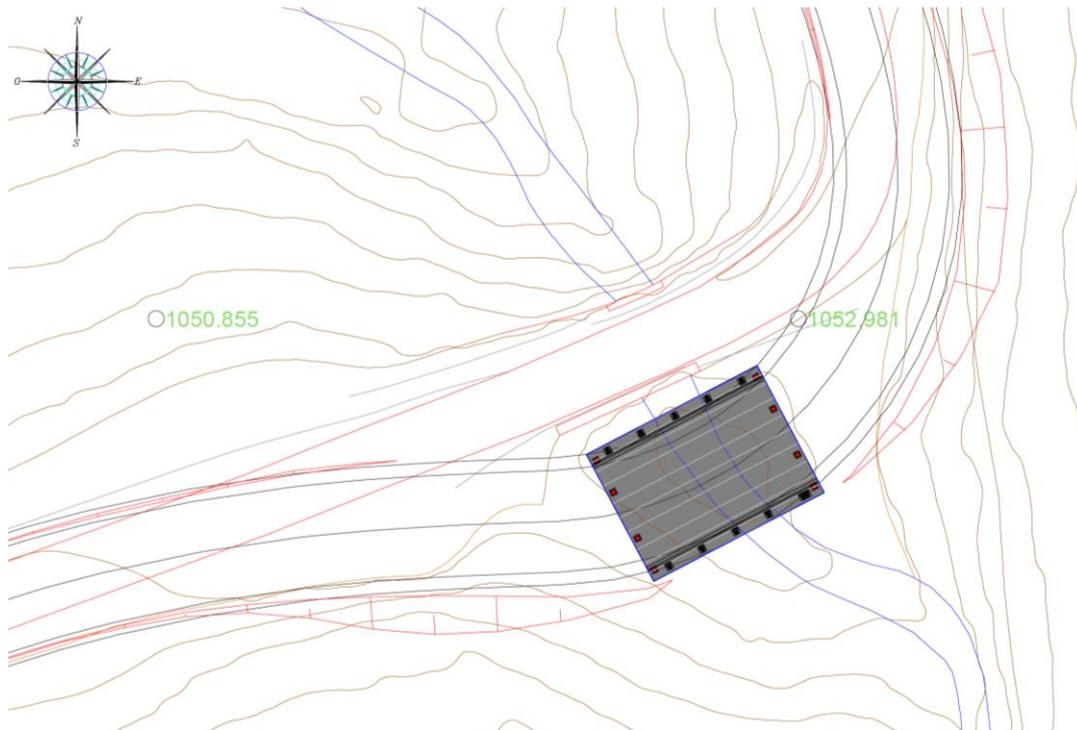


Figura 17. Planta del puente sobre el Río Yera.

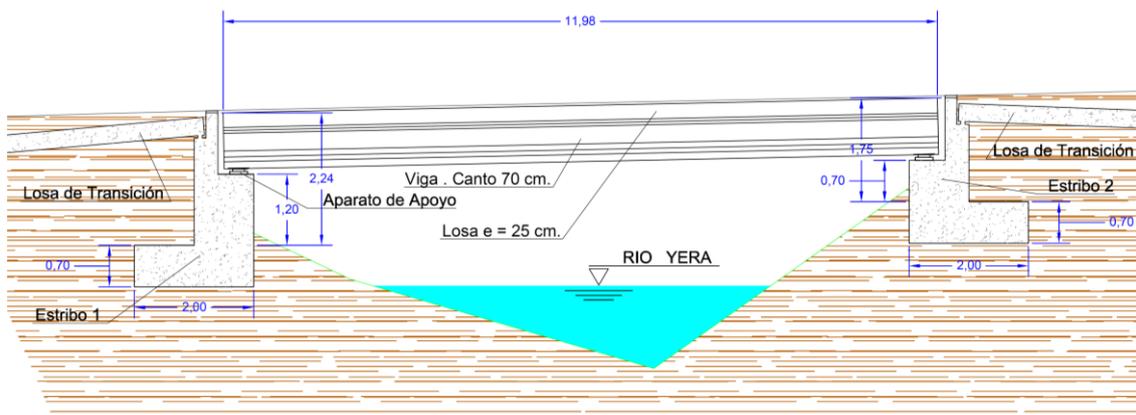


Figura 18. Alzado del puente sobre el Río Yera.

Como puede observarse, la zapata de cimentación en ambos estribos tiene unas dimensiones de 9x2x0,70 pero el alzado del estribo 1 (1,20 m) es más alto que el del estribo 2 (0,70 m).

La separación entre las vigas longitudinales es de 2,60.

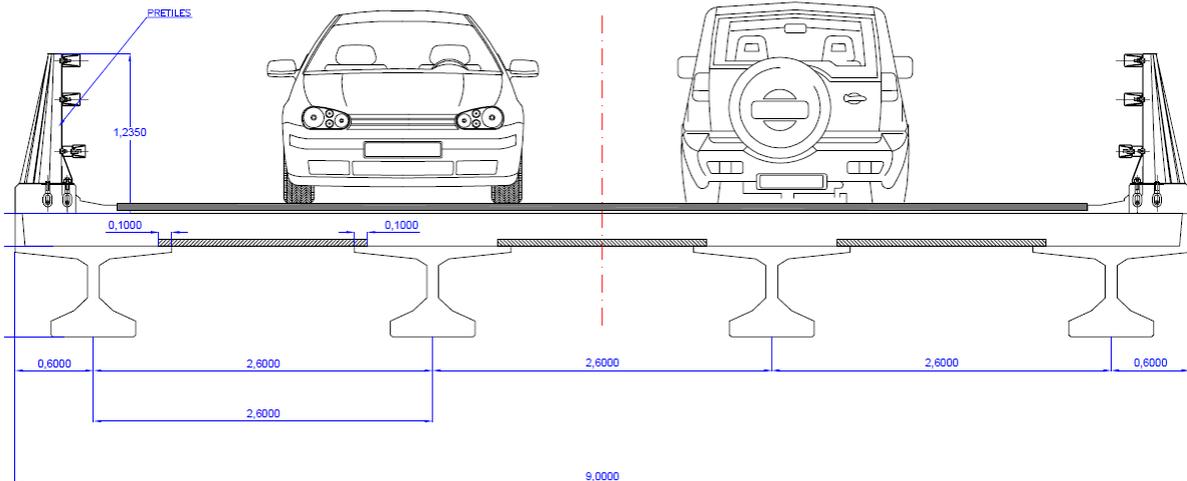


Figura 19. Sección transversal del puente sobre el Río Yera.

Una vez definidas las características geométricas del puente se procede a detallar su proceso constructivo:

### 2.4.1.1 Estribos

En primer lugar deben ejecutarse las excavaciones necesarias hasta llegar a la cota de cimentación en los futuros emplazamientos de los estribos. El procedimiento de excavación y la maquinaria necesarias se han detallado en el capítulo correspondiente a las excavaciones.

Una vez realizadas las excavaciones se prepara la superficie en la que se construirán los estribos. Estos estarán compuestos por una zapata de 2,00 x 9,00 x 0,70 m cada una y el estribo 1 tendrá una altura de 1,81 m de altura y el estribo 2 una altura de 1,31 m de altura. A continuación, se muestran los detalles geométricos de los estribos:

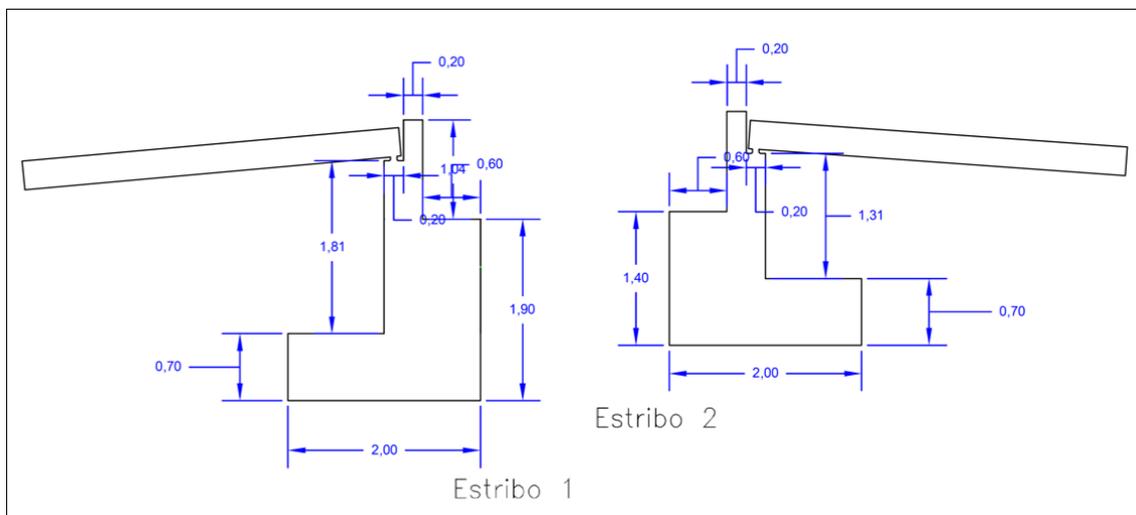


Figura 20. Alzado de los estribos.

Tras preparar el terreno de cimentación adecuadamente, se vierte una capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20 de 10 cm de espesor. Tras el fraguado de esta capa de hormigón de limpieza, el topógrafo replanteará el perímetro del encofrado de las zapatas de los estribos y, a continuación, se colocará la armadura de las zapatas según planos, se encofrará y se hormigonará con HA-25/B/IIa mediante bombeo. Durante la colocación de la ferralla se dejarán las esperas

que unirán con los fustes de los estribos debidamente protegidas con setas de PVC en sus extremos.

Una vez desencofrada la zapata, se aplicará una capa de brea-epoxi a modo de impermeabilizante sobre la superficie de la zapata que vaya a estar en contacto directo con el terreno.



Figura 21. Colocación de ferralla y encofrado de la zapata de un estribo.

Una vez desencofradas las zapatas, se continuará con la construcción de los alzados. Para ello se seguirán los mismos pasos de colocación de la ferralla, encofrado y hormigonado que el utilizado para la construcción de las zapatas y, en adición, se ejecutarán 4 mesetas de mortero autonivelante en la coronación de cada sobre las cuales se apoyarán en el futuro los aparatos de apoyo de neopreno zunchado. Se dejará la armadura de empalme con la losa de transición debidamente protegida en cada estribo para asegurar una correcta ejecución de las losas de transición más adelante.

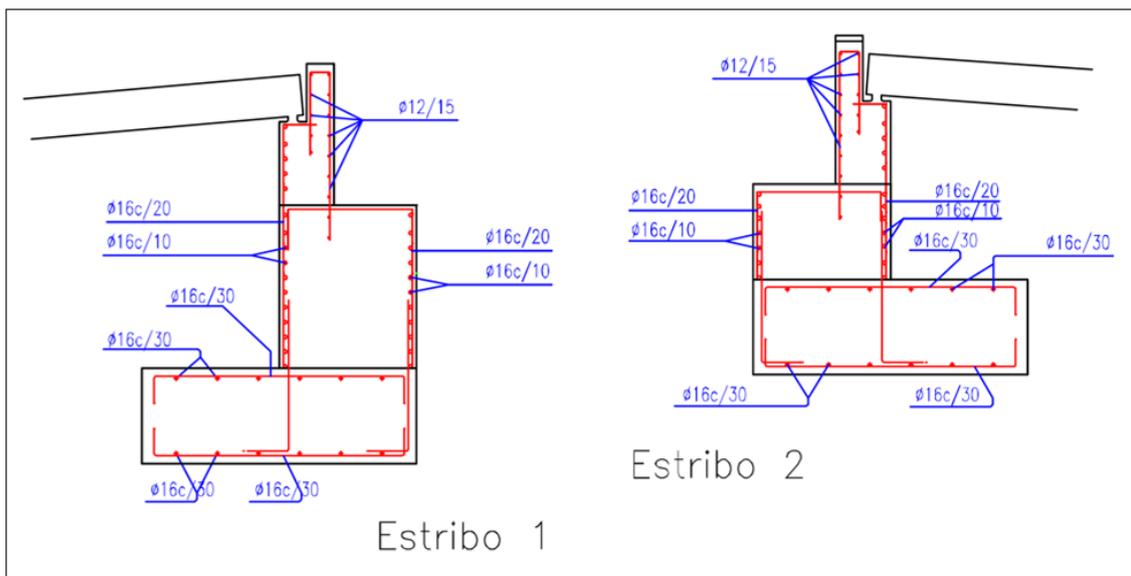


Figura 22. Detalle de armaduras de los estribos.

Se aplicará una capa de brea-epoxi a modo de impermeabilizante sobre el trasdós de los alzados de los estribos.

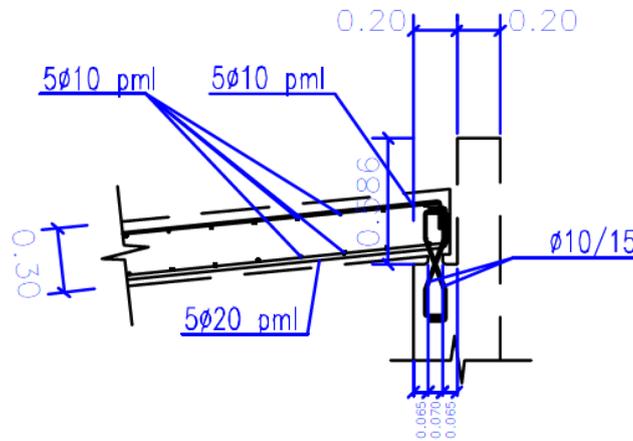


Figura 23. Detalle del empalme del estribo con la losa de transición.



Figura 24. Fuste del estribo de un puente.

Por tanto, se tienen las siguientes unidades de obra y mediciones para la ejecución de los estribos:

– **Hormigón HL-150/B/20 vertido**

Se verterá una capa de 10 cm de espesor de hormigón de limpieza HL-150/B/20 en la cimentación tal y como se ha comentado.

Se estima que se necesitará **1 día para verter el hormigón y dejarlo fraguar** y se estima el siguiente coste directo de la partida:

- Coste unitario:
  - Material = 57,95 €/m<sup>3</sup>
  - Mano de obra = 6 €/m<sup>3</sup>



$$\text{Coste unitario Hormigón HL – 150/B/20 vertido} = 57,95 + 6 = 63,95 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste Hormigón HL – 150/B/20 vertido} = 63,95 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 5,40 \text{ m}^3 = 345,33 \text{ €}$$

– **Acero B 500 S en barras corrugadas**

Se colocará armadura de acero B 500 S en barras corrugadas. Esta armadura llegará de fábrica en barras de 12 metros de longitud como máximo indiferentemente de cuál sea su diámetro y con las formas definidas en planos después de haber pasado por el taller de elaboración. En caso de existir zonas que requieran longitudes de armado mayores que 12 metros se empalmarán armaduras mediante alambres de acero que aseguren la correcta unión de armaduras.

Se estima un **coste unitario de ferralla de 0,85 €/Kg** siendo:

- Coste material = 0,50 €/Kg
- Coste mano de obra = 0,35 €/Kg

Los trabajos relacionados con la colocación de armadura los realizará un equipo de 3 oficiales de 1ª, siendo el coste de la mano de obra por hora y el rendimiento de colocación de ferralla el siguiente:

- Oficial 1ª: 22 €/h

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento Acero B 500 S en barras corrugadas} &= \frac{3 \text{ oficial } 1^{\text{a}} * 22 \frac{\text{€}}{\text{h} * \text{oficial } 1^{\text{a}}}}{0,35 \frac{\text{€}}{\text{Kg}}} = \\ &= 188,6 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \approx 190 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

$$\text{Tiempo Acero B 500 S en barras corrugadas} = \frac{6850,56 \text{ Kg}}{190 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{día}}} = 4 \text{ días}$$

$$\text{Coste Acero B 500 S en barras corrugadas} = 0,85 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} * 6850,56 \text{ Kg} = 5822,98 \text{ €}$$

– **Encofrado recto**

El encofrado necesario para construir los estribos estará compuesto por encofrado oculto recto y encofrado machihembrado recto (visto), para los cuales se estiman unos **costes unitarios de 20 €/m<sup>2</sup> y 33 €/m<sup>2</sup>** respectivamente. Del coste unitario del encofrado visto debe puntualizarse que de los 33€/m<sup>2</sup>, 22 €/m<sup>2</sup> corresponden a la mano de obra y 11 €/m<sup>2</sup> corresponden al material. El encofrado lo colocará un equipo formado por 5 oficiales, de los cuales se estiman los siguientes rendimientos:

$$\text{Rendimiento Encofrado oculto} = \frac{22 \frac{\text{€}}{\text{h} * \text{oficial}} * 5 \text{ oficiales}}{20 \frac{\text{€}}{\text{m}^2}} = 5,5 \frac{\text{m}^2}{\text{h}}$$

$$\text{Rendimiento Encofrado visto} = \frac{22 \frac{\text{€}}{\text{h} * \text{oficial}} * 5 \text{ oficiales}}{22 \frac{\text{€}}{\text{m}^2}} = 5 \frac{\text{m}^2}{\text{h}}$$



Teniendo en cuenta que se colocarán **51,07 m<sup>2</sup> de encofrado oculto** y **25,53 m<sup>2</sup> de encofrado visto** se han estimado los siguientes tiempos de ejecución y costes directos:

$$\text{Tiempo Encofrado oculto} = \frac{51,07 \text{ m}^2}{55 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}} = 1 \text{ día}$$

$$\text{Tiempo Encofrado visto} = \frac{25,53 \text{ m}^2}{50 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}} = 1 \text{ día}$$

$$\text{Tiempo Encofrado recto} = 1 + 1 = 2 \text{ días}$$

$$\text{Coste Encofrado oculto} = 20 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 51,07 \text{ m}^2 = 1.021,33 \text{ €}$$

$$\text{Coste Encofrado visto} = 33 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 25,53 \text{ m}^2 = 842,60 \text{ €}$$

$$\text{Coste Encofrado recto} = 1.021,33 + 842,60 = 1.863,93 \text{ €}$$

– **Hormigón HA-25/B/20/IIa bombeado**

Se empleará hormigón HA-25/B/20/IIa bombeado para hormigonar las zapatas y los alzados de los estribos. A diferencia que para el hormigón de limpieza, se utilizará una bomba para hormigonar las distintas estructuras, por lo que el rendimiento de ejecución de esta unidad de obra lo limitará la propia bomba. Para evitar interrupciones durante el hormigonado por rotura o cualquier otro problema derivado de la bomba, se dispondrá una bomba de reserva siempre en obra.

Se estiman el siguiente rendimiento de ejecución y coste unitario para esta unidad de obra:

- Rendimiento bomba = 40 m<sup>3</sup>/h
- Coste unitario:
  - Material = 70,25 €/m<sup>3</sup>
  - Mano de obra = 6 €/m<sup>3</sup>
  - Extra de bombeo = 5 €/m<sup>3</sup>

$$\text{Coste unitario Hormigón HA – 25/B/20/IIa bombeado} = \\ = 70,25 + 6 + 5 = 81,25 \text{ €/m}^3$$

Se tiene una medición pequeña para esta unidad, por lo que el rendimiento de la bomba permite el hormigonado de todos los elementos en 1 solo día. El problema es que las distintas fases constructivas planteadas no permiten hormigonar las estructuras en 1 día debido a que hay que realizar otras tareas entre 2 fases consecutivas de hormigonado como colocar las armaduras, encofrar y esperar al propio fraguado del hormigonado anterior. Teniendo en cuenta las razones expuestas, se estima un tiempo de hormigonado de hormigón HA-25/B/20/IIa mediante bombeo de:

<b>Hormigón HA-25/B/20/IIa bombeado</b>	<b>Medición (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tiempo (días)</b>
Zapatas estribos	25,20	<b>1,00</b>
Alzados estribos	22,50	<b>1,00</b>
<b>TOTAL</b>	47,70	<b>2,00</b>

Finalmente, se estima el siguiente coste directo para esta unidad de obra:

$$\begin{aligned} \text{Coste Hormigón HA - 25/B/20/IIa bombeado} &= \\ &= 81,25 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 47,70 \text{ m}^3 = 3.875,63 \text{ €} \end{aligned}$$

– **Impermeabilización de paramentos mediante brea-epoxi**

Esta unidad corresponde a la pintura tipo brea-epoxi que se aplicará a modo de impermeabilizante sobre las distintas superficies que estarán en contacto con el terreno durante su vida útil.

Se estima un **coste unitario de 11 €/m<sup>2</sup>**:

$$\begin{aligned} \text{Coste Impermeabilización de paramentos mediante brea - epoxi} &= \\ &= 11 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 96,5 \text{ m}^2 = 1.061,50 \text{ €} \end{aligned}$$

En total se estima el siguiente tiempo para construir los estribos:

ESTRIBOS	Tiempo (días)
Hormigón HL-150/B/20 vertido	1,00
Acero B 500 S en barras corrugadas	4,00
Encofrado recto	2,00
Hormigón HA-25/B/20/IIa bombeado	2,00
<b>TOTAL</b>	<b>9,00</b>

**2.4.1.2 Relleno de trasdós y ejecución de losa de transición**

Tras la ejecución de ambos estribos, se procede a realizar el relleno del trasdós de cada uno y la ejecución de las losas de transición. En primer lugar se realizará un relleno parcial con material drenante en cada estribo hasta la cota de losa de transición. A continuación, el topógrafo replanteará el perímetro del encofrado de las losas de transición y se procederá a colocar la ferralla, encofrar y hormigonar mediante bombeo. Estas losas tienen unas dimensiones de 9,00 x 4,00 x 0,30 m. Una vez han obtenido la resistencia suficiente, se procede a terminar el relleno hasta cota de rasante material drenante y se realizará un nuevo relleno con material todo-uno a continuación del relleno del material drenante. Los rellenos se ejecutarán con el procedimiento y maquinaria detallada en el capítulo correspondiente a los rellenos.

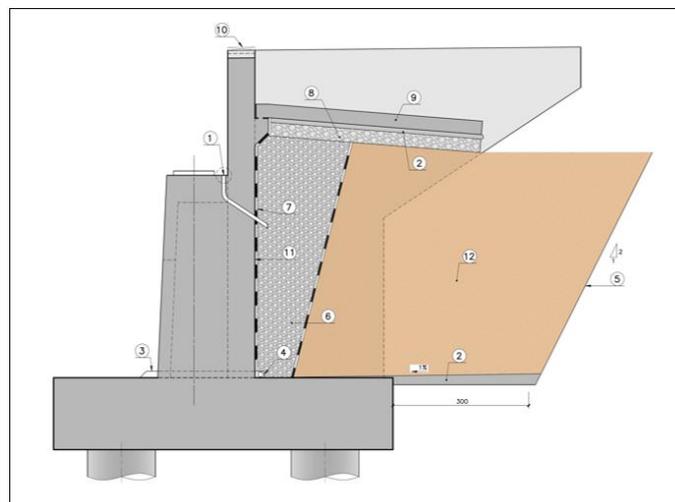


Figura 25. Ejemplo de relleno en el trasdós de los estribos (en el presente proyecto se prescinde de las aletas que se muestran en la figura).



Para la ejecución de esta fase se emplearán las siguientes unidades:

– **Relleno del trasdós con material drenante y todo-uno**

Los costes de esta unidad de obra se han detallado en el apartado 1.3 de este trabajo. A pesar de que las mediciones de relleno son muy pequeñas, no se podrán realizar los rellenos de los trasdoses en un solo día porque se construirán las 2 losas de transición de por medio. Por esta razón se estiman 2 días para realizar los rellenos:

<b>Trasdós estribos</b>	<b>Medición (m3)</b>	<b>Tiempo (días)</b>
Relleno todo-uno	100,00	<b>1,00</b>
Relleno Material drenante	75,00	<b>1,00</b>
<b>TOTAL</b>		<b>2,00</b>

– **Acero B 500 S en barras corrugadas**

Se colocará armadura de acero B 500 S en barras corrugadas. Como se ha mencionado, se estima un **coste unitario de ferralla de 0,85 €/Kg** y un **rendimiento de 190 Kg/h**:

$$\text{Tiempo Acero B 500 S en barras corrugadas} = \frac{1884 \text{ Kg}}{190 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{día}}} = 1 \text{ día}$$

$$\text{Coste Acero B 500 S en barras corrugadas} = 0,85 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} * 1884 \text{ Kg} = 1.601,40 \text{ €}$$

– **Encofrado recto**

Se empleará encofrado oculto para construir las losas de transición. Como se necesita 53,2 m2 de encofrado (incluye el encofrado de los espaldines de los estribos), se encofrará en un día y en el tiempo restante para terminar la jornada laboral se hormigonarán:

$$\text{Coste Encofrado oculto} = 20 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 53,2 \text{ m}^2 = 1.064,00 \text{ €}$$

– **Hormigón HA-25/B/20/IIa bombeado**

Se empleará hormigón HA-25/B/20/IIa bombeado para hormigonar las losas de transición. Al tratarse de 28,8 m3 de hormigón se hormigonarán las losas el mismo día que se encofran y se desencofrará y seguirá con el relleno del trasdós tras dejar 4 días para que fragüe el hormigón. Se estima el siguiente coste directo:

$$\begin{aligned} \text{Coste Hormigón HA – 25/B/20/IIa bombeado} &= \\ &= 81,25 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 28,8 \text{ m}^3 = 2.340,00 \text{ €} \end{aligned}$$

En total se estima el siguiente tiempo para realizar los rellenos y construir las losas de transición:

<b>RELLENO Y CONSTRUCCIÓN DE LOSAS DE TRANSICIÓN</b>	<b>Tiempo (días)</b>
Rellenos	2,00
Acero B 500 S en barras corrugadas	1,00
Encofrado recto y Hormigón HA-25/B/20/IIa bombeado	5,00
<b>TOTAL</b>	<b>8,00</b>

### 2.4.1.3 Colocación de las vigas prefabricadas

En primer lugar, se colocarán los aparatos de apoyo de neopreno zunchado sobre las mesetas de mortero autonivelante ejecutadas durante la construcción de los alzados de los estribos. Una vez colocados todos los apoyos se procederá a la colocación de las vigas prefabricadas sobre ellos.

Tal y como se ha mencionado, el tablero del puente se apoyará sobre 4 vigas prefabricadas de hormigón pretensado de 12 m de longitud. Estas se transportarán desde fábrica en transporte especial en 2 tandas. En primer lugar se transportarán a pie de obra 2 vigas al final de la jornada laboral, y se acopiarán sobre la calzada puesto que el tráfico se cortará por completo. A primera hora de la siguiente jornada laboral se transportarán de fábrica las 2 vigas restantes e, inmediatamente, se colocarán sobre los aparatos de apoyo. Tras colocar las primeras 2 vigas se colocarán las 2 acopiadas la noche anterior, haciendo uso únicamente de un único Dolly. Se trata de la unidad de obra más delicada del proyecto, por lo que todas las acciones relacionadas con ella serán perfectamente planeadas y sincronizadas con anterioridad.

Como se ha mencionado, se cortará el tráfico por completo el día que se coloquen las vigas en su emplazamiento final puesto que el transporte especial ocupará toda la calzada disponible.



*Figura 26. Transporte con dolly de vigas prefabricadas de tipo doble T.*

La colocación de las vigas se realizará con una grúa móvil desde la antigua calzada aprovechando que no se incluye la demolición en el proyecto. Las vigas traen de fábrica espiras y eslingas en su cara superior de las cuales la grúa agarra desde los 2 extremos e iza y coloca las vigas una a una longitudinalmente sobre los aparatos de apoyo.



*Figura 27. Izado de una viga doble T con una grúa móvil.*

Esta fase incluye las siguientes unidades de obra:

– **Apoyo de neopreno zunchado**

Esta unidad corresponde a los aparatos de apoyo de neopreno zunchado que se van a colocar en los estribos y sobre los que se van a apoyar las vigas prefabricadas.

Se estima un **coste unitario de 35 €/dm<sup>3</sup>**:

$$\text{Coste Apoyo de neopreno zunchado} = 35 \frac{\text{€}}{\text{dm}^3} * 26,24 \text{ dm}^3 = 918,40 \text{ €}$$

– **Viga doble T de 70 cm de canto y 100 cm de alas**

Se estima que se necesitará **1 día completo para el izado y colocación de las vigas** en su emplazamiento final y un **coste unitario de 150 €/m**:

$$\text{Tiempo Viga doble T de 70 cm de canto y 100 cm de alas} = 1 \text{ día}$$

$$\text{Coste Viga doble T de 70 cm de canto y 100 cm de alas} =$$

$$= 150 \frac{\text{€}}{\text{m}} * 48 \text{ m} = 7.200,00 \text{ €}$$

**2.4.1.4 Colocación de las placas prefabricadas de encofrado perdido**

Las prelosas prefabricadas de hormigón se colocarán entre las vigas longitudinales desde los estribos nuevos con la ayuda de un camión-grúa. Se trata de 27 prelosas o placas de encofrado perdido de dimensiones 1,20 x 1,60 m denominadas en el proyecto “tipo A” y 3 placas de 1,10 x 1,60 m denominadas en el proyecto “tipo B”.

PLANTA DE PLACAS DE ENCOFRADO  
( ESCALA 1/50, COTAS EN m. )

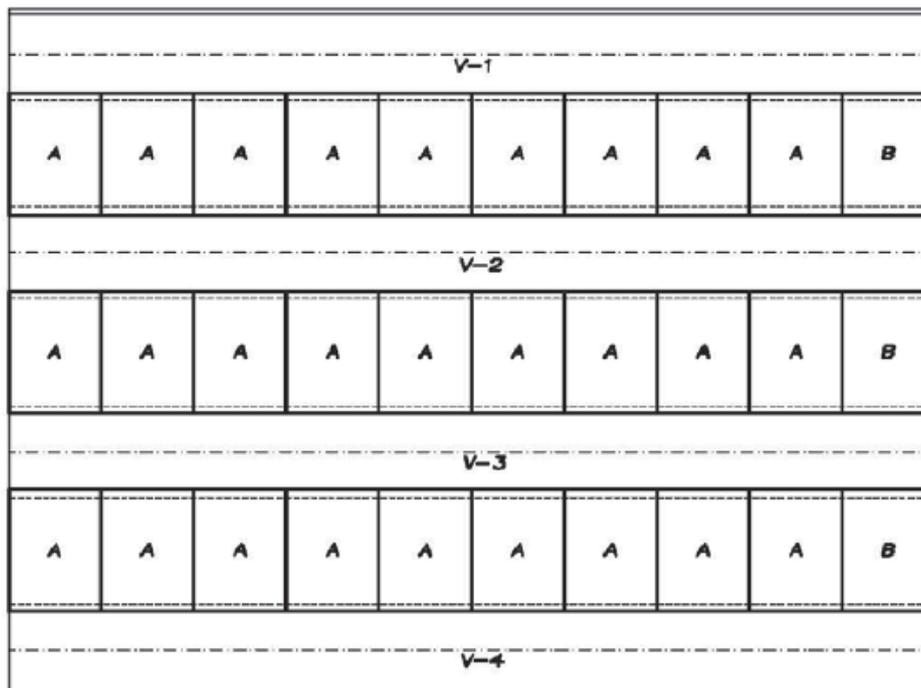


Figura 28. Planta de las placas de encofrado perdido tipo A y B que se colocarán como unión de las vigas prefabricadas.

Se estima un **tiempo aproximado de izado y colocación de 1 día en total** y un **coste unitario de 40 €/m<sup>2</sup>**:

**Coste Placa prefabricada p/encofrado perdido 1,70 x 1,00 x 0,05 m<sup>3</sup> =**

$$= 40 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 61,2 \text{ m}^2 = 2.448,00 \text{ €}$$

### 2.4.1.5 Construcción de la losa de compresión del tablero

Con las placas prefabricadas de encofrado perdido colocadas y dando continuidad a la estructura se construirá el tablero del puente, que tendrá un espesor total de 25 cm. El primer paso será colocar la ferralla correspondiente a la parrilla inferior del tablero y a continuación la parrilla superior. Para mantener los recubrimientos definidos en proyecto se utilizarán separadores. Se reforzarán las zonas de apoyo tal y como se especifica en los planos del proyecto.

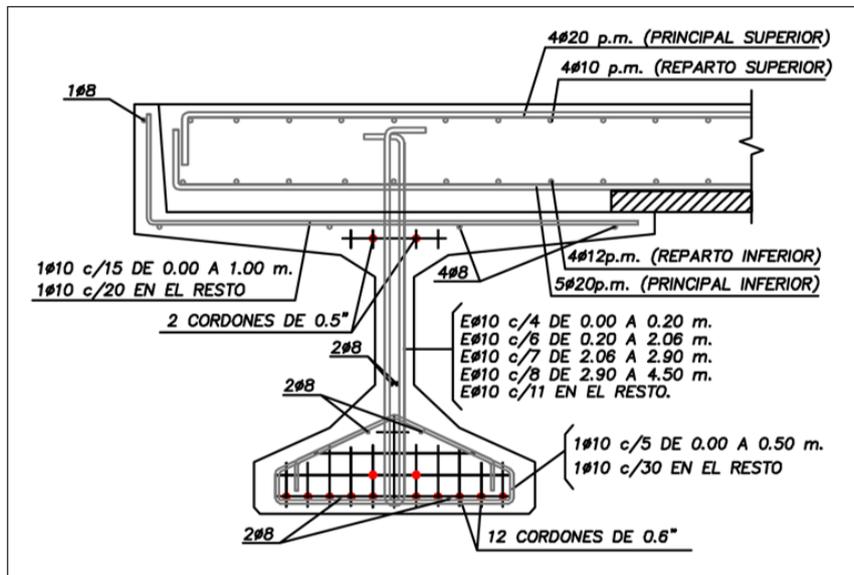


Figura 29. Armadura de la losa.

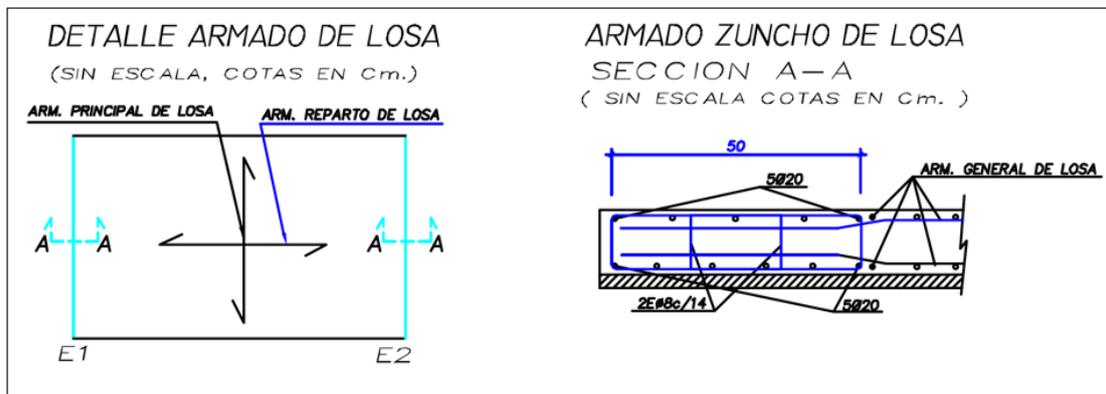


Figura 30. Detalle del reparto de la armadura en la losa y detalle del refuerzo de armadura en los apoyos.

A continuación, se limpia el tablero, se comprueba topográficamente que las armaduras están colocadas correctamente y se marca la altura a la que tiene que llegar el hormigón con un láser o clavos. Tras todas las comprobaciones se coloca el encofrado lateral y se hormigona el tablero con hormigón HA-30/B/20/IIa mediante bombeo. Para ello un trabajador se encargará de manejar la manguera de la bomba, otro de vibrar el hormigón y otro de nivelarlo. Se realizará el curado del hormigón para evitar la aparición de grietas durante el fraguado.

Una vez ha obtenido el tablero la resistencia suficiente se colocarán las impostas prefabricadas de hormigón y un pretil de madera clase H2 a cada costado del puente para proteger los vehículos de una posible caída a distinto nivel (la obtención del coste de los pretiles se incluirá en el capítulo correspondiente a señalización).

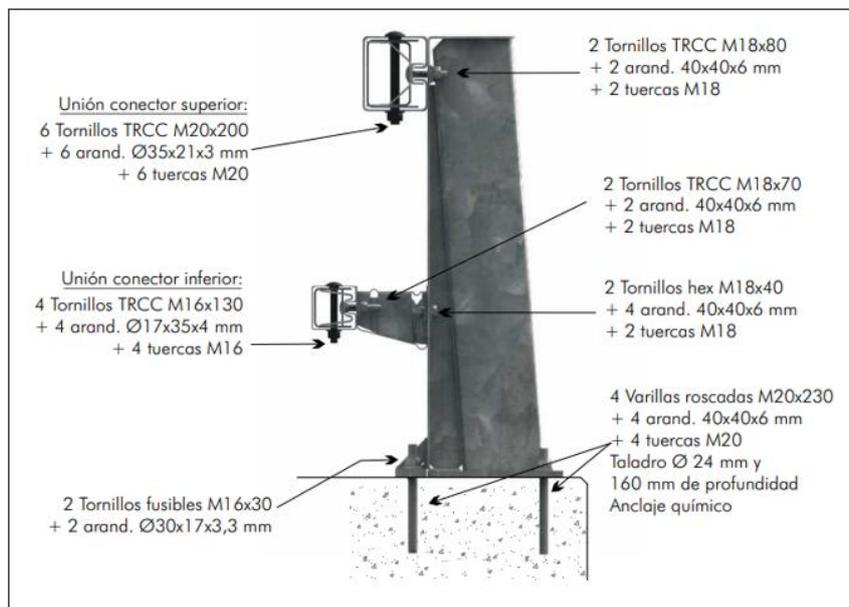


Figura 31. Detalle del pretil.

Finalmente, se aplicará un mortero bituminoso sobre la superficie del tablero a modo de impermeabilización.

Esta fase constructiva incluye las siguientes unidades de obra:

– **Acero B 500 S en barras corrugadas**

Se colocará armadura de acero B 500 S en barras corrugadas. Como se ha mencionado, se estima un **coste unitario de ferralla de 0,85 €/Kg** y un **rendimiento de 190 Kg/h**:

$$\text{Tiempo Acero B 500 S en barras corrugadas} = \frac{4.079,16 \text{ Kg}}{190 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{día}}} = 3 \text{ días}$$

$$\text{Coste Acero B 500 S en barras corrugadas} = 0,85 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} * 4.079,16 \text{ Kg} = 3.467,29 \text{ €}$$



– **Encofrado recto en laterales**

Se empleará encofrado oculto para encofrar los laterales de la losa de compresión. Se necesitan únicamente 12,6 m<sup>2</sup> de encofrado, pero al tratarse de tablillas de dimensiones pequeñas se necesitará de **un día completo para encofrar por completo los laterales** del tablero.

$$\text{Coste Encofrado oculto} = 20 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 12,6 \text{ m}^2 = 252,00 \text{ €}$$

– **Hormigón HA-30/B/20/IIa bombeado**

Se empleará hormigón HA-30/B/20/IIa bombeado para hormigonar la losa de compresión del tablero. Se hormigonará el día siguiente a encofrar los laterales del tablero:

$$\begin{aligned} \text{Coste Hormigón HA - 30/B/20/IIa bombeado} &= \\ &= 83,50 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 27 \text{ m}^3 = 2.254,50 \text{ €} \end{aligned}$$

– **Impermeabilización del tablero mediante mortero bituminoso**

Esta unidad corresponde a la impermeabilización de mortero bituminoso que se aplicará sobre la superficie del tablero una vez se haya hormigonado.

Se estima un **coste unitario de 12 €/m<sup>2</sup>**:

$$\begin{aligned} \text{Coste Impermeabilización puentes c/mortero bituminoso} &= \\ &= 12 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 112,5 \text{ m}^2 = 1.350,00 \text{ €} \end{aligned}$$

– **Imposta prefabricada de hormigón tipo 4**

Esta unidad corresponde a las impostas prefabricadas de hormigón que se van a colocar en los laterales del tablero del puente.

Se estima un **coste unitario de 95 €/m**:

$$\text{Coste Imposta prefabricada de hormigón tipo 4} = 95 \frac{\text{€}}{\text{m}} * 25 \text{ m} = 2.375,00 \text{ €}$$

En total se estima el siguiente tiempo para construir la losa de compresión del tablero:

<b>CONSTRUCCIÓN LOSA DE COMPRESIÓN DEL TABLERO</b>	<b>Tiempo (días)</b>
Acero B 500 S en barras corrugadas	3,00
Encofrado recto	1,00
Hormigón HA-30/B/20/IIa bombeado	1,00
Aplicar impermeabilizante en tablero de mortero bituminoso e instalar impostas y pretiles	1,00
<b>TOTAL</b>	<b>6,00</b>

#### 2.4.1.6 Ejecución de firmes y colocación de la junta de calzada

Una vez construido el tablero se procede a la ejecución de los firmes. La sección estructural y el proceso constructivo de los firmes sobre el nuevo puente se ha detallado en el **apartado 3.2** de este trabajo.

Tras la ejecución del paquete de firmes se realizará un corte transversal con una cortadora de disco para pavimento en cada extremo del puente para colocar posteriormente las juntas de neopreno armado. Tras colocar las juntas se rellenarán con un mastic bituminoso a modo de sellado que no permita la introducción del agua a través de las juntas.

Esta fase constructiva incluye la siguiente unidad de obra:

– **Junta neopreno armado 42 mm movimiento**

Esta unidad corresponde a la junta de calzada de neopreno armado que se colocará transversalmente en los extremos del tablero.

Se estima un **coste unitario de 275 €/m**:

$$\text{Coste Junta neopreno armado 42 mm movimiento} = 275 \frac{\text{€}}{\text{m}} * 18 \text{ m} = 4.950,00 \text{ €}$$

#### 2.4.1.7 Prueba de carga estática

Tras la ejecución de la estructura y el paquete de firmes se realizará la prueba de carga estática detallada en el proyecto, con el fin de obtener la respuesta estructural del puente.

Se estima un **coste unitario de 3.000 €/ud**:

$$\text{Coste Prueba de carga estática} = 3.000,00 \text{ €}$$

### 2.4.2 REFUERZO ESTRUCTURAL DE MUROS

Tal y como se ha comentado al inicio del capítulo, el proyecto incluye el refuerzo estructural de 3 muros de mampostería situados a lo largo de la traza. Según el informe geotécnico incluido en el proyecto, se trata de 3 muros con problemas de estabilidad debido a las deformaciones que presentan fuera de los planos tanto vertical como horizontal de sus alzados.

La solución adoptada es la de realizar un entramado metálico consistente en vigas verticales del tipo UPN-160 en forma de cajón con separación entre caras de 230 mm y cartelas de 220x200x10 mm entre anclajes y vigas de reparto horizontales del tipo HEB-160 soldadas a las caras exteriores de los perfiles UPN. para soportar el empuje del terreno, además del entramado mencionado, se utilizarán bulones autoperforantes del tipo TITAN 32/16, con chapa de reparto de 150x150x10, empleándose un diámetro de perforación de 51 mm y se anclarán en el sustrato rocoso una longitud de 10 metros.

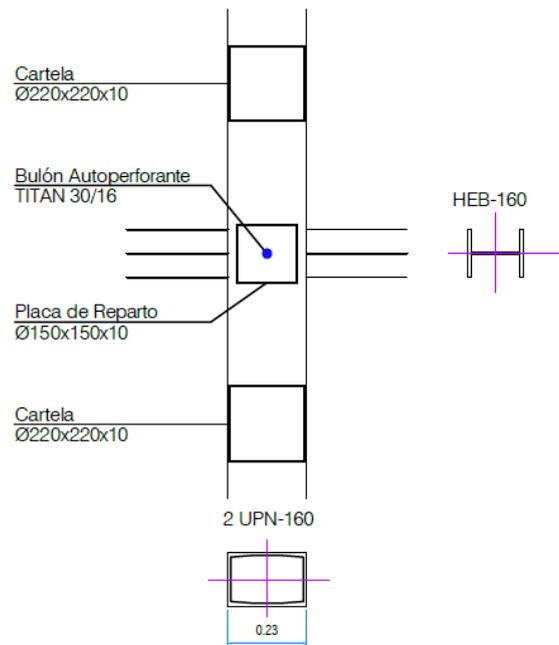


Figura 32. Detalle del entramado metálico.

El proyecto denomina estos muros como “Muro 1”, “Muro 2” y “Muro 4” puesto que el “Muro 3” será sustituido por un nuevo muro de escollera, del cual se detallará el proceso constructivo en el siguiente apartado.

A continuación, se muestran las características geométricas de los muros 1, 2 y 4 y se detalla el proceso constructivo de los mismos:

#### 2.4.2.1 Muro 1

Muro de mampostería ubicado en el margen derecho del trazado, entre el PK 6+568 y el PK 6+577. El muro en cuestión presenta problemas de estabilidad derivados de las deformaciones fuera de los planos vertical y horizontal que presenta entre los 2 y los 6,50 metros de su alzado.

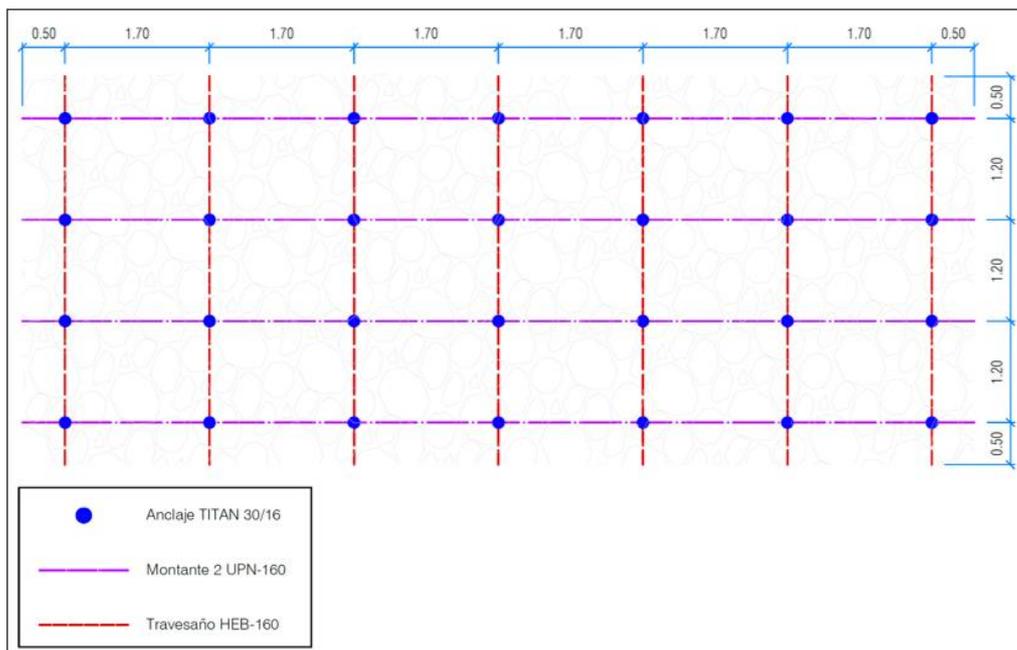


Figura 33. Refuerzo de muro de mampostería 1.

Al no presentar dificultad por gran altura, para la construcción del entramado metálico y el anclaje de los bulones no se precisará de medios especiales para trabajos en altura.

### 2.4.2.2 Muro 2

Muro de mampostería ubicado en el margen derecho del trazado, entre el PK 6+620 y el PK 6+640. El muro en cuestión presenta problemas de estabilidad derivados de las deformaciones fuera de los planos vertical y horizontal que presenta en todo su alzado.

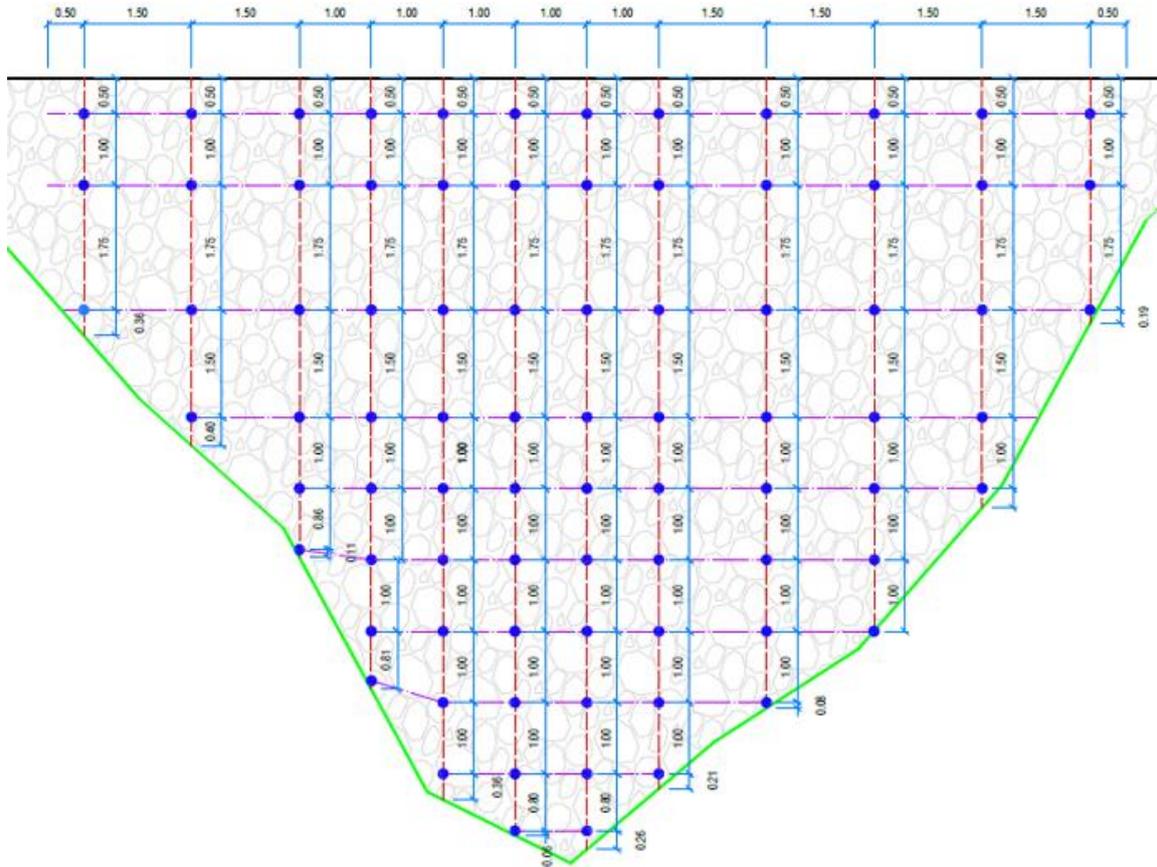


Figura 34. Refuerzo de muro de mampostería 2.

A diferencia del “Muro 1”, este muro presenta dificultad en la construcción del esqueleto metálico puesto que experimenta una gran variación de altura en su alzado. Este muro de mampostería en la línea de mayor altura presenta una caída de 10,81 metros, por lo que los trabajos de colocación de las vigas metálicas y el anclaje de los bulones se realizará con una grúa con brazo que contenga una cesta desde la que trabajarán los operarios encargados o mediante plataformas elevadoras.

### 2.4.2.3 Muro 4

Muro de mampostería ubicado en el margen derecho del trazado, entre el PK 7+560 y el PK 7+800. El muro en cuestión presenta problemas de estabilidad derivados de las deformaciones fuera de los planos vertical y horizontal que presenta en todo su alzado

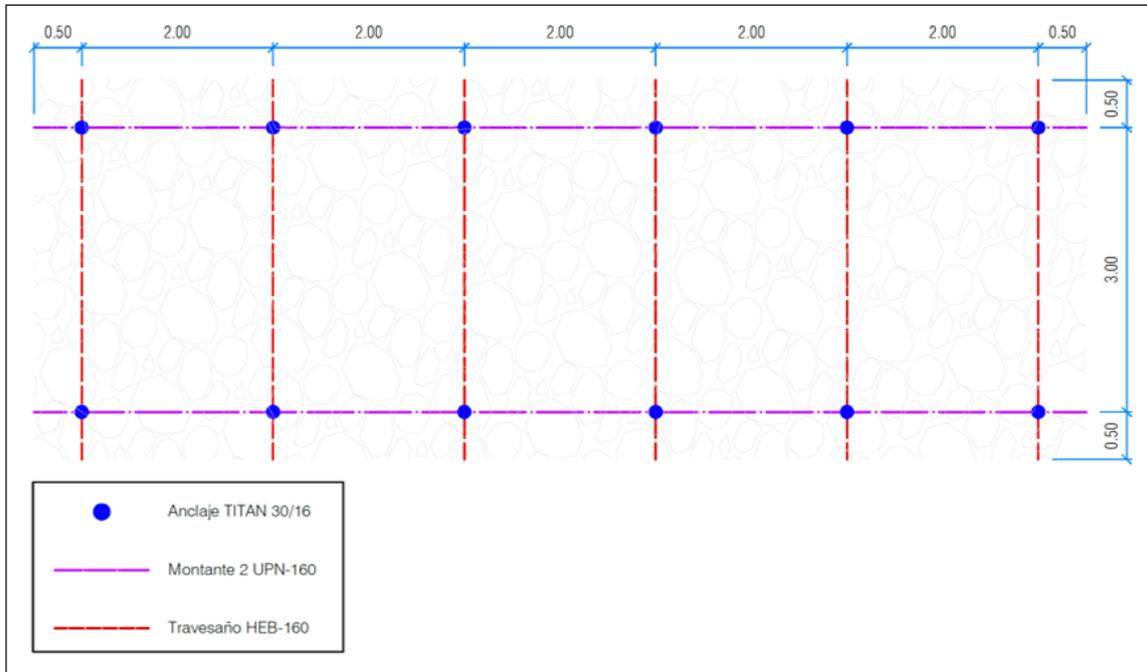


Figura 35. Refuerzo de muro de mampostería 4.

Las características geométricas de este muro de mampostería son similares a las del “Muro 1”, por lo que la construcción del esqueleto se realizará del mismo modo.

Al igual que en la instalación de los distintos tipos de sostenimiento de taludes que se han detallado en el capítulo 1.4, el rendimiento de ejecución de estas labores vendrá limitado por el anclaje de los bulones en el macizo rocoso.

Por lo tanto, se estima un **rendimiento de ejecución de 15 ud de anclaje/semana** y los siguientes costes directos (se estima el tiempo y coste del refuerzo estructural de todos los muros):

– **Acero S 275 J2 G3 en estructura de acero**

Esta unidad corresponde a las vigas metálicas de perfil UPN-160 y HEB-160 que se van a disponer como red metálica de sostenimiento en el intradós de los muros de mampostería. Se estima un **coste unitario de 1,80 €/Kg**:

$$\begin{aligned} \text{Coste Acero S 275 J2 G3 en estructura de acero} &= \\ &= 1,80 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} * 12.513,940 \text{ Kg} = 22.525,09 \text{ €} \end{aligned}$$

– **Bulón tipo autoperforante 32 mm**

Esta unidad corresponde a los bulones que se dispondrán en el alma de las vigas UPN-160 e incluye los bulones, las perforaciones, las barras, las placas de reparto, las tuercas y las inyecciones de lechada.

Se estima un **rendimiento de 15 ud de anclaje/semana** y un **coste unitario de 75 €/m**:

$$\text{Tiempo Bulón tipo autoperforante 32 mm} = \frac{1420 \text{ m} * \frac{1 \text{ ud}}{10 \text{ m}}}{15 \frac{\text{ud}}{\text{semana}} * \frac{1 \text{ semana}}{5 \text{ días}}} = 48 \text{ días}$$

$$\text{Coste Bulón tipo autoperforante 32 mm} = 75 \frac{\text{€}}{\text{m}} * 1.420 \text{ m} = 106.500,00 \text{ €}$$

**2.4.3 MURO DE ESCOLLERA**

Se construirá un muro de escollera de 80 m de longitud entre el PK 8+740 y el PK 8+820. Este muro tiene como objetivo la contención del talud en la zona de ensanche de la plataforma no ejecutado en la primera fase de las obras.

Tras realizar las excavaciones pertinentes (se han explicado en los capítulos correspondientes a las excavaciones) se procederá a formar el muro.

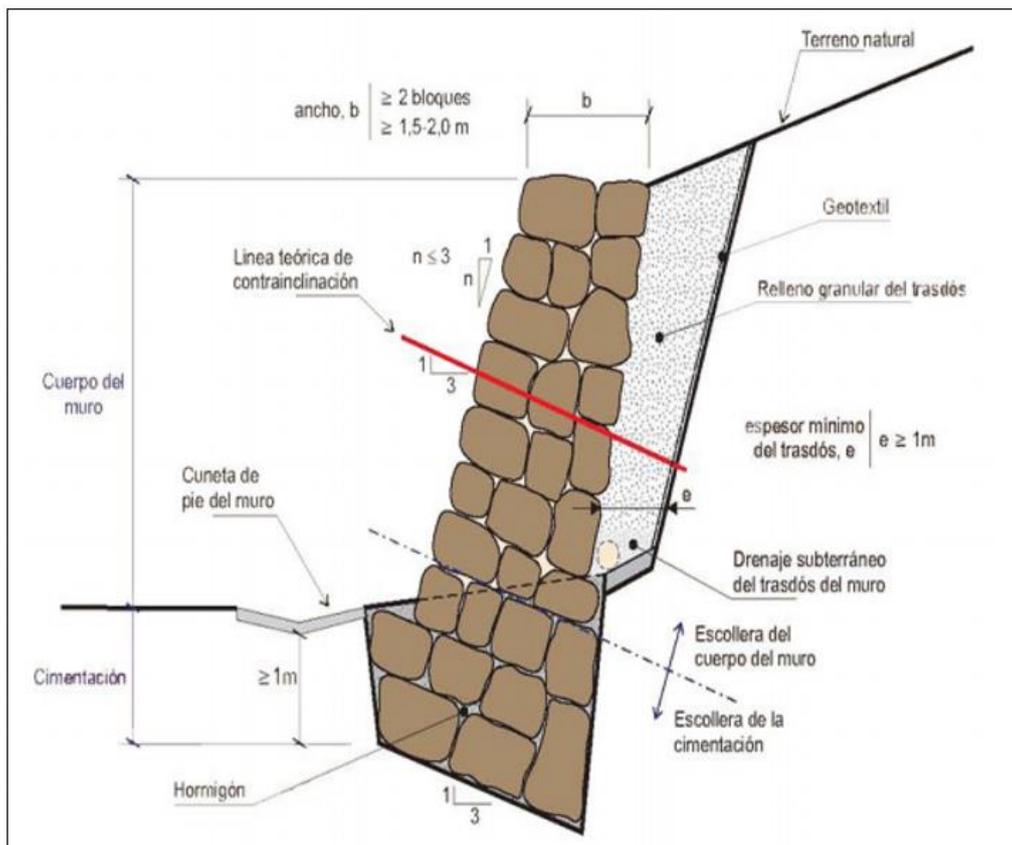


Figura 36. Sección de muro de escollera.



En primer lugar, se preparará el fondo de excavación de modo que se consiga una inclinación de 3H/1V.

A continuación, se procederá a ejecutar la cimentación del muro. Para ello se colocará la escollera en la base de la excavación y se rellenarán los huecos con hormigón HL-150/B/20 mediante vertido.

Una vez haya sido ejecutada la cimentación y haya obtenido la resistencia esperada, se colocarán las piedras una a una en el cuerpo del muro mediante la utilización de una retroexcavadora de modo que el maquinista busque siempre la cara vista de la piedra. Por otro lado, el maquinista colocará las piedras de modo que deje los menores huecos posibles, formará el paramento lo más uniforme posible evitando dejar piedras que sobresalgan y manteniendo siempre la pendiente definida en el proyecto del paramento visto. El maquinista buscará siempre que cada piedra colocada esté en contacto con otras dos de la hilera de abajo para conseguir la mayor trabazón posible.

Finalmente, se rellenará el trasdós con material drenante (se ha detallado tanto su coste como procedimiento en el capítulo correspondiente a rellenos).

Se dispone de las siguientes unidades de obra para la ejecución del muro de escollera:

– **Hormigón HL-150/B/20 vertido**

Esta unidad corresponde al hormigón de limpieza que se colocará en la cimentación del muro de escollera. Al igual que para el hormigón de limpieza de la cimentación de los estribos y muretes, se estima un coste unitario de 63,95 €/m<sup>3</sup>:

$$\textit{Tiempo Hormigón HL – 150/B/20 vertido} = 1 \text{ día}$$

$$\textit{Coste Hormigón HL – 150/B/20 vertido} = 63,95 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 37,5 \text{ m}^3 = 2.398,13 \text{ €}$$

– **Escollera seleccionada p/cantera en muro a pie de obra**

Esta unidad corresponde a la escollera que se colocará para la formación del muro. Incluye el material y el transporte a pie de obra. Se estiman los siguientes costes:

- Material (Escollera)
  - Densidad = 1,9 tn/m<sup>3</sup>
  - Coste = 5 €/tn
- Camión bañera
  - Capacidad = 23 toneladas
  - Coste estimado de transporte desde la cantera= 3 €/tn

Por lo tanto, se estiman el siguiente coste unitario y coste directo de esta unidad de obra:

$$\textit{Coste Unitario Escollera seleccionada p/cantera en muro a pie de obra} =$$

$$= \left( 5 \frac{\text{€}}{\text{tn}} + 3 \frac{\text{€}}{\text{tn}} \right) * 1,9 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} = 15,20 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\textit{Coste Escollera seleccionada p/cantera en muro a pie de obra} =$$

$$= 15,20 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 375 \text{ m}^3 = 5.700,00 \text{ €}$$

– **Formación de muro de escollera**

Esta unidad corresponde a la formación del muro de escollera. Para realizar el trabajo se utilizará una retroexcavadora, para la cual se estima un rendimiento de 80 m<sup>3</sup>/día y un coste de 80 €/h:

$$\text{Tiempo Formación de muro de escollera} = \frac{375 \text{ m}^3}{80 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 5 \text{ días}$$

$$\text{Coste Unitario Formación de muro de escollera} = \frac{80 \frac{\text{€}}{\text{h}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{día}}}{80 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 10 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Coste Formación de muro de escollera} = 10 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 375 \text{ m}^3 = 3.750,00 \text{ €}$$

Por lo tanto, se estima el siguiente tiempo de ejecución del muro de escollera:

MURO DE ESCOLLERA	Tiempo (días)
Hormigón HL-150/B/20 vertido	1,00
Formación muro de escollera	5,00
<b>TOTAL</b>	<b>6,00</b>

**2.4.4 MURETES**

Se construirán 2 muretes de hormigón armado en L en las dos curvas pronunciadas del PK 7+700 y del PK 10+670 con el fin de realizar un relleno y elevar gradualmente la rasante de la calzada. El primer muro tendrá 80 m de longitud y el segundo 100 m.

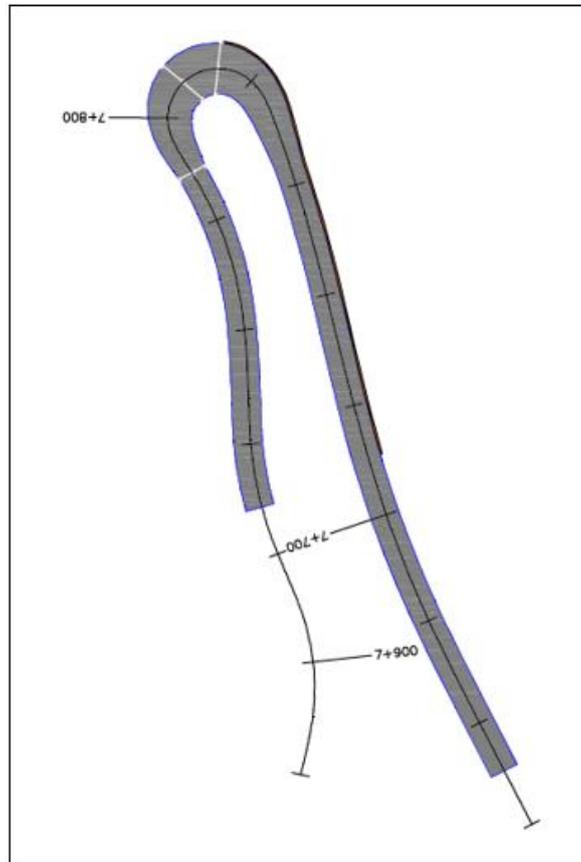


Figura 37. Planta del murete de hormigón armado entre el PK 7+700 y el PK 7+780.

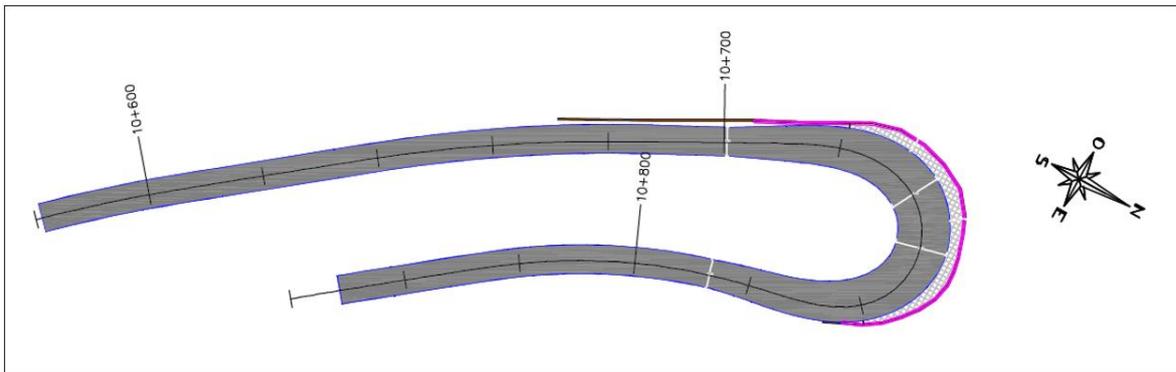


Figura 38. Planta del murete entre el PK 10+670 y el PK 10+770.

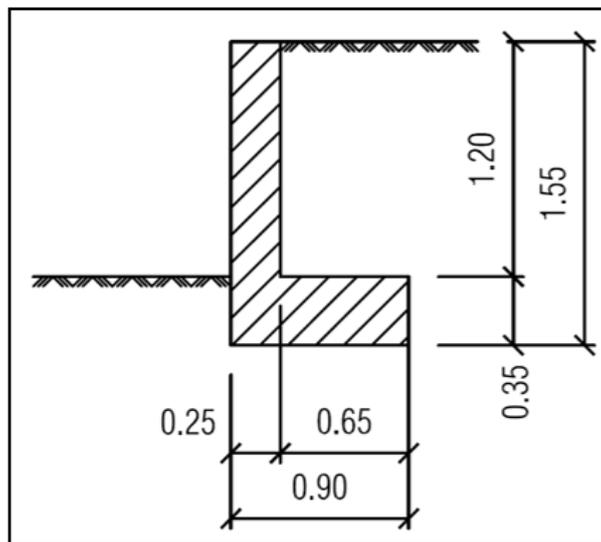


Figura 39. Geometría de ambos muretes de hormigón armado.

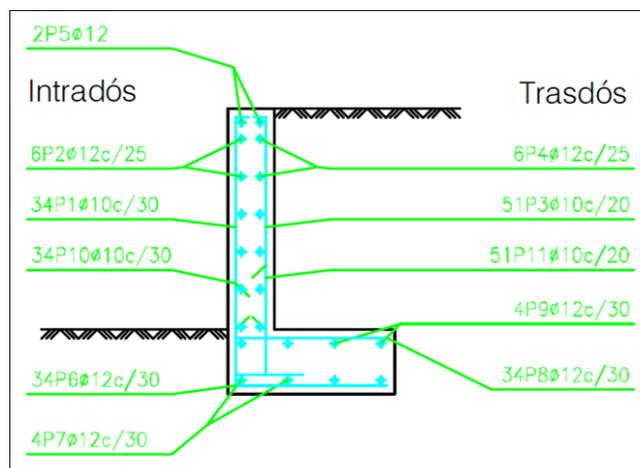


Figura 40. Detalle de armaduras de ambos muretes de hormigón armado.



Los muretes se construirán por módulos de 10 m de longitud en fases sucesivas. En primer lugar, se realizará la excavación en zanja (se detalla en el capítulo 1.2) de la cimentación del primer módulo, y se preparará y nivelará el fondo de excavación. El día siguiente, se excavará la cimentación del siguiente módulo y se verterá una capa de 10 cm de espesor de hormigón de limpieza HL-150/B/20 en la base del primer módulo. El próximo día se excavará el siguiente módulo, se colocará la ferralla de la zapata del primer módulo y se verterá el hormigón de limpieza del segundo módulo y así sucesivamente hasta ejecutar todos los módulos de 10 m de longitud de forma sucesiva. El orden de los procesos constructivos a seguir por cada módulo son los siguientes:

- Excavación de la cimentación
- Hormigonado de la capa base de 10 cm de espesor con hormigón de limpieza HL-150/B/20
- Colocación de la armadura de la zapata
- Encofrado de la zapata
- Hormigonado de la zapata con hormigón HA-25/B/20/IIa mediante bombeo
- Colocación de la armadura del alzado
- Encofrado del alzado
- Hormigonado del alzado con hormigón HA-25/B/20/IIa mediante bombeo

De este modo, se estima que se necesitarán **8 días para construir el primer módulo de 10 m** y, como se van concatenando los procesos constructivos, cada módulo se terminará por completo un día después del anterior. Por lo tanto, se estima que se necesitará el siguiente tiempo de ejecución:

$$\textit{Tiempo Murete de 80m} = 8 + 7 = 15 \textit{ días}$$

$$\textit{Tiempo Murete de 100m} = 8 + 9 = 17 \textit{ días}$$

$$\textit{Tiempo TOTAL Muretes} = 15 + 17 = 32 \textit{ días}$$

Finalmente, se aplicará una capa de impermeabilizante de brea-epoxi en el trasdós de los muretes.

A continuación se muestran los costes de las unidades de obra que comprenden la construcción de los muretes de hormigón armado:

- **Hormigón HL-150/B/20 vertido**

Se verterá una capa de 10 cm de espesor de hormigón de limpieza HL-150/B/20 en la cimentación al igual que para los estribos del puente:

Se estima el siguiente coste directo de la partida:

$$\textit{Coste Hormigón HL – 150/B/20 vertido} = 63,95 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 10,80 \text{ m}^3 = 690,66 \text{ €}$$

- **Acero B 500 S en barras corrugadas**

Se colocará armadura de acero B 500 S en barras corrugadas. En primer lugar, se colocará la armadura en el tacón, y posteriormente en los alzados.

Se estima un **coste unitario de ferralla de 0,85 €/Kg**, por lo que se obtiene el siguiente coste directo:

$$\text{Coste Acero B 500 S en barras corrugadas} = 0,85 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} * 7.191 \text{ Kg} = 6.112,35 \text{ €}$$

– **Encofrado recto**

Se utilizará encofrado recto oculto para construir el tacón y el trasdós de los muretes y se utilizará encofrado recto machihembrado (visto) para construir el intradós. Los costes unitarios y rendimientos de colocación son los siguientes:

- Encofrado recto oculto:
  - Coste unitario = 20 €/m<sup>2</sup>
- Encofrado recto machihembrado:
  - Coste unitario = 33 €/m<sup>2</sup>

Teniendo en cuenta que se colocarán **360 m<sup>2</sup> de encofrado oculto y 180 m<sup>2</sup> de encofrado visto** se han estimado los siguientes costes directos:

$$\text{Coste Encofrado oculto} = 20 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 360 \text{ m}^2 = 7.200,00 \text{ €}$$

$$\text{Coste Encofrado visto} = 33 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 180 \text{ m}^2 = 5.940,00 \text{ €}$$

$$\text{Coste Encofrado recto} = 7.200,00 + 5.940,00 = 13.140,00 \text{ €}$$

– **Hormigón HA-25/B/20/IIa bombeado**

Se empleará hormigón HA-25/B/20/IIa bombeado para hormigonar el tacón y el alzado de los muretes. Al igual que para los estribos del puente, se utilizará una bomba para hormigonar las distintas estructuras, por lo que el rendimiento de ejecución de esta unidad de obra lo limitará la propia bomba. Para evitar interrupciones durante el hormigonado por rotura o cualquier otro problema derivado de la bomba, se dispondrá una bomba de reserva siempre en obra.

Se estiman los tiempos de ejecución y costes directos a partir del siguiente rendimiento de ejecución y coste unitario:

- Coste unitario = 81,25 €/m<sup>3</sup>

Se tiene una medición de 110,70 m<sup>3</sup> de hormigón y el rendimiento de la bomba permite el hormigonado de ambos muretes en un solo día pero, al igual que en la construcción de los estribos, deberá hormigonarse un día el tacón de los muretes y otro día los alzados

$$\text{Coste Hormigón HA – 25/B/20/IIa bombeado} =$$

$$= 81,25 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 110,70 \text{ m}^3 = 8.994,38 \text{ €}$$

– **Impermeabilización de paramentos mediante brea-epoxi**

Se aplicará una pintura tipo brea-epoxi a modo de impermeabilizante sobre las distintas superficies que estarán en contacto con el terreno durante su vida útil.



Se estima un **coste unitario de 11 €/m<sup>2</sup>**:

$$\begin{aligned} \text{Coste Impermeabilización de paramentos mediante brea – epoxi} &= \\ &= 11 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 171 \text{ m}^2 = 1.881,00 \text{ €} \end{aligned}$$

Tal y como se ha mencionado, se estima que se necesitarán 32 días para construir los muretes de hormigón armado de las 2 curvas pronunciadas de la traza:

<b>MURETES</b>		<b>Tiempo (días)</b>
MURETE DE 80 m		
	Módulo 1	8,00
	Módulos restantes	7,00
MURETE DE 100 m		
	Módulo 1	8,00
	Módulos restantes	9,00
<b>TOTAL</b>		<b>32,00</b>

## 2.5 SEÑALIZACIÓN

Este capítulo corresponde a las unidades de obra del proyecto destinadas a la señalización en la traza. Todos los elementos de señalización a instalar serán de suma importancia y de características esenciales para una buena seguridad vial.

El capítulo se divide en 5 grandes grupos:

- Marcas viales
- Señales y carteles verticales de circulación
- Elementos de balizamiento
- Barreras de seguridad
- Barandillas

### 2.5.1 MARCAS VIALES

Se ejecutarán marcas viales tipo II P-RR de productos termoplásticos de aplicación en caliente de 10 cm de anchura a lo largo de la traza.

Estas marcas se ejecutarán una vez se haya ejecutado la capa de rodadura de la calzada.

### 2.5.2 SEÑALES Y CARTELES VERTICALES DE CIRCULACIÓN

En este apartado se distinguen 2 subgrupos formados principalmente por señales verticales e hitos.

#### 2.5.2.1 Señales verticales

Las señales verticales, debido a sus reducidas dimensiones serán colocadas y fijadas en sus posiciones definitivas por un equipo formado por dos oficiales de primera y un ayudante. Para su colocación, en los casos en los que sea necesario, se realizará primero una pequeña excavación en zanja con una pala mixta puesto que se trata de excavaciones pequeñas y muy localizadas. A continuación, se introducirá el poste de acero galvanizado sobre la que se sustenta la señal y se hormigonará la cimentación de la señal con un hormigón HNE-20/B/20 vertido.

Por otro lado, los carteles y paneles se transportarán con una furgoneta y con la ayuda de una escalera se colocarán en su emplazamiento final.

Se colocarán las siguientes señales verticales:

- 10 unidades de señal vertical circular tipo R de acero galvanizado, de 90 cm de diámetro y con retrorreflectancia RA 2.
- 70 unidades de señal vertical triangular tipos P y R de acero galvanizado, de 135 cm de lado y con retrorreflectancia RA 2.
- 1 unidad de señal vertical cuadrada tipo R o S de acero galvanizado, de 90x90 cm de lado y con retrorreflectancia RA 2.
- 2 carteles verticales de circulación de acero galvanizado, con retrorreflectancia RA1 y con una superficie de 1,45x0,55 m<sup>2</sup> por cartel ( $S \leq 1,5$  m<sup>2</sup>).
- 3 carteles verticales de circulación de acero galvanizado, con retrorreflectancia RA1 de los cuales 2 tendrán una superficie de 3x2,1 m<sup>2</sup> por cartel y el otro tendrá una superficie de 2x1 m<sup>2</sup> ( $S \leq 1,5$  m<sup>2</sup>).
- 24 m de longitud de perfil IPN-140 de acero galvanizado.

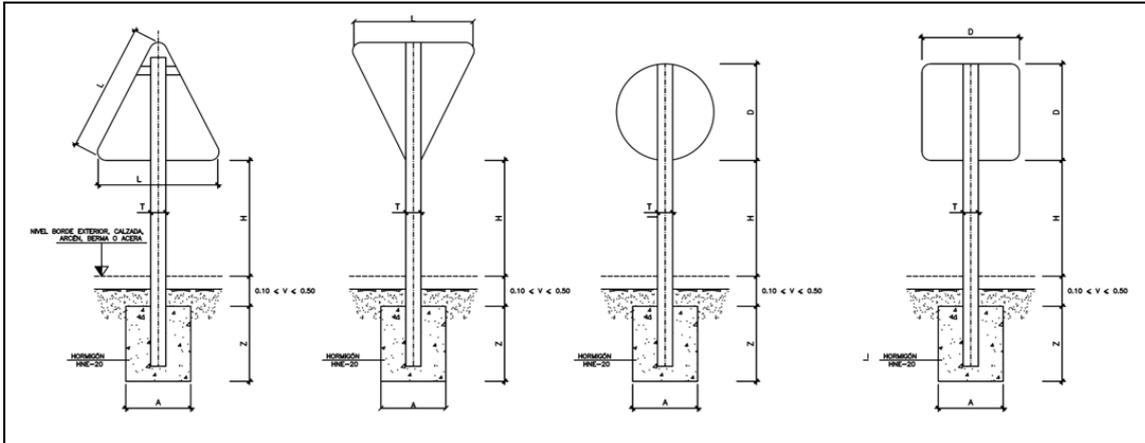


Figura 41. Detalles constructivos de señales verticales.

### 2.5.2.2 Hitos kilométricos

Como se ha comentado, existe un segundo subgrupo formado por los hitos kilométricos. Estos se instalarán en el borde de la calzada e indicarán a los usuarios el punto kilométrico del Puerto de las Estacas de Trueba en el que se ubican.



Figura 42. Ejemplo de hito kilométrico al borde de una carretera.

El procedimiento constructivo consistirá en una primera pequeña excavación en el terreno con una pala mixta, posteriormente se presentará el poste de acero galvanizado, se hormigonará y cuando el poste ya esté fijo se atornillará la placa correspondiente. Se acopiarán en un camión pluma el cuál ayudara a la descarga de los mismos. Esta labor será realizada por un oficial y un peón ordinario.

Los casos en los que los hitos coincidan con las barreras de seguridad se anclarán a las mismas barreras con una pieza metálica para que sobresalgan y sean visibles.

El proyecto incluye la instalación de 28 señales de hito kilométrico rectangular de acero galvanizado, de 40x60 cm de lado y con retrorreflectancia RA 2.

### 2.5.3 ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO

Se colocarán varios elementos de balizamiento a lo largo de la calzada con el fin de reforzar la capacidad de guía de los elementos de señalización verticales descritos en el apartado anterior.

Los elementos de balizamiento a instalar serán los siguientes:

- 104 unidades de panel direccional para balizamiento de curvas de 0,80x0,40 m<sup>2</sup> y con retrorreflectancia RA 2.
- 16 unidades de panel direccional para balizamiento de curvas de 1,65x0,45 m<sup>2</sup> y con retrorreflectancia RA 2.
- 367 unidades de baliza de nieve.

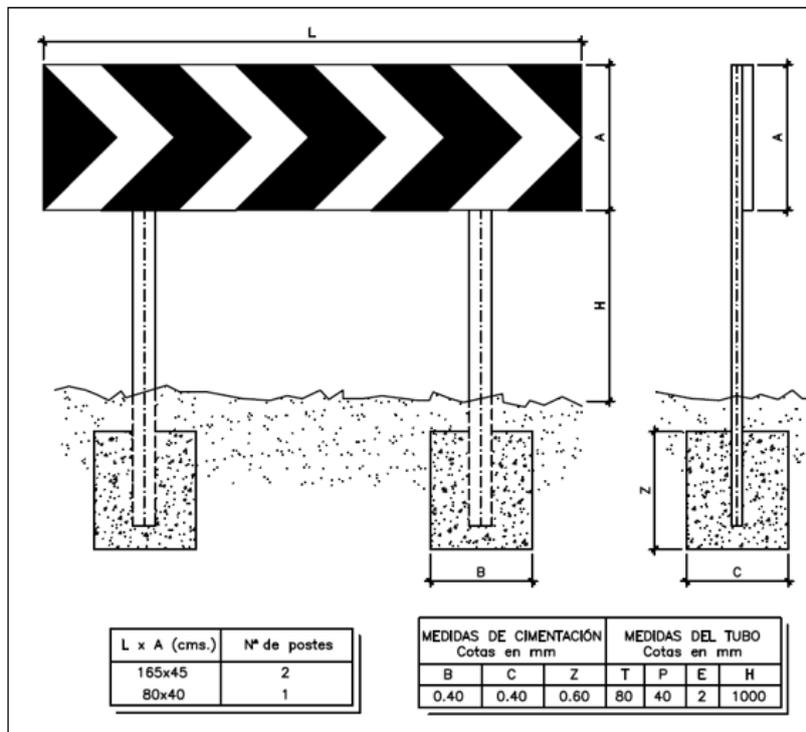


Figura 43. Detalle de los paneles direccionales.

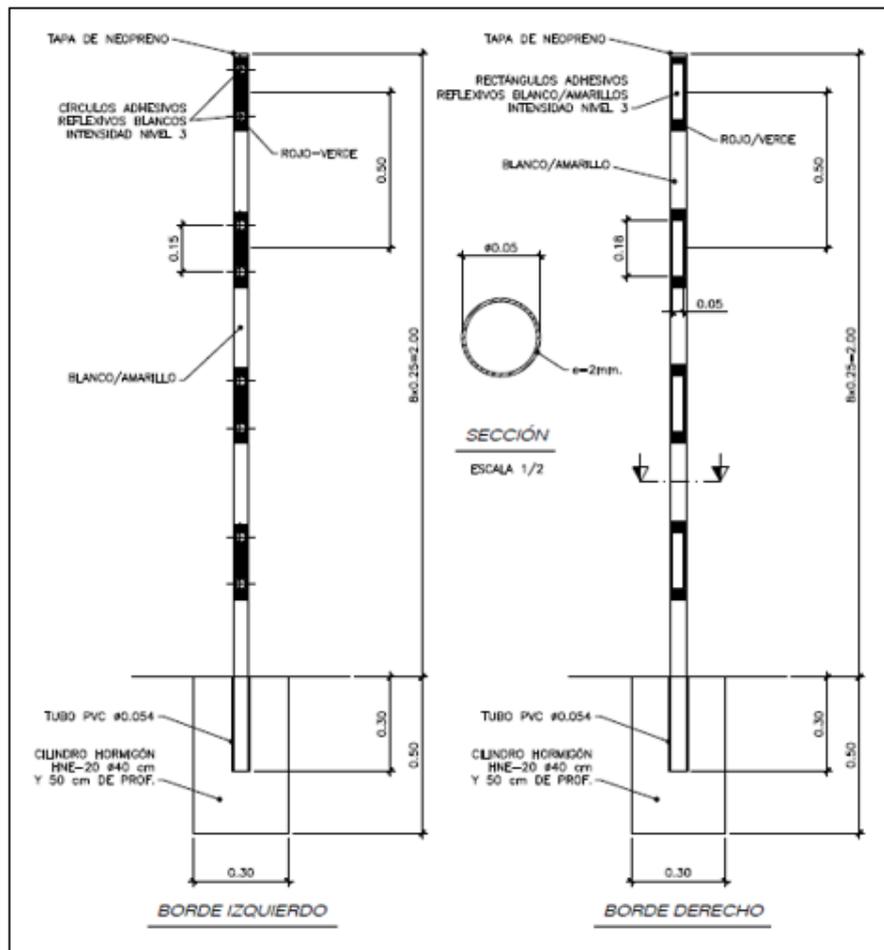


Figura 44. Detalle de las balizas de nieve.

#### 2.5.4 BARRERAS DE SEGURIDAD

Se colocarán los siguientes elementos de contención:

- 4.032 m de zuncho de hormigón armado HA-25/B/20/I de 50x50 cm con anclaje en barrera seguridad.
- 25 m de pretil madera clase H2 que se colocarán en el nuevo puente construido sobre el río Yera.
- 4 unidades de remate final de pretil madera
- 676 m de barrera de seguridad mixta madera - metal tipo 2, con postes cada 2 m e instalada mediante hinca.
- 7.314 m de barrera de seguridad mixta madera - metal tipo 2, con postes cada 4 m e instalada mediante hinca.
- 365 m de barrera de seguridad mixta madera - metal tipo 2 anclada, con postes cada 2 m e instalada mediante placa de anclaje.
- 3.767 m de barrera de seguridad mixta madera - metal tipo 2 anclada, con postes cada 4 m e instalada mediante placa de anclaje.
- 100 unidades de abatimiento de barrera de seguridad de madera - metal tipo 2.

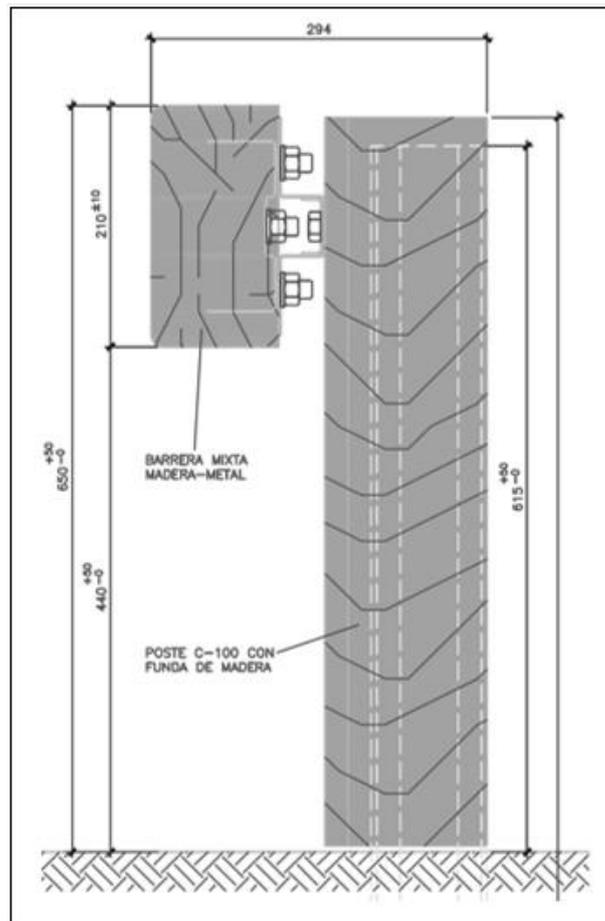


Figura 45. Alzado de barrera de seguridad mixta madera - metal.

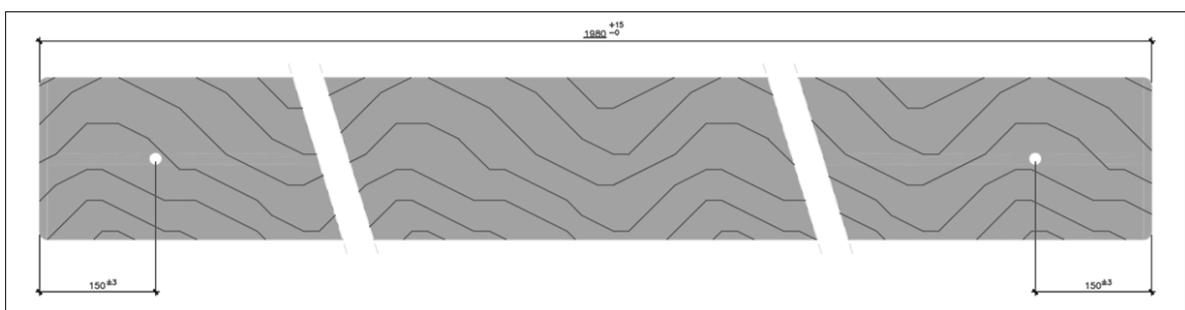


Figura 46. Detalle de baranda de barrera de seguridad mixta madera - metal.

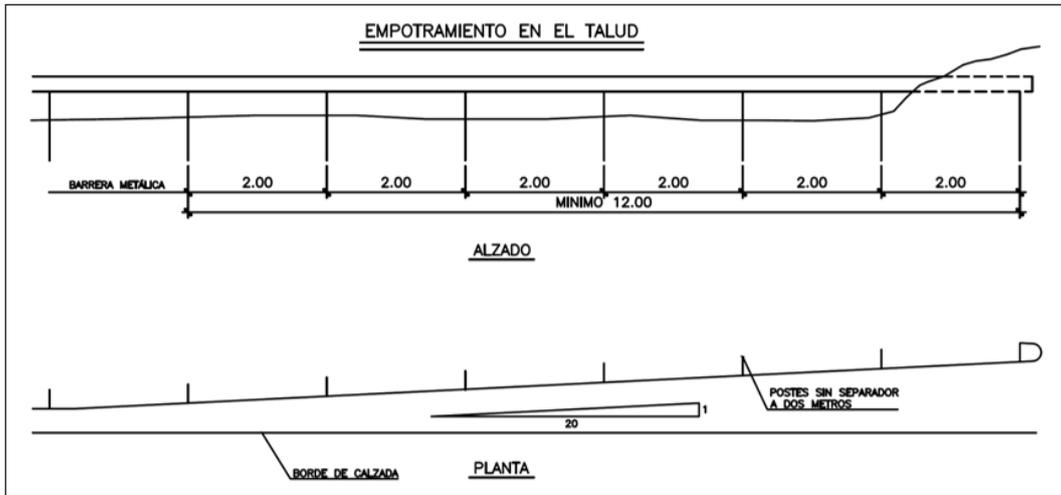


Figura 47. Empotramiento en el talud de la barrera de seguridad.

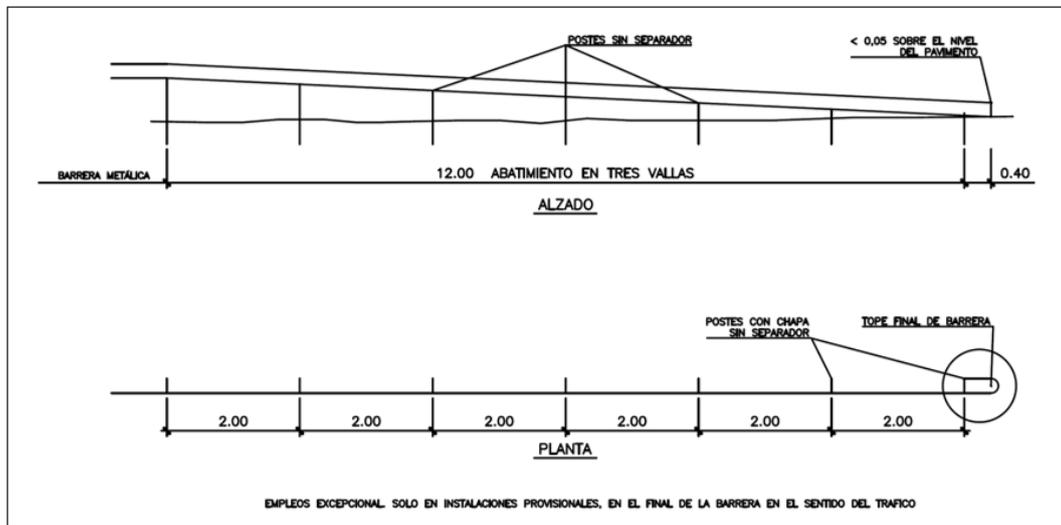


Figura 48. Abatimiento tipo H de 12 m.

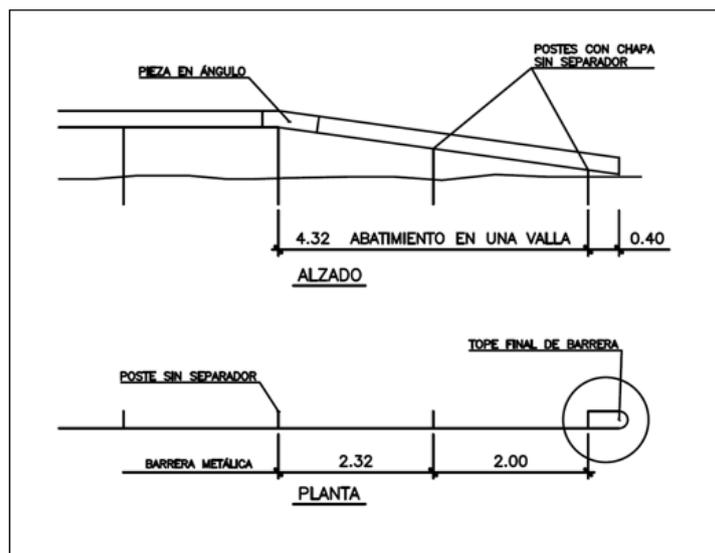


Figura 49. Abatimiento tipo H de 4 metros.

### 2.5.5 BARANDILLAS

El proyecto incluye la instalación de “barandillas tipo 7” en los miradores ubicados en la zona alta de la traza. En total se instalarán 109,737 m de barandilla.

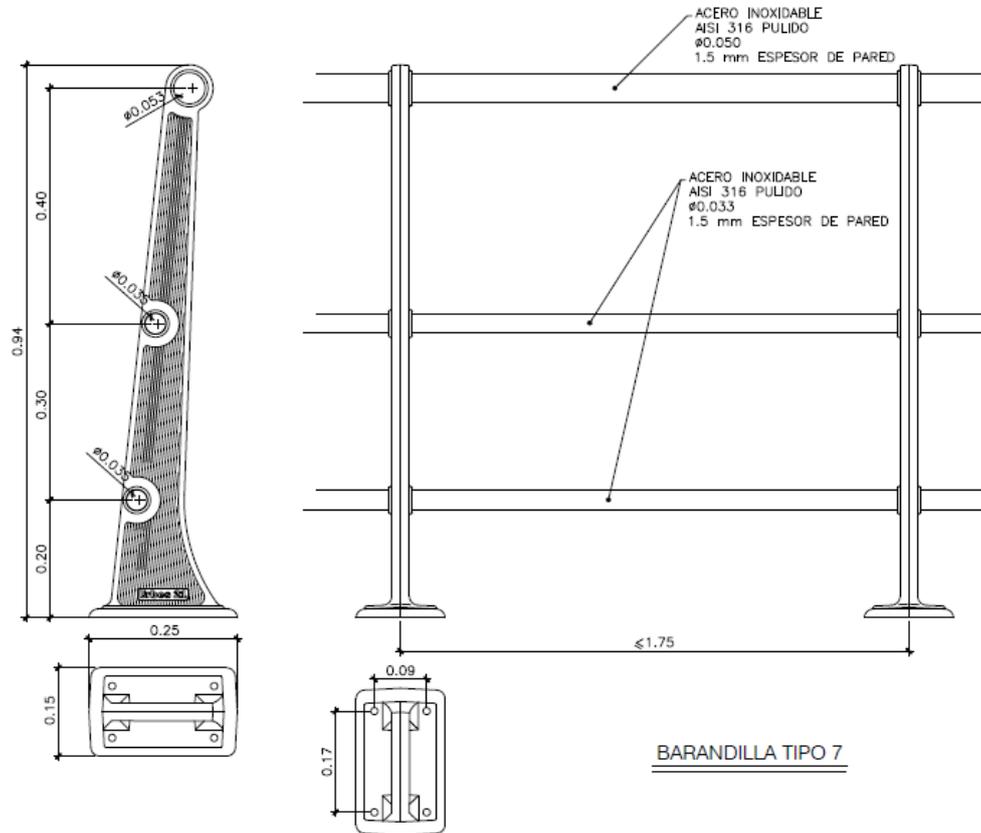


Figura 50. Detalle de barandillas que se instalarán en los miradores especificados en el proyecto.

### 2.5.6 COSTES Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN ESTIMADOS

Se estima que se colocarán todos los elementos correspondientes al capítulo de señalización en un **plazo aproximado de 2 meses**. La colocación y construcción de los distintos elementos comenzará una vez se hayan ejecutado los firmes.

Por otro lado, se estima que el coste directo del capítulo de señalización será un 30% más bajo que el coste de ejecución material del proyecto. Por lo tanto, se estima que el coste del capítulo será:

$$\text{Coste Directo Señalización} = 0,7 * 815.898,49 \text{ €} = 571.128,94 \text{ €}$$

## 2.6 VARIOS

Este capítulo se divide en los siguientes apartados:

### 2.6.1 PANTALLA DINÁMICA

Además de las soluciones constructivas descritas se contempla la instalación de varios metros de pantalla dinámica.

Se instalará en los taludes rocosos con peligro de desprendimiento especificados en el proyecto en paños de 3 m de altura y 5 m de separación entre postes. Los postes se cimentarán en roca y el conjunto proporcionará una resistencia de hasta 150 KJ de energía.

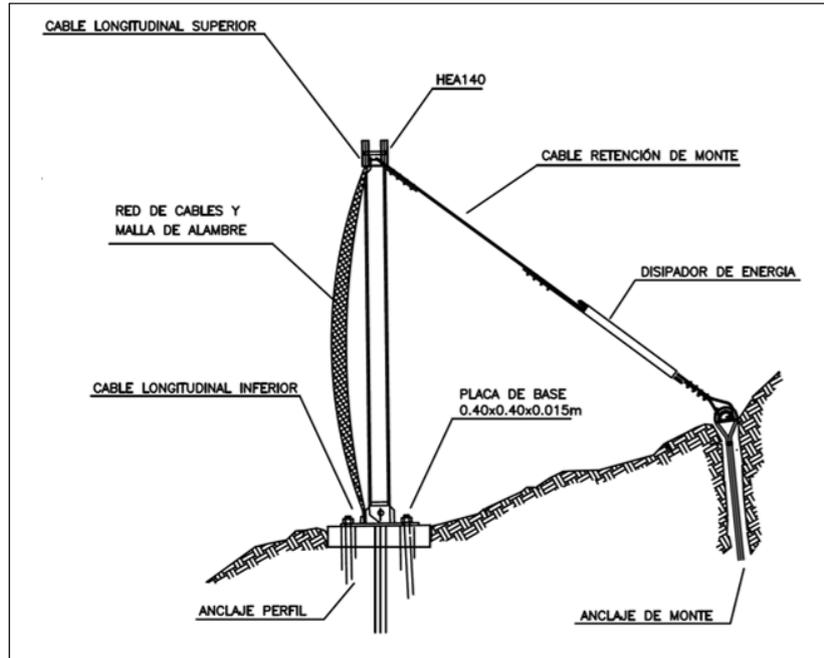


Figura 51. Sección de pantalla dinámica.



Figura 52. Pantalla dinámica instalada en talud.



Para la correcta ejecución de las pantallas dinámicas se incluyen las siguientes unidades de obra:

### 2.6.1.1 Pantalla dinámica tipo 5 energía hasta 150 kJ, roca, h=3 m, L=5

Corresponde a la pantalla dinámica que evitará la caída de rocas desprendidas del talud a la calzada. El proyecto la denomina como “pantalla dinámica tipo 5”.

Se empleará **una semana para instalar por completo la pantalla dinámica** y, a partir de datos aportados por el adjudicatario, un coste directo 15% más bajo que el importe de ejecución material especificado en el proyecto:

$$\text{Coste unitario Pantalla dinámica tipo 5} = 0,85 * 525,35 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 446,55 \frac{\text{€}}{\text{m}}$$

$$\text{Coste Pantalla dinámica tipo 5} = 446,55 \frac{\text{€}}{\text{m}} * 160 \text{ m} = 71.447,60 \text{ €}$$

### 2.6.1.2 Faldón de membrana de interceptación de desprendimientos

Corresponde a la red o malla que se instalará en las zonas deprimidas del terreno, las cuales interceptan los desprendimientos.

Se ejecutará al mismo tiempo que la pantalla dinámica y, al igual que para la anterior unidad de obra, se estima un coste directo 15 % más bajo que el importe de ejecución material especificado en el proyecto:

$$\begin{aligned} \text{Coste unitario Faldón de membrana de interceptación de desprendimientos} &= \\ &= 0,85 * 106,77 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} = 90,75 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coste Faldón de membrana de interceptación de desprendimientos} &= \\ &= 90,75 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 45 \text{ m}^2 = 4.083,95 \text{ €} \end{aligned}$$

## 2.6.2 RESTAURACIÓN PAISAJÍSTICA

El proyecto incluye medidas correctoras en forma de hidrosiembra para llevar a cabo la restauración paisajística. Además, se incluye una unidad destinada al seguimiento geotécnico de los distintos movimientos de tierras que se lleven a cabo durante la obra:

### 2.6.2.1 Hidrosiembra

El proyecto incluye 2 tipos de hidrosiembra distintas; la **hidrosiembra arbustiva** y la **hidrosiembra herbácea**.

Se trata de la aplicación de forma mecánica sobre la superficie de los taludes de la mezcla homogénea de agua, semillas fertilizantes y otros aditivos. Tienen como objetivo la obtención de un manto de vegetación en las superficies aplicadas tras la germinación y desarrollo de las semillas.

Se garantizará que la hidrosiembra tendrá una adecuada distribución y dosificación, y se realizarán riegos y trabajos de mantenimiento durante el periodo de garantía de la obra.

Se estima que se emplearán los 2 últimos meses de la obra para llevar a cabo todas las actividades relacionadas con la hidrosiembra y que se realizarán en paralelo con las actividades

correspondientes al capítulo de señalización. Por otro lado, se ha estimado que el coste directo de la hidrosiembra será un 20% más bajo que el importe de ejecución material del proyecto:

$$\text{Coste Hidrosiembra} = 0,8 * 4.646,80 \text{ €} = 3.717,44 \text{ €}$$

### 2.6.2.2 Seguimiento geotécnico normal

Tal y como se ha mencionado, el proyecto incluye una unidad de obra dedicada al seguimiento geotécnico de los trabajos relacionados con los movimientos de tierras.

Se contratarán los servicios de seguimiento a la empresa de consultoría geotécnica y especialista en la materia Soningeo S.L. puesto que ha sido la encargada de realizar el estudio geotécnico de estabilidad de taludes y medidas correctoras. El seguimiento se basará en la visita periódica (2 veces por semana) de un equipo técnico para confirmar que todas las labores de movimientos de tierras se realizan de forma adecuada.

Se estima que **el seguimiento se realizará durante 5 meses** aproximadamente y **el coste unitario se ha estimado en 900 €/mes**:

$$\text{Coste Seguimiento geotécnico normal} = 900 \frac{\text{€}}{\text{mes}} * 5 \text{ meses} = 4.500,00 \text{ €}$$

### 2.6.3 MOBILIARIO URBANO

Se colocarán 8 bancos en los miradores ubicados en la zona alta de la traza:

$$\text{Coste Banco tipo 2} = 250 \frac{\text{€}}{\text{ud}} * 8 \text{ ud} = 2.000,00 \text{ €}$$

### 2.6.4 SEGURIDAD Y SALUD

El proyecto incluye la elaboración de un Plan de Seguridad y Salud en obligación al cumplimiento del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. La empresa constructora estará obligada a realizar previsiones que supongan riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como a la subsanación de estos. También se incluyen las instalaciones de higiene y bienestar de los trabajadores. El plan de seguridad, que debe de elaborar el contratista basado en el estudio de seguridad y salud recogido en el proyecto en el anejo nº 20 de la memoria, debe de recoger todas las medidas de seguridad y salud y adecuar lo contemplado en el estudio a las medidas que el contratista va a desarrollar. Este plan debe de ser aprobado por el coordinador de seguridad y salud (integrado en la dirección de la obra) antes del inicio de la misma y debe de mantenerse actualizado a lo largo del plazo de ejecución mediante los anexos necesarios que se estimen oportunos y que recojan en todo momento la realidad de los medios dispuestos. Estos anejos deben de ser aprobados igualmente por el coordinador de seguridad de la obra.

El coste estimado para esta unidad será el mismo importe que aparece en el presupuesto de ejecución material del proyecto:

$$\text{Coste Seguridad y Salud} = 11.204,25 \text{ €}$$

## 2.6.5 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Debido a lo descrito en el “Anejo nº 15. Gestión de Residuos” y a lo establecido en el Real Decreto 105/2008 de 1 de febrero del Ministerio de la Presidencia y su trasposición a la Comunidad Autónoma de Cantabria mediante el Decreto 72/2010, de 28 de octubre, se elaborará un Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición para la presente obra.

Para la elaboración del plan es necesario identificar previamente los residuos que se generarán en el transcurso de la obra así como estimar el volumen producido. Se han identificado los siguientes tipos de residuos según las actuaciones previstas en la obra y según las mediciones susceptibles de generar residuos:

Tabla 2.1. Identificación de los tipos de residuos que se generarán en la obra.

<b>RESIDUOS</b>	
<b>Residuos inertes o no especiales</b>	
<b>Naturaleza no pétreo</b>	
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01
17 02 01	Madera
Metales	
17 04 05	Hierro y acero
17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
20 01 01	Papel y cartón
17 02 03	Plástico
<b>Naturaleza pétreo</b>	
17 01 01	Hormigón
17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
<b>Residuos especiales</b>	
<b>Basuras</b>	
20 02 01	Residuos biodegradables
20 03 01	Mezclas de residuos municipales
<b>Potencialmente peligrosos y otros</b>	
05 01 17	Betunes
15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos, ...)
13 02 05	Aceites minerales no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
16 01 07	Filtros de aceite
16 06 04	Pilas alcalinas (excepto las del código 16 06 03)
15 01 10	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas
08 01 11	Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas
07 07 01	Sobrantes de desencofrantes
16 06 01	Baterías de plomo
13 07 03	Otros combustibles (incluidas mezclas)
01 05 05	Lodos y residuos de perforaciones con hidrocarburos

Una vez identificados los distintos tipos de residuos que se generarán se ha realizado la estimación de los volúmenes. Se considerarán residuos todos los elementos provenientes de la demolición que no serán reutilizados in-situ:

Tabla 2.2. Estimación del volumen de residuos.

Código LER	Descripción	Peso (Tn)	Densidad (Tn/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
17 03 02	Mezclas bituminosas	230,12	1,30	177,02
17 02 01	Madera	2,92	0,60	4,87
17 04	Metales	1,68	1,50	1,12
20 01 01	Papel y cartón	1,53	0,90	1,70
17 02 03	Plástico	4,98	0,90	4,48
17 01 01	Hormigón	41,22	1,50	39,72
17 05 04	Tierras y piedras	2.289,89	1,50	1.526,60
20	Basuras	18,95	0,90	21,06
-	Potencialmente peligrosos y otros	10,76	0,50	21,51

Para la correcta gestión de los residuos generados durante la obra, el “Anejo nº 15. Gestión de Residuos” define 2 zonas de gestión de residuos; la primera en el PK 7+000 y la segunda en el PK 8+500.



Figura 53. Zona 1 de gestión de residuos.



Figura 54. Zona 2 de gestión de residuos.

Según indica el Anejo nº 15, las áreas destinadas a la gestión de los residuos se ordenarán de la siguiente forma:

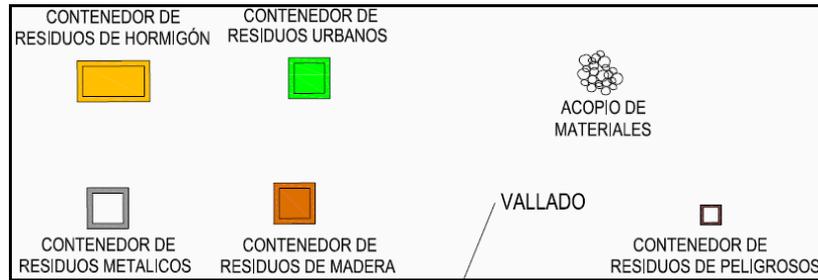


Figura 55. Composición de las zonas definidas para la gestión de residuos.

Finalmente, la gestión de los residuos se realizará durante el tiempo que dure la obra, es decir, **durante 7 meses** y se estima que el **coste directo** de esta unidad de obra será **10% más bajo que el importe de ejecución material del proyecto**:

$$\text{Coste Tratamiento RCD heterogéneo} = 0,9 * 4.950,00 \text{ €} = 4.455,00 \text{ €}$$

#### 2.6.6 TERMINACIÓN DE LAS OBRAS

Se incluye una unidad de obra para la terminación y limpieza de las obras.

Se estima que todas las actividades relacionadas a esta unidad se realizarán durante el último mes de la obra, junto con todas las unidades que completan este capítulo y se estima que el coste directo de esta unidad será el mismo que el importe de ejecución material del proyecto:

$$\text{Coste Terminación de las obras} = 10.000,00 \text{ €}$$



## 2.7 CONSERVACIÓN EN EL PERIODO DE GARANTÍA

Se incluyen varias unidades de conservación de distintos elementos de la obra durante el periodo de garantía. Se trata principalmente de tareas de limpieza y reposición de elementos. Estas son las principales unidades:

- Limpieza manual de cuneta de hormigón tipo VA.
- Limpieza de desprendimientos sobre la calzada.
- Barrera mixta madera - metal tipo 2 hincada, 4 m.
- Baliza de nieve.
- Señal vertical triangular tipos P y R acero L=135 cm, RA 2.

Se estima que el coste directo de este capítulo será el mismo que el importe total de ejecución material del mismo:

***Coste Conservación en el periodo de garantía = 5.629,10 €***

## **2.8 PROGRAMACIÓN DE TRABAJOS**

La programación correcta de los trabajos permitirá optimizar el tiempo disponible para llevar a cabo la obra y cumplir los plazos establecidos en el contrato. Por esta razón, se detalla a continuación el planning o programación de los trabajos que se llevarán a cabo por meses y semanas.

### **2.8.1 SEMANAS 1, 2 Y 3**

Tras la firma del acta de comprobación de replanteo dará comienzo la obra en cuestión. Las primeras 3 semanas se utilizarán para realizar los trabajos preliminares, la demolición de muros y macizos repartidos a lo largo de la traza y el replanteo topográfico de los distintos tajos.

### **2.8.2 SEMANA 4**

Se comenzarán las excavaciones y los sostenimientos de taludes y muros de mayor entidad, que son las mallas de triple torsión, las redes de cables bulonadas y los refuerzos de los muros de mampostería.

Los sostenimientos de taludes y los refuerzos estructurales de los muros de mampostería se ejecutarán simultáneamente con un equipo propio para cada tajo y se estima que no se terminarán todas las labores de sostenimiento hasta la semana 23.

### **2.8.3 SEMANAS 5 Y 6**

La semana 5 continuarán las labores de sostenimiento y las excavaciones. Estas últimas se terminarán al final de la semana 6.

### **2.8.4 SEMANA 7**

Tras terminar con las excavaciones se realizarán los rellenos detallados anteriormente y se comenzarán las construcciones del puente de vigas prefabricadas y de los muretes de hormigón armado de 80 y de 100 m de longitud.

Los rellenos se realizarán a lo largo de la semana pero, en el caso de las estructuras, se estima que la construcción del puente finalice en la semana 12 y la construcción de los muretes en la semana 13.

### **2.8.5 SEMANA 8**

Continuarán ejecutándose los tajos abiertos y detallados con anterioridad y se comenzará a ejecutar el drenaje correspondiente a las arquetas y tubos. El objetivo de comenzar con este último tajo es el de adelantar lo máximo posible este tipo de obras de drenaje para tratar de interferir lo menos posible con la ejecución de los firmes en el futuro.

### **2.8.6 SEMANAS 9, 10, 11, 12 Y 13**

Continuarán ejecutándose los tajos abiertos y, como se ha comentado, la semana 12 se terminará la construcción del puente de vigas y la semana 13 se terminará la construcción de los muretes de hormigón armado y el refuerzo estructural de los muros de mampostería.

Del mismo modo que se terminan los tajos mencionados, a finales de la semana 13 se comenzará a construir el muro de escollera.



### **2.8.7 SEMANA 14**

Se continuará ejecutando los tajos sin terminar y se completará la construcción del muro de escollera.

Por otro lado, se comenzará a ejecutar los firmes, los cuales se estima terminar la semana 20.

### **2.8.8 SEMANA 15**

Se continuará ejecutando los tajos sin terminar y se comenzará a ejecutar parte del drenaje longitudinal. Tal y como se ha detallado en el capítulo de drenaje, es importante que los firmes estén ejecutados para ejecutar la cuneta de manera correcta. Como se ha dejado una semana de margen para avanzar con la ejecución de los firmes, se comenzará a construir la cuneta longitudinal así como su trasdosado para trabajar de manera simultánea y reducir el tiempo de ejecución de la obra.

### **2.8.9 SEMANAS 16, 17, 18, 19 Y 20**

Se continuará ejecutando los tajos sin terminar y se terminará la construcción de las arquetas y tubos la semana 17 y los firmes la semana 20.

### **2.8.10 SEMANA 21**

Se continuará ejecutando los tajos sin terminar y se comenzarán a ejecutar la señalización y balizamiento, la restauración paisajística del entorno y se instalará el mobiliario urbano. Se estima terminar con la señalización y balizamiento y la restauración paisajística la semana 24 y con la instalación del mobiliario urbano la semana 22.

### **2.8.11 SEMANAS 22, 23 Y 24**

Estas tres semanas se prevé terminar por completo con todos los trabajos de sostenimiento y estabilización de taludes comenzados la semana 4. Además, se ejecutará la pantalla dinámica a lo largo de la semana 23.

Por otro lado, la semana 24 está previsto terminar con el drenaje longitudinal, con la señalización y el balizamiento y con la restauración paisajística.

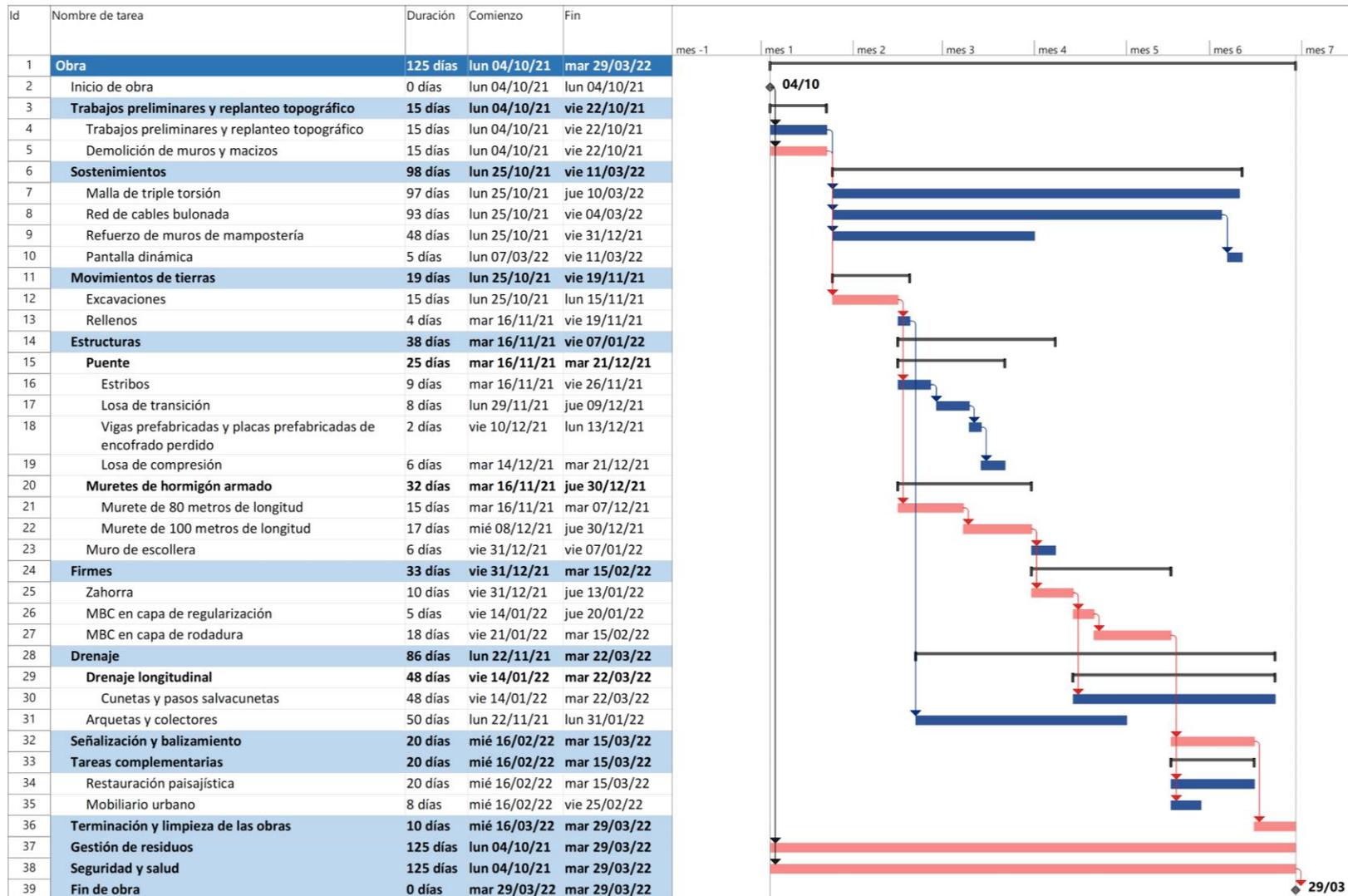
### **2.8.12 SEMANAS 25 Y 26**

Se trata de las 2 últimas semanas de la obra. Se realizarán las labores de terminación y de limpieza de la obra antes de entregar la obra ejecutada por completo a la Administración.

En total está previsto realizar la obra en 26 semanas (6 meses), dejando un mes de margen respecto al plazo máximo establecido por la Administración.

A continuación, se muestra el diagrama Gantt del planning en el que se detallan los tajos comentados con plazos y secuencias de ejecución, de modo que pueden identificarse los tajos a lo largo de la línea temporal y cuando solapan unos con los otros:

### 2.8.13 DIAGRAMA DE GANTT





# **3. ESTUDIO ECONÓMICO** **DE LA OBRA**



### **3.1 ESTUDIO ECONÓMICO DE LA OBRA**

En este apartado se incluirá un análisis económico de los diferentes capítulos que conforman el proyecto para que sea más fácil identificar los capítulos más importantes de la obra y poder sacar conclusiones desde un punto de vista económico.

Para ello, se realizará una comparativa detallada de cada unidad de obra entre los costes directos estimados y el PEM.

Con ello, obtendremos los datos necesarios para calcular el resultado económico de la obra comparando el importe de adjudicación (lo que se va a cobrar) con el coste total de la empresa, suponiendo que la obra se realiza tal y como figura en el proyecto adjudicado.

### 3.1.1 COMPARATIVA ENTRE EL PEM Y EL COSTE DIRECTO

A continuación, se muestra la comparativa entre el importe del PEM y los costes directos estimados para cada unidad de obra en función de su medición:

CAPÍTULO C1: EXPLANACIONES						
SUBCAPÍTULO C10 TRABAJOS PRELIMINARES (I)						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m2	Desbroce del terreno	640,000	0,64 €	409,60 €	0,35 €	224,00 €
m3	Demolición de muros y macizos	1756,100	4,45 €	7.814,65 €	14,33 €	25.164,91 €
m3	Demolición de firme mediante fresado en frío	85,000	34,61 €	2.941,85 €	30,00 €	2.550,00 €
ud	Limpieza de caño o tajea	10,000	256,94 €	2.569,40 €	200,00 €	2.000,00 €
				<b>13.735,50 €</b>		<b>29.938,91 €</b>

SUBCAPÍTULO C11 TRABAJOS PRELIMINARES (II)						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
ud	Limpieza de paso salvacunetas	5,000	56,51 €	282,55 €	80,00 €	400,00 €
ud	Retirada elementos señalización vertical 1 poste	30,000	3,52 €	105,60 €	3,00 €	90,00 €
m2	Retirada de elemento de señalización vertical con dos o más postes	26,000	22,38 €	581,88 €	30,00 €	780,00 €
m	Retirada de barrera de seguridad	1387,000	4,66 €	6.463,42 €	3,00 €	4.161,00 €
				<b>7.433,45 €</b>		<b>5.431,00 €</b>

SUBCAPÍTULO C12 EXCAVACIONES						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m3	Excavación roca con martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora	1650,000	9,22 €	15.213,00 €	14,33 €	23.644,50 €
m3	Excavación en tierras y tránsito	600,000	2,49 €	1.494,00 €	4,33 €	2.598,00 €
m3	Excavación en zanjas y pozos, tipo 2	600,000	3,35 €	2.010,00 €	5,00 €	3.000,00 €
				<b>18.717,00 €</b>		<b>29.242,50 €</b>

SUBCAPÍTULO C13 RELLENOS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m3	Relleno todo-uno	295,000	7,12 €	2.100,40 €	15,84 €	4.672,80 €
m3	Relleno de material drenante	355,000	12,56 €	4.458,80 €	14,50 €	5.147,50 €
				<b>6.559,20 €</b>		<b>9.820,30 €</b>

SUBCAPÍTULO C14 TERMINACIÓN						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m2	Refino de talud	1000,000	1,16 €	1.160,00 €	0,60 €	600,00 €
m2	Malla de triple torsión en sujeción de taludes, tipo 8x10-16	9190,000	4,55 €	41.814,50 €	5,01 €	45.995,95 €
m2	Malla de triple torsión, tipo 8x10-16, 3,00x3,00 m, cable 16 mm	330,000	14,05 €	4.636,50 €	15,46 €	5.100,15 €
m2	Red de cables con apertura de malla 200x200 mm	525,000	42,77 €	22.454,25 €	47,05 €	24.699,68 €
m2	Red de cables con apertura de malla 250x250 mm	550,000	35,79 €	19.684,50 €	39,37 €	21.652,95 €
m2	Red de cables con apertura de malla 300x300 mm	325,000	29,78 €	9.678,50 €	32,76 €	10.646,35 €
ud	Parte fija del anclaje D=25 mm	40,000	97,02 €	3.880,80 €	106,72 €	4.268,88 €
ud	Parte fija del anclaje D=32 mm	236,000	115,11 €	27.165,96 €	126,62 €	29.882,56 €
m	Anclaje activo 25 mm de diámetro 15 t	320,000	39,51 €	12.643,20 €	43,46 €	13.907,52 €
m	Anclaje activo 32 mm de diámetro 25 t	1888,000	50,73 €	95.778,24 €	55,80 €	105.356,06 €
				<b>238.896,45 €</b>		<b>262.110,10 €</b>

CAPÍTULO C2: DRENAJE						
SUBCAPÍTULO C20 CUNETAS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m	Cuneta VA-75	12964,000	14,25 €	184.737,00 €	12,74 €	165.128,95 €
m	Cuneta T-100	55,000	22,46 €	1.235,30 €	19,47 €	1.070,85 €
m2	Trasdosado de cuneta	3241,000	11,55 €	37.433,55 €	10,92 €	35.385,24 €
m2	Paso salvacunetas vadeable	57,188	27,26 €	1.558,94 €	28,54 €	1.632,15 €
m	Paso salvacunetas rejilla electrosoldada cuneta triangular de 75	248,770	52,87 €	13.152,47 €	81,74 €	20.334,46 €
				<b>238.117,26 €</b>		<b>223.551,64 €</b>

SUBCAPÍTULO C21 TUBOS, ARQUETAS Y SUMIDEROS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
ud	Arqueta de hormigón de 100 cm de diámetro interior, clase C-250	7,000	460,64 €	3.224,48 €	521,95 €	3.653,66 €
ud	Arqueta HA-25 con rejilla desagüe cuneta, 80x60 cm2, clase C-250	7,000	448,34 €	3.138,38 €	552,74 €	3.869,16 €
ud	Recrecido finalizacion de arqueta o pozo existente	50,000	122,61 €	6.130,50 €	160,18 €	8.008,90 €
m	Tubo de PVC-L-R-H/315	230,000	52,17 €	11.999,10 €	60,00 €	13.800,00 €
m	Tubo de HM-RH/500	38,000	59,47 €	2.259,86 €	82,17 €	3.122,29 €
				<b>26.752,32 €</b>		<b>32.454,02 €</b>

SUBCAPÍTULO C22 DRENES SUBTERRÁNEOS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m	Zanja drenante con dren profundo. D-160	175,000	19,60 €	3.430,00 €	12,21 €	2.137,19 €
				<b>3.430,00 €</b>		<b>2.137,19 €</b>

CAPÍTULO C3: FIRMES Y PAVIMENTOS						
SUBCAPÍTULO C30 OBRAS COMPLEMENTARIAS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m	Bordillo de hormigón de doble capa C5-R3,5	93,000	10,89 €	1.012,77 €	10,00 €	930,00 €
m2	Acera de piedra natural regular	195,000	46,11 €	8.991,45 €	40,00 €	7.800,00 €
				<b>10.004,22 €</b>		<b>8.730,00 €</b>

SUBCAPÍTULO C31 ZAHORRAS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m3	Zahorra procedente de cantera	1872,000	20,12 €	37.664,64 €	18,02 €	33.739,68 €
				<b>37.664,64 €</b>		<b>33.739,68 €</b>

SUBCAPÍTULO C32 RIEGOS BITUMINOSOS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
t	Emulsión C60BF5 IMP en riego de imprimación	10,405	333,68 €	3.471,94 €	460,00 €	4.786,30 €
t	Emulsión termoadherente tipo C60B3 TER o C60B4 TER	34,910	378,73 €	13.221,46 €	510,00 €	17.804,10 €
				<b>16.693,40 €</b>		<b>22.590,40 €</b>

SUBCAPÍTULO C33 MEZCLAS BITUMINOSAS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
t	MBC, en capa de regularización	1949,563	19,21 €	37.451,11 €	24,00 €	46.789,51 €
t	Betún de cualquier penetración	87,730	320,28 €	28.098,16 €	480,00 €	42.110,40 €
t	MBC, en capa de rodadura	6963,360	23,81 €	165.797,60 €	29,00 €	201.937,44 €
t	Betún PMB 45/80-60 o PMB 45/80-65 modificado con polímeros	348,168	388,85 €	135.385,13 €	680,00 €	236.754,24 €
				<b>366.732,00 €</b>		<b>527.591,59 €</b>

CAPÍTULO C4: PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS						
SUBCAPÍTULO C40 COMPONENTES. ARMADURAS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
Kg	Acero B 500 S en barras corrugadas	20004,720	0,90 €	18.004,25 €	0,85 €	17.004,01 €
				<b>18.004,25 €</b>		<b>17.004,01 €</b>

SUBCAPÍTULO C41 COMPONENTES. OTROS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m3	Hormigón HL-150/B/20 vertido	16,200	71,13 €	1.152,31 €	63,95 €	1.035,99 €
m3	Hormigón HA-25/B/20/IIa bombeado	187,200	92,58 €	17.330,98 €	81,25 €	15.210,00 €
m3	Hormigón HA-30/B/20/IIa bombeado	27,000	114,73 €	3.097,71 €	83,50 €	2.254,50 €
m3	Viga doble T de 70 cm de canto y 100 cm de alas	48,000	181,04 €	8.689,92 €	150,00 €	7.200,00 €
				<b>30.270,92 €</b>		<b>25.700,49 €</b>

SUBCAPÍTULO C42 ESTRUCTURAS METÁLICAS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
Kg	Acero S 275 J2 G3 en estructura de acero	12513,940	2,54 €	31.785,41 €	1,80 €	22.525,09 €
m	Bulón tipo autoperforante 32 mm	1420,000	68,71 €	97.568,20 €	75,00 €	106.500,00 €
				<b>129.353,61 €</b>		<b>129.025,09 €</b>

SUBCAPÍTULO C43 ESCOLLERAS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m3	Escollera seleccionada p/cantera en muro a pie de obra	375,000	16,11 €	6.041,25 €	15,20 €	5.700,00 €
m3	Formación de muro de escollera	375,000	12,79 €	4.796,25 €	10,00 €	3.750,00 €
m3	Hormigón HL-150/B/20 vertido	37,500	71,13 €	2.667,38 €	63,95 €	2.398,13 €
				<b>13.504,88 €</b>		<b>11.848,13 €</b>

SUBCAPÍTULO C44 ELEMENTOS AUXILIARES						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m2	Encofrado recto	669,800	12,21 €	8.178,26 €	20,00 €	13.396,00 €
				<b>8.178,26 €</b>		<b>13.396,00 €</b>

SUBCAPÍTULO C45 OBRAS VARIAS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m2	Impermeabilización de paramentos mediante brea-epoxi	267,500	15,08 €	4.033,90 €	11,00 €	2.942,50 €
m2	Impermeabilización puentes c/mortero bituminoso	112,500	3,75 €	421,88 €	12,00 €	1.350,00 €
dm3	Apoyo de neopreno zunchado	26,240	35,25 €	924,96 €	35,00 €	918,40 €
m	Junta neopreno armado 42 mm movimiento	18,000	199,99 €	3.599,82 €	275,00 €	4.950,00 €
m	Imposta prefabricada de hormigón tipo 4	25,000	83,16 €	2.079,00 €	95,00 €	2.375,00 €
m2	Placa prefabricada p/encofrado perdido 1,70 x 1,00 x 0,05 m3	61,200	45,57 €	2.788,88 €	40,00 €	2.448,00 €
ud	De prueba de carga estática para la estructura de carretera en.	1,000	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €
				<b>16.848,44 €</b>		<b>17.983,90 €</b>

CAPÍTULO C5: SEÑALIZACIÓN						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
-	TOTAL CAPÍTULO	1,000	815.898,49 €	815.898,49 €	571.128,94 €	571.128,94 €
				<b>815.898,49 €</b>		<b>571.128,94 €</b>

CAPÍTULO C6: VARIOS						
SUBCAPÍTULO C60 VARIOS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m	Pantalla dinámica tipo 5 energía hasta 150 kJ, roca, h=3 m, L=5	160,000	525,35 €	84.056,00 €	446,55 €	71.447,60 €
m2	Faldón de membrana de interceptación de desprendimientos	45,000	106,77 €	4.804,65 €	90,75 €	4.083,95 €
TOTAL SUBCAPÍTULO C60 VARIOS				<b>88.860,65 €</b>		<b>75.531,55 €</b>

SUBCAPÍTULO C61 RESTAURACIÓN PAISAJÍSTICA						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
m2	Hidrosiembra arbustiva	880,000	0,76 €	668,80 €	0,61 €	535,04 €
m2	Hidrosiembra herbácea	6120,000	0,65 €	3.978,00 €	0,52 €	3.182,40 €
TOTAL APARTADO C610 HIDROSIEMBRA				<b>4.646,80 €</b>		<b>3.717,44 €</b>

APARTADO C611 SEGUIMIENTO GEOTECNICO						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
mes	Seguimiento geotécnico normal	5,000	742,00 €	3.710,00 €	900,00 €	4.500,00 €
TOTAL APARTADO C611 SEGUIMIENTO GEOTECNICO				<b>3.710,00 €</b>		<b>4.500,00 €</b>

SUBCAPÍTULO C62 MOBILIARIO URBANO						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
ud	Banco tipo 2	8,000	210,89 €	1.687,12 €	250,00 €	2.000,00 €
TOTAL SUBCAPÍTULO C62 MOBILIARIO URBANO				<b>1.687,12 €</b>		<b>2.000,00 €</b>

SUBCAPÍTULO C63 SEGURIDAD Y SALUD						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
PA	SEGURIDAD Y SALUD	1,000	11.204,25 €	11.204,25 €	11.204,25 €	11.204,25 €
TOTAL SUBCAPÍTULO C63 SEGURIDAD Y SALUD				<b>11.204,25 €</b>		<b>11.204,25 €</b>

SUBCAPÍTULO C64 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
PA	Tratamiento RCD heterogéneo	1,000	4.950,00 €	4.950,00 €	4.455,00 €	4.455,00 €
TOTAL SUBCAPÍTULO C64 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN				<b>4.950,00 €</b>		<b>4.455,00 €</b>

SUBCAPÍTULO C65 TERMINACION DE LAS OBRAS						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	P.E.M	IMPORTE P.E.M	COSTE UNITARIO TFM	COSTE DIRECTO TFM
PA	TERMINACION DE LAS OBRAS	1,000	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €
TOTAL SUBCAPÍTULO C65 TERMINACION DE LAS OBRAS				<b>10.000,00 €</b>		<b>10.000,00 €</b>

CAPÍTULO C7: CONSERVACIÓN EN EL PERÍODO DE GARANTÍA						
UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICIÓN	C.U. PROYECTO	COSTE TOTAL PROYECTO	C.U. EJECUCIÓN	COSTE TOTAL EJECUCIÓN
m	Limpieza manual de cuneta de hormigón tipo VA	2000,000	0,45 €	900,00 €	0,45 €	900,00 €
m2	Limpieza de desprendimientos sobre la calzada	200,000	5,85 €	1.170,00 €	5,85 €	1.170,00 €
m	Barrera mixta madera - metal tipo 2 hincada, 4 m	50,000	40,00 €	2.000,00 €	40,00 €	2.000,00 €
ud	Baliza de nieve	10,000	24,35 €	243,50 €	24,35 €	243,50 €
ud	Señal vertical triangular tipos P y R acero L=135 cm, RA 2	8,000	164,45 €	1.315,60 €	164,45 €	1.315,60 €
				<b>5.629,10 €</b>		<b>5.629,10 €</b>



A continuación, se muestra el resumen de todos los capítulos que conforman el presupuesto tanto el coste directo total estimado:

CAPÍTULO	IMPORTE P.E.M	COSTE DIRECTO TFM
C1: EXPLANACIONES	285.341,60 €	336.542,81 €
C2: DRENAJE	268.299,58 €	258.142,85 €
C3: FIRMES Y PAVIMENTOS	431.094,26 €	592.651,67 €
C4: PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS	216.160,36 €	214.957,62 €
C5: SEÑALIZACION	815.898,49 €	571.128,94 €
C6: VARIOS	125.058,82 €	111.408,24 €
C7: CONSERVACION EN EL PERIODO DE GARANTIA	5.629,10 €	5.629,10 €
<b>TOTAL</b>	<b>2.147.482,21 €</b>	<b>2.090.461,23 €</b>

Tal y como puede observarse en la tabla resumen, las explanaciones y los firmes y pavimentos son los capítulos que mayores pérdidas generan. La señalización en cambio es el capítulo que mayor beneficio económico aporta al contratista.

### 3.1.2 CÁLCULO DEL RESULTADO ECONÓMICO

Este apartado tiene como objetivo obtener el riesgo con el que OPP 2002 OBRA CIVIL, S.L.U. resultó adjudicataria de la obra. Para ello habrá de tener en cuenta los siguientes factores:

- Plazo de ejecución: 7 meses (se mantiene el plazo 7 meses para la realización del estudio económico puesto que es la relación contractual a pesar de haberlo rebajado a 6 meses en la memoria constructiva, lo cual se tendrá en cuenta y se detallará en el apartado de propuestas de alternativas).
- Gastos de Gestión Interna (GGI): 25.000 €/mes
- Tasas de estructura de la empresa: 7% s/Venta
- Tasas de inspección del Gobierno Regional: 4% s/PEM real
- Presupuesto de Ejecución Material (PEM) = 2.147.482,21 € sin IVA
- Presupuesto Base de Licitación (PBL) = 2.555.503,83 € sin IVA
- Importe de adjudicación = Venta = 2.288.000,00 € sin IVA (se incluye copia del contrato en el apartado de anejos).
- Gastos Generales + Beneficio Industrial (GG + BI) = 13% + 6%
- Coeficiente de adjudicación = 1 – Baja = Importe Adjudicación/PBL

Siendo:

$$\text{Coef. Adj.} = \frac{2.288.000 \text{ €}}{2.555.503,83 \text{ €}} = 0,8953224695$$

Con los datos expuestos se obtiene el coste de construcción:

$$\begin{aligned} \text{Coste de Construcción} &= \sum CD + GGI = \\ &= 2.090.461,23 \text{ €} + 25.000 \frac{\text{€}}{\text{mes}} * 7 \text{ meses} \\ \text{Coste de Construcción} &= 2.265.461,23 \text{ €} \end{aligned}$$



A continuación, se obtiene el Coste Total:

$$\begin{aligned}
 \text{Coste } TOTAL &= \sum CD + GGI + 7\% * \text{Venta} + 4\% * \text{PEM real} = \\
 &= 2.090.461,23 \text{ €} + 175.000 \text{ €} + 0,07 * 2.288.000 \text{ €} + \\
 &\quad + 0,04 * 2.147.482,21 \text{ €} * 0,8953224695 \\
 \text{Coste } TOTAL &= \mathbf{2.502.528,80 \text{ €}}
 \end{aligned}$$

Finalmente, de la diferencia entre la venta y el coste total se obtiene el riesgo asumido por la empresa constructora para salir adjudicataria de la obra (suponiendo que nuestro estudio de costes coincidiese con el de la empresa)

$$\begin{aligned}
 \text{Resultado} &= \text{Venta} - \text{Coste Total} = 2.288.000 \text{ €} - 2.502.528,80 \text{ €} = \\
 &= \mathbf{-214.528,80 \text{ €}}
 \end{aligned}$$

Se estima que la empresa constructora tendrá unas pérdidas de 214.528,80 €.



## **4. PROPUESTA DE** **ALTERNATIVAS**

## 4.1 PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS

El estudio económico realizado en el capítulo anterior demuestra que el contratista asumió un riesgo de pérdida de 214.528,80 € por resultar adjudicatario de la obra. En el presente capítulo se abordarán distintas propuestas y soluciones aplicables al proyecto original mediante las cuales pueda reducirse la pérdida económica del contratista.

A continuación, se presentarán las distintas alternativas o soluciones así como observaciones al proyecto original realizadas durante la realización de este trabajo.

### 4.1.1 ELIMINACIÓN DE EXCESOS DE MEDICIÓN PREVISTOS PARA POSIBLES NECESIDADES

Los proyectistas han incluido varias partidas presupuestarias para la ejecución de varias unidades de obra sin definición clara. Esto suele realizarse cuando el proyectista cree que pueden surgir ciertas necesidades durante la ejecución de la obra las cuales en un principio no se contempla llevar a cabo pero que a causa de posibles imprevistos pueden surgir y, por lo tanto, se deben abonar al contratista.

Durante la ejecución del presente trabajo se han detectado varias unidades de obra que se han incluido para cubrir este tipo de necesidades y para que sirva de margen económico a la Administración. A continuación se muestran las partidas presupuestarias con exceso de medición:

#### – Zahorra procedente de cantera para reparaciones

El proyecto incluye una medición de 1.200 m<sup>3</sup> de zahorra procedente de cantera para la ejecución de reparaciones que puedan surgir durante la obra. Lo cierto es que esta medición a pesar de incluirse para posibles reparaciones representa aproximadamente 2/3 de las mediciones totales de zahorra y que, en adición, los tramos de la traza que requieren del empleo de este material son relativamente cortos por lo que no se cree que se necesite de esta medición adicional.

La retirada de esta medición supone la siguiente rebaja del PEM y del coste directo de la obra:

$$\text{Ahorro zahorra para reparaciones sobre PEM} = 1.200 \text{ m}^3 * 20,12 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 24.144,00 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro zahorra para reparaciones sobre CD} = 1.200 \text{ m}^3 * 18,02 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 21.628,00 \text{ €}$$

Además de suponer un ahorro económico, se producirá una reducción del tiempo de ejecución de la zahorra respecto al estimado en la memoria constructiva:

$$\text{Reducción Tiempo zahorra para reparaciones} = \frac{1.200 \text{ m}^3}{450 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 3 \text{ días}$$

#### – Emulsión C60BF5 IMP en riego de imprimación para capa de regularización

Al retirar la medición correspondiente a la zahorra procedente de cantera para emplear en reparaciones no será necesaria la medición de emulsión C60BF5 IMP en riego de imprimación para capa de regularización. Se trata de 8 Tn de emulsión en riego de imprimación que supone la siguiente rebaja del PEM y del coste directo de la obra:



$$\begin{aligned} \text{Ahorro Emulsión C60BF5 IMP en riego de imprimación sobre PEM} &= \\ &= 8 \text{ Tn} * 333,68 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} = 2.669,44 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro Emulsión C60BF5 IMP en riego de imprimación sobre CD} &= \\ &= 8 \text{ Tn} * 460 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} = 3.680,00 \text{ €} \end{aligned}$$

Por otro lado, debe tenerse en cuenta el ahorro de tiempo que supone la retirada de esta medición puesto que la ejecución del riego de imprimación requiere de un tiempo de espera de al menos 24 horas antes de ejecutar la primera capa de firmes por tratarse de una emulsión de rotura lenta.

Se estima que la **reducción de tiempo será de 3 días** (la misma que la de ejecución de la base de zahorra).

– **MBC en capa de regularización**

Al igual que para la zahorra, el presupuesto de ejecución material incluye una medición de mezcla bituminosa en caliente en capa de regularización (1.800 Tn) para posibles reparaciones que puedan necesitarse en la traza principal. Esta medición supone aproximadamente el 90% de la partida presupuestaria a pesar de que el proyecto también indica que se extendió una capa de mezcla bituminosa en caliente en la totalidad de la traza a modo de protección, por lo que no se espera que la calzada esté en tan malas condiciones como para necesitar de tan alta medición.

Por esa razón, se plantea la reducción de la medición a la mitad de la establecida en proyecto, para conseguir así un ahorro tanto en el PEM como en el coste directo de la obra y reservar una medición razonable para posibles reparaciones.

La reducción de esta medición supone la siguiente rebaja del PEM y del coste directo de la obra:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro MBC en capa de regularización sobre PEM} &= 900 \text{ Tn} * 19,21 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} = \\ &= 17.289,00 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro MBC en capa de regularización sobre CD} = 900 \text{ Tn} * 24 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} = 21.600,00 \text{ €}$$

Además de suponer un ahorro económico, se producirá una reducción del tiempo de ejecución de la capa de mezcla bituminosa en caliente respecto al estimado en la memoria constructiva:

$$\text{Reducción Tiempo MBC en capa de regularización} = \frac{900 \text{ Tn}}{400 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 3 \text{ días}$$

– **Betún de cualquier penetración para capa de regularización**

Al reducir la medición correspondiente a la capa de mezcla bituminosa en caliente en capa de regularización para posibles reparaciones también se producirá un ahorro económico en la parte proporcional del betún que se dejará de utilizar.

Como el betún corresponde al 4,5% de la mezcla bituminosa se estima la siguiente rebaja del PEM y del coste directo de la obra:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro Betún de cualquier penetración sobre PEM} &= 0,045 * 900 \text{ Tn} * 320,28 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} = \\ &= 12.971,34 \text{ €} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Ahorro Betún de cualquier penetración sobre CD} &= 0,045 * 900 Tn * 480 \frac{\text{€}}{Tn} = \\ &= 19.440,00 \text{ €} \end{aligned}$$

– **Emulsión termoadherente tipo C60B3 TER o C60B4 TER para capa de regularización**

Al igual que con el betún, al reducir la medición de mezcla bituminosa en capa de regularización para posibles reparaciones, se reducirá la medición proporcional correspondiente a la emulsión termoadherente tipo C60B3 TER, de la cual se estima la siguiente rebaja del PEM y del coste directo de la obra:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro Emulsión termoadherente tipo C60B3 TER sobre PEM} &= 3 Tn * 378,73 \frac{\text{€}}{Tn} = \\ &= 1.136,19 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro Emulsión termoadherente tipo C60B3 TER sobre CD} &= 3 Tn * 510 \frac{\text{€}}{Tn} = \\ &= 1.530,00 \text{ €} \end{aligned}$$

– **Resumen de propuestas de eliminación de excesos de medición**

Se ha planteado la reducción incluso la eliminación de varias mediciones o partidas presupuestarias. Estas propuestas tienen el principal objetivo de reducir el PEM y el coste directo como el tiempo de ejecución de la obra.

A continuación, se muestra de manera resumida el ahorro conseguido tanto sobre el PEM como sobre el coste directo y la reducción del tiempo de ejecución:

<b>Eliminación de excesos de medición</b>	<b>P.E.M</b>	<b>Coste Directo</b>	<b>Tiempo</b>
Zahorra procedente de cantera	- 24.144,00 €	- 21.628,00 €	- 3 días
Emulsión C60BF5 IMP en riego de imprimación	- 2.669,44 €	- 3.680,00 €	- 3 días
MBC en capa de regularización	- 17.289,00 €	- 21.600,00 €	-3 días
Betún de cualquier penetración	- 12.971,34 €	- 19.440,00 €	
Emulsión termoadherente tipo C60B3 TER o C60B4 TER para capa de regularización	- 1.136,19 €	- 1.530,00 €	
<b>TOTAL</b>	<b>- 58.209,97 €</b>	<b>- 67.878,00 €</b>	<b>-9 días</b>

#### 4.1.2 SUSTITUCION DE ANCLAJES ACTIVOS POR PASIVOS

Tal y como se ha mencionado en varios apartados del presente trabajo, los problemas geotécnicos de distintas características surgidos durante la ejecución de la obra original conllevaron a elaborar el proyecto de finalización en el que se presentaban nuevas soluciones de estabilización de taludes. Por ello, el proyecto incluye la ejecución de redes de cables bulonadas con anclajes activos de 25 y 32 mm de diámetro respectivamente. El Anejo nº3. Geología y Geotecnia detalla que la red de cables bulonada se ejecutará en 3 farallones rocosos, los cuales presentan una estabilidad normal e inexistencia de inestabilidad global. Por esta razón, el anejo mencionado define la instalación de sistemas de sostenimiento flexibles (redes) anclados mediante una malla de bulones pasivos como solución. A pesar de ello, el proyecto considera más apropiado la ejecución de anclajes activos para estar por el lado de la seguridad y cubrirse las espaldas a pesar de que con los anclajes pasivos se obtienen los coeficientes de seguridad apropiados.



Por lo tanto, se plantea sustituir los anclajes activos por anclajes pasivos, los cuales no requieren de tesado para trabajar y evitan el traslado y empleo de herramientas de tesado en la obra, por lo que se producirá un ahorro económico y una reducción de tiempo en la ejecución de las redes de cables.

Se estima que el coste unitario de los anclajes pasivos es un 30% más barato que el de los anclajes activos y se le propone un ahorro del 20% sobre el PEM a la Administración. Por otro lado, al no requerir de tesado el tiempo de ejecución se reducirá a la mitad:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro Anclaje pasivo 25 mm sobre el PEM} &= 320 \text{ m} * 0,20 * 39,51 \frac{\text{€}}{\text{m}} = \\ &= 2.528,64 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro Anclaje pasivo 25 mm sobre el CD} &= 320 \text{ m} * 0,30 * 46,46 \frac{\text{€}}{\text{m}} = \\ &= 4.172,26 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro Anclaje pasivo 32 mm sobre el PEM} &= 1.888 \text{ m} * 0,20 * 50,73 \frac{\text{€}}{\text{m}} = \\ &= 19.155,65 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro Anclaje pasivo 32 mm sobre el CD} &= 1.888 \text{ m} * 0,30 * 55,80 \frac{\text{€}}{\text{m}} = \\ &= 31.606,82 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\text{Reducción tiempo Anclajes Pasivos} = \frac{93 \text{ días}}{2} = 46 \text{ días}$$

Por lo tanto, se estima que con el cambio de tipología de los anclajes se obtendrá un **ahorro de 21.684,29 € sobre el PEM y de 35.779,08 € respecto al coste directo y una reducción del tiempo de ejecución de 46 días.**

#### 4.1.3 SUSTITUCIÓN DEL SOSTENIMIENTO EN EL MURO 4 POR MURO DE ESCOLLERA

Se propone cambiar la solución adoptada para la estabilización del muro 4 mediante entramado metálico y empleo de bulones autoperforantes por la construcción de un muro de escollera en la zona afectada. La solución propuesta por el proyecto detalla una actuación en una longitud de 10 m y sobre un área de 30 m<sup>2</sup> así que, se propone construir un muro de contención de escollera entre el PK 7+560 y el PK 7+800 de 30 metros de longitud (cubre la zona afectada y 10 m más a cada lado) y una altura de 3 metros.

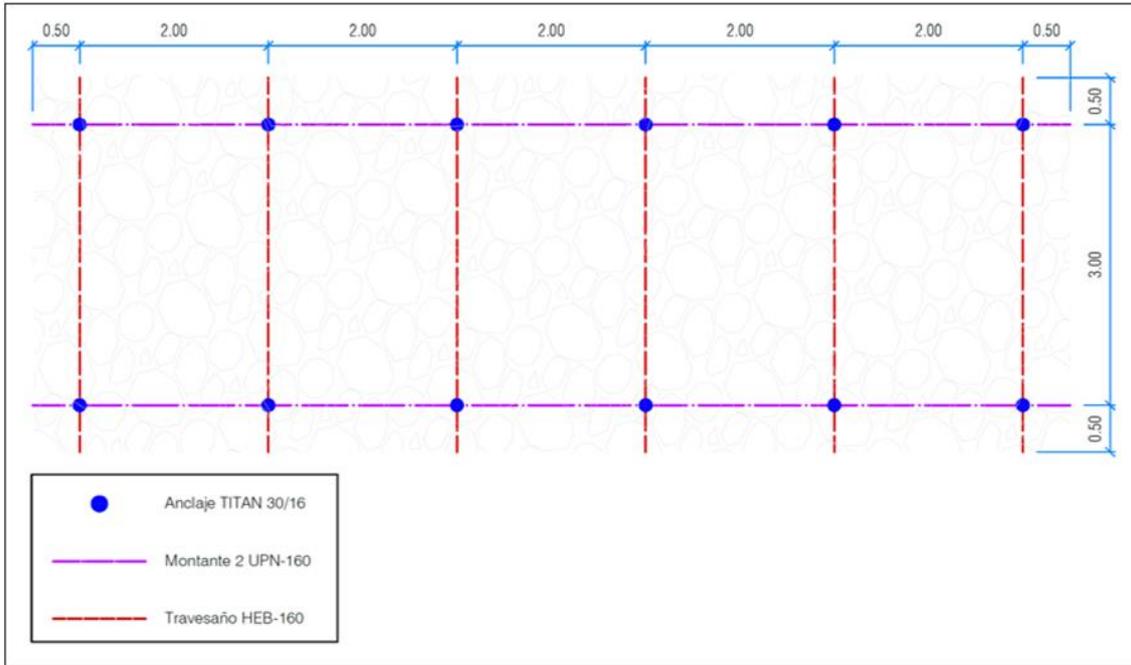


Figura 56. Sostenimiento planteado en el proyecto para el muro 4.

De este modo se elimina la solución adoptada en el proyecto de construir un esqueleto metálico para estabilizar el muro de mampostería que presenta deformaciones fuera de los planos tanto vertical como horizontal en todo su alzado y se ejecuta una solución de mayor integración paisajística.

La razón por la que se ha optado sustituir el entramado metálico por el muro de escollera únicamente en el muro de mampostería 4 es porque tiene una altura de 3 metros, por lo que su sección será igual que la del muro de escollera detallado en el proyecto y porque los muros 1 y 2 de mampostería presentan zonas con hasta 8,50 m y 13,80 m de altura respectivamente, por lo que construir el muro de escollera exigiría el empleo de maquinaria especial y se complicaría el proceso.

Como ya se ha mencionado, el muro de escollera que sustituya la ejecución del entramado metálico en el muro 4 tiene la misma sección estructural que el muro detallado en el proyecto:

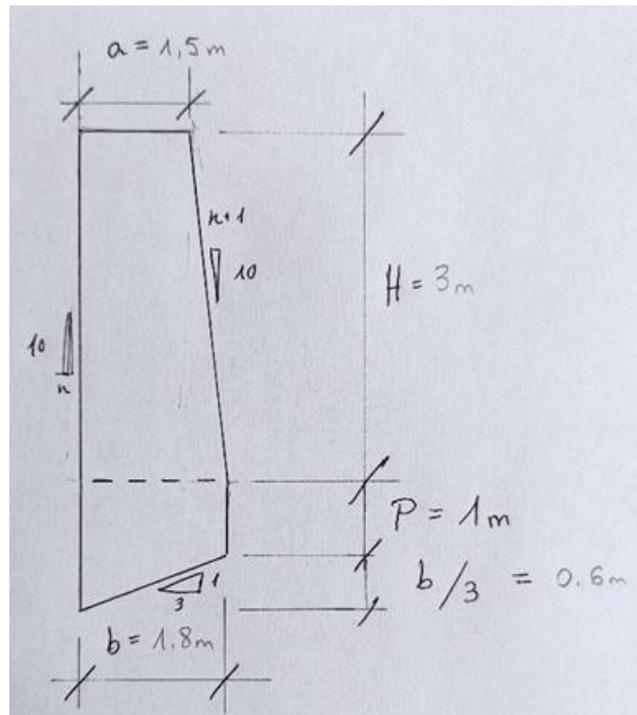


Figura 57. Sección del muro de escollera definido en el proyecto y que se empleará para sustituir el entramado metálico de estabilización del muro 4.

Al tener ambos la misma sección puede obtenerse el volumen de escollera necesario para la ejecución del nuevo muro mediante la siguiente relación:

$$\text{Volumen nuevo de escollera} = \frac{375 \text{ m}^3}{80 \text{ m}} * 30 \text{ m} = 145 \text{ m}^3$$

El hormigón de limpieza necesario para la construcción de la zapata será el 10% de la escollera necesaria:

$$\text{Volumen nuevo HL} - 150/B/20 = 145 \text{ m}^3 * 0,1 = 14,5 \text{ m}^3$$

Por otro lado, se estima el volumen de material drenante necesario para realizar el relleno del trasdós del muro. Se toma una anchura de 1 m y una altura de 3 m:

$$\text{Volumen nuevo material drenante} = 30 \text{ m} * 1 \text{ m} * 3 \text{ m} = 90 \text{ m}^3$$

Las nuevas mediciones producen el siguiente incremento del PEM y del coste directo de la obra:

– **Hormigón HL-150/B/20 vertido**

$$\text{Incremento hormigón HL} - 150/B/20 \text{ sobre PEM} = 71,13 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 14,5 \text{ m}^3 = 1.031,39 \text{ €}$$

$$\text{Incremento hormigón HL} - 150/B/20 \text{ sobre CD} = 63,95 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 14,5 \text{ m}^3 = 927,28 \text{ €}$$

– **Escollera seleccionada p/cantera en muro a pie de obra**

$$\text{Incremento escollera seleccionada sobre PEM} = 16,11 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 145 \text{ m}^3 = 2.335,95 \text{ €}$$

$$\text{Incremento escollera seleccionada sobre CD} = 15,20 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 145 \text{ m}^3 = 2.204,00 \text{ €}$$



– **Formación de muro de escollera**

$$\begin{aligned} \text{Incremento formación de muro de escollera sobre PEM} &= 12,79 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 145 \text{ m}^3 = \\ &= 1.854,55 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento formación de muro de escollera sobre CD} &= 10,00 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 145 \text{ m}^3 = \\ &= 1.450,00 \text{ €} \end{aligned}$$

– **Relleno de material drenante**

$$\begin{aligned} \text{Incremento relleno de material drenante sobre PEM} &= 12,56 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 90 \text{ m}^3 = \\ &= 1.130,40 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento relleno de material drenante sobre CD} &= 14,50 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 90 \text{ m}^3 = \\ &= 1.305,00 \text{ €} \end{aligned}$$

Por otro lado, tomando los rendimientos utilizados en la memoria constructiva, se estima el tiempo de ejecución necesario del nuevo muro de escollera:

$$\text{Tiempo escollera} = \frac{145 \text{ m}^3}{80 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 2 \text{ días}$$

Al tiempo de ejecución del muro se le añaden 2 días más para ejecutar el vertido del hormigón de limpieza en la base y el relleno con material drenante del trasdós, por lo que se estima un **tiempo de ejecución total de 4 días**.

Una vez estimado el incremento económico sobre el PEM y el coste directo y el incremento del tiempo de ejecución, se estima el ahorro que supone el cambio de tipología de solución propuesto. Para ello, se retiran 678 Kg de acero en perfiles UPN 160 y 852,5 Kg de acero en perfiles HEB 160 correspondientes a la partida presupuestaria de Acero S275 J2 G3 en estructura de acero y 120 metros de bulón autoperforante de 32 mm que el proyecto destina para ejecutar el sostenimiento del muro de mampostería 4:

$$\text{Ahorro Acero S275 J2 G3 sobre PEM} = (678 + 852,5) \text{ Kg} * 2,54 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} = 3.887,47 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro Acero S275 J2 G3 sobre CD} = (678 + 852,5) \text{ Kg} * 1,80 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} = 2.754,90 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro Bulón autoperforante 32 mm sobre PEM} = 120 \text{ m} * 68,71 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 8.245,20 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro Bulón autoperforante 32 mm sobre CD} = 120 \text{ m} * 75,00 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 9.000,00 \text{ €}$$

Además, se estima la siguiente reducción de tiempo de ejecución del entramado metálico mediante los rendimientos utilizados en la memoria constructiva:

$$\text{Reducción tiempo bulón autoperforante 32 mm} = \frac{120 \text{ m}}{30 \frac{\text{m}}{\text{día}}} = 4 \text{ días}$$

A continuación, se muestra mediante una tabla resumen la repercusión económica que tendría el cambio de solución sobre la obra y la diferencia de tiempo que supondría:

		P.E.M	Coste Directo	Tiempo
Acero S 275 J2 G3 en estructura de acero	-	3.887,47 €	- 2.754,90 €	
Bulón tipo autoperforante 32 mm	-	8.245,20 €	- 9.000,00 €	- 4 días
Hormigón HL-150/B/20 vertido		1.031,39 €	927,28 €	1 día
Escollera seleccionada p/cantera en muro a pie de obra		2.335,95 €	2.204,00 €	
Formación de muro de escollera		1.854,55 €	1.450,00 €	2 días
Relleno de material drenante		1.130,40 €	1.305,00 €	1 día
<b>TOTAL</b>	<b>-</b>	<b>5.780,38 €</b>	<b>- 5.868,62 €</b>	<b>0 días</b>

Tal y como refleja la tabla resumen, **se obtiene una reducción de 5.780,38 € sobre el PEM y una reducción de 5.868,62 € sobre el coste directo de la obra.** Por otro lado, el cambio de solución propuesto no conlleva variación del tiempo de ejecución del muro puesto que el tiempo de ejecución de ambos es igual.

Finalmente, es necesario destacar que el cambio de la solución de un entramado metálico a la ejecución de un muro de escollera aporta una mejora en el aspecto paisajístico a la obra y una integración en el entorno natural mejorado.

#### 4.1.4 ACORTAMIENTO DE BULONES AUTOPERFORANTES PARA ESTABILIZACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA

Se plantea la reducción de la longitud de los bulones autoperforantes a emplear en la contención y estabilización de los muros 1 y 2 de mampostería (como se ha detallado en el anterior apartado se ha propuesto un cambio de solución para el muro 4). Tal y como se detalla en el Anejo nº3. Geología y Geotecnia del proyecto, los muros de mampostería mencionados coinciden con una vaguada en el sustrato rocoso, es decir, están encajados entre bancos de roca. Por otro lado, el Anejo nº8. Estructuras y Muros del proyecto, detalla que los bulones autoperforantes que se anclarán al terreno natural y que servirán de unión para el entramado metálico deberán quedar anclados en el sustrato rocoso como mínimo una longitud de 2 metros.

Con estas razones expuestas, se plantea **reducir la longitud de las barras o bulones autoperforantes** a anclar para la contención y estabilización de los muros de mampostería 1 y 2 **de los 10 m indicados en el proyecto a 5 m**, dejando de este modo una longitud de barra suficiente que asegure los 2 m de anclaje mínimo en la roca que establece el Anejo nº8. Estructuras y Muros del proyecto. De este modo se estima que de las 130 unidades de bulón autoperforante de 10 metros de longitud resultantes tras la retirada de la medición correspondiente al sostenimiento del muro 4, se produce el siguiente ahorro tanto en el PEM como en el coste directo tras reducir la longitud de estos bulones de 10 m a 5 m:

$$\text{Ahorro sobre el PEM} = 130 \text{ ud} * 5 \frac{\text{m}}{\text{ud}} * 68,71 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 44.661,50 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro sobre el CD} = 130 \text{ ud} * 5 \frac{\text{m}}{\text{ud}} * 75 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 48.750,00 \text{ €}$$



Al reducir la longitud de las barras de anclaje se requerirá una perforación menor, por lo que el tiempo de ejecución de los bulones autoperforantes se reducirá. Utilizando el rendimiento de ejecución de bulones estimado en la memoria constructiva (30 m/día) se estima el ahorro de tiempo conseguido tras el acortamiento de los bulones:

$$\text{Reducción tiempo Bulón autoperforante } 32 \text{ mm} = \frac{130 \text{ ud} * 5 \frac{\text{m}}{\text{ud}}}{30 \frac{\text{m}}{\text{día}}} = 22 \text{ días}$$

Esto quiere decir que **se estima una reducción del tiempo de ejecución de 22 días** respecto al tiempo inicial (en la memoria constructiva se estimaron 48 días de ejecución).

#### 4.1.5 SUSTITUCIÓN DE MURETES DE HORMIGÓN POR MUROS DE ESCOLLERA

Se plantea la sustitución de los muretes de hormigón armado incluidos en el proyecto para elevar la rasante en 2 de las curvas más pronunciadas de la traza por 2 muros de escollera. Se estima que el cambio de tipología de muros de hormigón a muros de escollera puede reducir el tiempo de ejecución y, por lo tanto, comenzar antes con la ejecución de los firmes.

El muro de escollera del proyecto y los 2 nuevos muros de escollera propuestos tienen dimensiones distintas puesto que las necesidades que deben cumplir también lo son. Por esta razón, se deben dimensionar estos 2 nuevos de escollera y estimar de este modo el material que es necesario para construirlos.

El anejo nº8. Estructuras y muros detalla el dimensionamiento del muro de escollera incluido en el proyecto y en él se indica que se han seguido los criterios de dimensionamiento de muros de escollera establecidos por la guía “*Recomendaciones para el diseño y construcción de muros de escollera en obras de carreteras*”.

La guía incluye una serie de ábacos que toman como base para el cálculo de los muros de escollera los coeficientes de seguridad al vuelco y al deslizamiento, puesto que en todos los casos de estudio son los valores más restrictivos de la estabilidad. Los ábacos en cuestión consideran 6 tipos diferentes de situaciones en función de los parámetros de la escollera y del terreno situado en el trasdós del muro, los cuales se exponen en la siguiente tabla:

	I <sub>c</sub>	II <sub>c</sub>	III <sub>c</sub>	IV <sub>c</sub>	V <sub>c</sub>	VI <sub>c</sub>
tgφ <sub>ε</sub>	2	2	2	1,5	1,5	1,5
γ <sub>ε</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1900	1900	1900	1700	1700	1700
φ <sub>τ</sub>	35°	25°	15°	35°	25°	15°
γ <sub>τ</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1900	1900	1900	1900	1900	1900
β	35°	25°	15°	35°	25°	15°

Tal y como indica el anejo nº8 del proyecto, se obtiene una situación de terreno V<sub>c</sub>.

A continuación, se establecen al igual que en proyecto las características geométricas necesarias para obtener el ancho de los nuevos muros en coronación:

- n: valor de la pendiente en el muro, en este caso se toma un valor n = 2 para conseguir un menor peso del muro.
- H: altura geométrica del muro, se diseña de 1,5 metros por motivos de seguridad (el proyecto establece una altura de 1,20 m para los muretes de hormigón).

- a: ancho del muro en coronación.
- b: ancho del muro en la base.
- P: profundidad de la cimentación, valor recomendado de 1 metro.

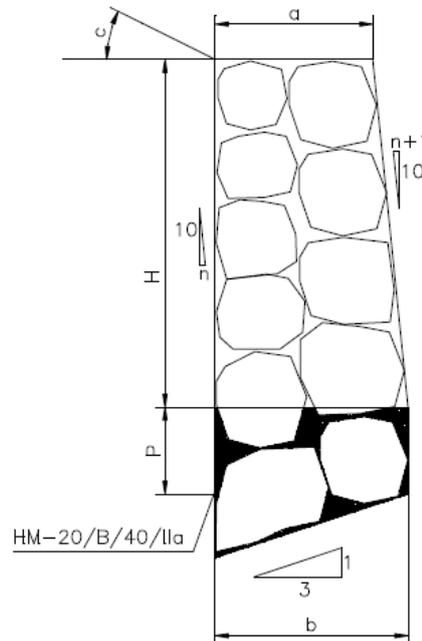


Figura 58. Esquema general de los muros de contención de escollera.

Conociendo la altura de muro que se desea construir (1,5 m) y las pendientes del intradós y el trasdós ( $n = 2$ ), se obtiene el ancho del muro en coronación para un factor de seguridad  $F = 1,5$  con el siguiente ábaco de cálculo:

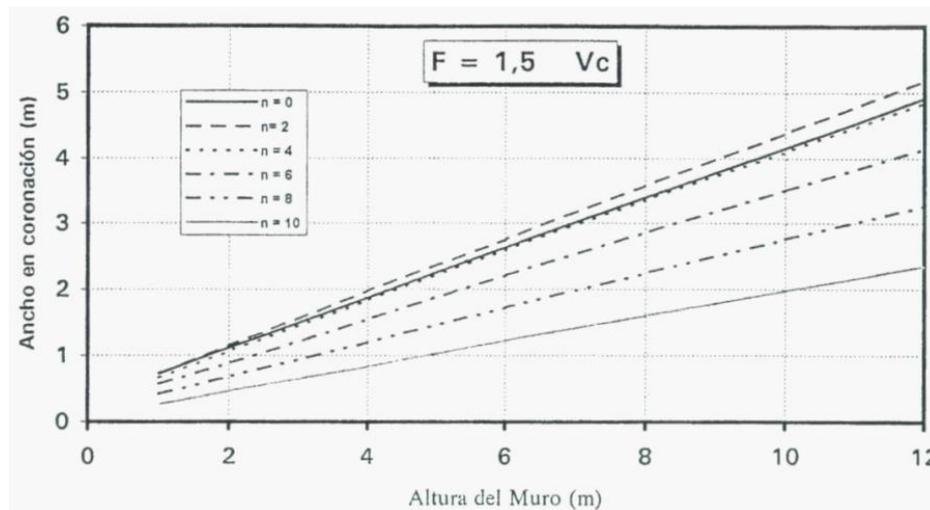


Figura 59. Ábaco de cálculo para un muro de contención en un terreno tipo Vc y factor de seguridad  $F = 1,5$ .

Entrando al ábaco con los datos mencionados se obtiene un ancho del muro en coronación de 1 m pero, siguiendo las recomendaciones de la “Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera”, se considera adecuada una anchura del muro en coronación de  $a = 1,5$  m.

Una vez conocido el ancho del muro en coronación, se obtiene el ancho que debe tener el muro en la base:

$$b = a + \frac{H}{10} = 1,5 + \frac{1,5}{10} = 1,65 \text{ m}$$

Conocidas las dimensiones de los muros de escollera propuestos, se estima el material necesario para la ejecución de estos y se calcula tanto el incremento que suponen al PEM y al coste directo como el tiempo de ejecución estimado:

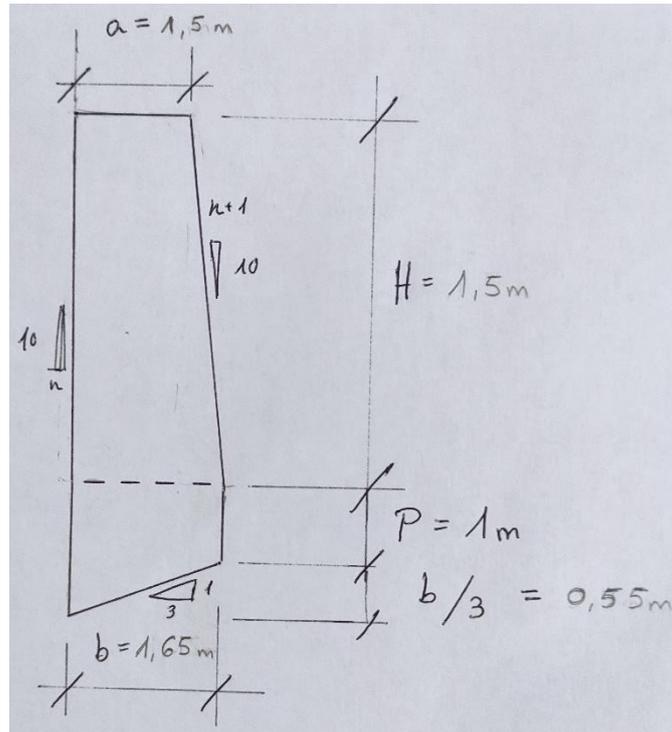


Figura 60. Sección de muro de escollera propuesto.

$$\text{Área} = \frac{1,5 + 1,65}{2} * 1,5 + \frac{2 * 1 + \frac{1,65}{3}}{2} * 1,65 = 4,466 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen nuevo escollera} = 4,466 \text{ m}^2 * 180 \text{ m} = 805 \text{ m}^3$$

El hormigón de limpieza necesario para la construcción de la zapata será el 10% de la escollera necesaria:

$$\text{Volumen nuevo HL} - 150/B/20 = 805 \text{ m}^3 * 0,1 = 80,5 \text{ m}^3$$

El material drenante para realizar el relleno del trasdós tendrá una anchura de 1 m y una altura de 1,5 m, por lo que se estima que se necesitará el siguiente volumen:

$$\text{Volumen nuevo material drenante} = 180 \text{ m} * 1 \text{ m} * 1,5 \text{ m} = 270 \text{ m}^3$$

A continuación, se estima el incremento sobre el PEM y el coste directo que supone la construcción de los nuevos muros de escollera:



– **Hormigón HL-150/B/20 vertido**

$$\begin{aligned} \text{Incremento Hormigón HL – 150/B/20 vertido sobre PEM} &= 80,5 \text{ m}^3 * 71,13 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = \\ &= 5.725,97 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Incremento Hormigón HL – 150/B/20 vertido sobre CD} &= 80,5 \text{ m}^3 * 63,95 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = \\ &= 5.147,98 \text{ €} \end{aligned}$$

– **Escollera seleccionada p/cantera en muro a pie de obra**

$$\text{Incremento Escollera seleccionada sobre PEM} = 805 \text{ m}^3 * 16,11 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 12.968,55 \text{ €}$$

$$\text{Incremento Escollera seleccionada sobre CD} = 805 \text{ m}^3 * 15,20 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 12.236,00 \text{ €}$$

– **Formación de muro de escollera**

$$\begin{aligned} \text{Incremento Formación de muro de escollera sobre PEM} &= 278 \text{ m}^3 * 12,79 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = \\ &= 10.295,95 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\text{Incremento Formación de muro de escollera sobre CD} = 278 \text{ m}^3 * 10 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 8.050,00 \text{ €}$$

– **Relleno de material drenante**

$$\begin{aligned} \text{Incremento relleno de material drenante sobre PEM} &= 270 \text{ m}^3 * 12,56 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = \\ &= 3.391,20 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\text{Incremento relleno de material drenante sobre CD} = 270 \text{ m}^3 * 14,50 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 3.915,00 \text{ €}$$

Esto supone un **incremento total de 32.381,67 € sobre el PEM** y de **29.348,98 € sobre el coste directo**.

Tomando los costes unitarios estimados para la construcción de los muretes de hormigón armado en la memoria constructiva, se estima que el cambio de tipología de muros propuesto consigue el siguiente ahorro sobre el PEM y el coste directo:

$$\text{Ahorro Muretes sobre PEM} = -26.660,79 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro Muretes sobre CD} = -30.818,39 \text{ €}$$

Finalmente, se representa mediante una tabla resumen el balance económico que supondría el cambio de tipología de muro respecto al PEM y al coste directo inicial:

	Muretes de hormigón	Muros de escollera	Balance
PEM	-26.660,79 €	32.381,67 €	<b>5.720,88 €</b>
CD	-30.818,39 €	29.348,98 €	- <b>1.469,41 €</b>

Como puede observarse, **el cambio de tipología supone un incremento de 5.720,88 € sobre el PEM y un ahorro de 1.469,41 € sobre el coste directo de la obra**. A pesar de no conseguir reducir el importe del PEM esto no supone ningún problema puesto que sí se conseguirá reducir



con la aplicación del resto de propuestas y, además, el contratista mejora el balance económico de la obra.

Debe destacarse que el cambio de tipología de muros supone una mejora desde el punto de vista medioambiental ya que tiene una mejor integración paisajística en el entorno.

Al igual que en la memoria constructiva, se estima el tiempo necesario para la ejecución de la base de hormigón de limpieza y la construcción de los muros de escollera:

$$\text{Tiempo Hormigón HL} - 150/B/20 \text{ vertido} = 2 \text{ días}$$

$$\text{Tiempo formación de muros de escollera} = \frac{805 \text{ m}^3}{80 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 10 \text{ días}$$

En este caso se cumple el objetivo inicial de reducir el tiempo de ejecución de los muros y, poder así, comenzar antes con la ejecución de los firmes. En la memoria constructiva se detalla que se necesitan 32 días para ejecutar ambos muretes y al cambiarlos por muros de escollera se consigue ejecutarlos en 12 días aproximadamente, por lo que **se consigue reducir 20 días el tiempo de ejecución.**

#### 4.1.6 MODIFICACIÓN DE LA SECCIÓN ESTRUCTURAL DEL FIRME

Para el dimensionamiento de la sección estructural del firme el proyecto se ha basado en aforos de tráfico del año 2011 con indicación del porcentaje de vehículos pesados, facilitados por la Dirección General de Obras Públicas. Estos datos se consideran suficientemente válidos, ya que la intensidad y composición del tráfico no han variado ostensiblemente desde entonces, según las consultas realizadas en el municipio. La I.M.D. de la CA-631 de Vega de Pas al Puerto de Estacas de Trueba es de 188 vehículos/día, con un porcentaje de vehículos pesados del 3 %, de lo que resulta una I.M.D. de pesados de 6 vehículos pesados/día. No obstante, y habida cuenta de la baja fiabilidad de los datos estimados, el proyecto mayorita estas cifras para estar del lado de la seguridad, estimando por tanto una **IMDp por carril de 4 vehículos/día.**

Este valor corresponde a la **categoría de tráfico pesado tipo T42** (<25 vp/d) establecida por la Norma 6.1-IC pero el proyecto indica que es recomendable escoger la categoría inmediatamente superior por recomendación de la misma norma y porque se plantea la situación hipotética de que las actuaciones de mejora tendrán un efecto atractor que aumente el flujo de vehículos pesados.

No obstante, partiendo de que la elección de una categoría inmediatamente superior es únicamente una recomendación, que el margen de vehículos pesados para cumplir la categoría T42 es amplia (se estima una IMDp de 4 vehículos/día mientras que el límite está en 25) y que al tratarse de una carretera de montaña no se prevé aumento del tráfico pesado, se plantea diseñar una sección estructural de firme intermedia entre la categoría T42 y la categoría T41 para conseguir un ahorro de material sin reducir excesivamente la futura calidad de la carretera. Como la explanada sobre la que asienta la calzada es la ya construida en la anterior fase, no se plantea modificación de la misma (explanada E2):

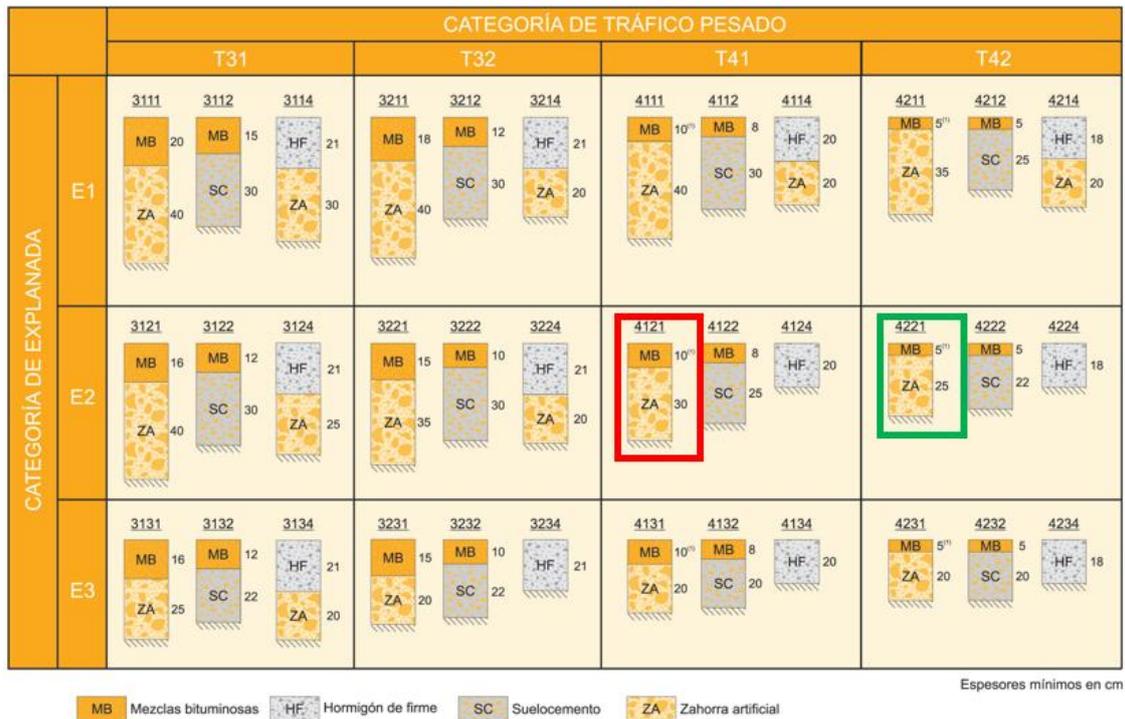


Figura 61. Catálogo de secciones de firme para distintas categorías de tráfico pesado. Fuente: Norma 6.1-IC.

En rojo se muestra la sección estructural para la categoría de tráfico pesado T41 (la definida en el proyecto) y en verde para la categoría de tráfico pesado T42.

Por lo tanto, se plantea la modificación de la sección estructural del Tramo 2 (tronco) y de los tramos 3 y 4 (tramos en los que se eleva la rasante) diseñando una sección intermedia entre las categorías de tráfico pesado T41 y T42:

Tabla 4.1. Estimación del ahorro de material a causa de la modificación de la sección del firme.

TRAMO 2 (TRONCO) Y APARCAMIENTOS				
	Sección T41	Sección propuesta	Sección T42	Ahorro de material
MBC en capa de regularización	5 cm	<b>4 cm</b>	3 cm	<b>209,913 Tn</b>
Betún de cualquier penetración	47,23 Tn	<b>37,78 Tn</b>	28,338 Tn	<b>9,446 Tn</b>
MBC en capa de rodadura	4 cm	<b>3 cm</b>	2 cm	<b>1.740,84 Tn</b>
BetúnPMB 45/80-60 o PMB 45/80-65 modificado con polímeros	348,17 Tn	<b>261,13 Tn</b>	174,084 Tn	<b>87,042 Tn</b>

TRAMOS 3 Y 4				
	Sección T41	Sección propuesta	Sección T42	Ahorro de material
Zahorra procedente de cantera	60 cm	<b>45 cm</b>	25 cm	<b>148,5 m3</b>

Trasladando esta modificación a términos económicos y a reducción del tiempo de construcción, se estima lo siguiente:

– **Zahorra procedente de cantera**

Se modifica el espesor total de la zahorra a emplear en los tramos 3 y 4 de 60 cm a 45 cm (capa de regularización incluida). El proyecto indica que se necesitarán 594 m3 de zahorra para ejecutar la base de 60 cm de los tramos 3 y 4 (del PK 7+600 al 7+760 y del PK 10+500 al 10+730) de la traza, de las cuales se estima que **se ahorrarán 148,5 m3** tras reducir 15 cm esta base (**nuevo espesor total de 45 cm**).

Se estima que con esta reducción del espesor de la base de zahorra se obtendrá el siguiente ahorro tanto sobre el PEM como sobre el coste directo y la siguiente reducción de tiempo de ejecución:

$$\text{Ahorro zahorra sobre PEM} = 20,12 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 148,5 \text{ m}^3 = 2.987,82 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro zahorra sobre CD} = 18,02 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 148,5 \text{ m}^3 = 2.676,47 \text{ €}$$

$$\text{Reducción tiempo zahorra} = 1 \text{ día}$$

– **MBC en capa de regularización**

Se modifica el espesor de la capa de mezcla bituminosa en caliente de regularización **de 5 cm a 4 cm** a emplear en las zonas del tramo 2 (tronco) que lo requieran, en los tramos 3 y 4 y en los aparcamientos ubicados en las zonas altas del puerto. El proyecto incluye una medición total de MBC en capa de regularización de 1.949,563 Tn, de la cual 900 Tn ya se han eliminado (propuesta detallada en el primer apartado del presente capítulo), por lo que de las 1.049,563 Tn restantes **se consiguen ahorrar 209,913 Tn de MBC en capa de regularización** a causa de la reducción del espesor de la capa de 5 cm a 4 cm.

Se estima que con esta reducción se obtendrá el siguiente ahorro tanto sobre el PEM como sobre el coste directo y la siguiente reducción de tiempo de ejecución:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro MBC en capa de regularización sobre PEM} &= 19,21 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} * 209,91 \text{ Tn} = \\ &= 4.032,43 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro MBC en capa de regularización sobre CD} = 24 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} * 209,91 \text{ Tn} = 5.037,91 \text{ €}$$

$$\text{Reducción tiempo MBC en capa de regularización} = 1 \text{ día}$$

– **Betún de cualquier penetración**

Como el betún corresponde al 4,5% de la mezcla bituminosa en capa de regularización se estima la siguiente rebaja del PEM y del coste directo de la obra:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro Betún de cualquier penetración sobre PEM} &= 320,28 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} * 9,446 \text{ Tn} = \\ &= 3.025,36 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro Betún de cualquier penetración sobre CD} = 480 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} * 9,446 \text{ Tn} = 4.534,08 \text{ €}$$

– **MBC en capa de rodadura**

Se modifica el espesor de la capa de rodadura **de 4 cm a 3 cm** a emplear en el tramo 2 (tronco) completo y en los aparcamientos ubicados en las zonas altas del puerto (todas las secciones). El proyecto indica que se emplearán 6.963,36 Tn de MBC en capa de rodadura, de las cuales se estima que **se ahorrarán 1.740,84 Tn** tras reducir la capa de rodadura de todas las secciones de 4 cm a 3 cm.

Se estima que con esta reducción se obtendrá el siguiente ahorro tanto sobre el PEM como sobre el coste directo y la siguiente reducción de tiempo de ejecución:



$$\text{Ahorro MBC en capa de rodadura sobre PEM} = 23,81 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} * 1.740,84 \text{ Tn} = 41.449,40 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro MBC en capa de rodadura sobre CD} = 29 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} * 1.740,84 \text{ Tn} = 50.484,36 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro Tiempo MBC en capa de rodadura} = \frac{1.740,84 \text{ Tn}}{400 \frac{\text{Tn}}{\text{día}}} = 5 \text{ días}$$

– **Betún PMB 45/80-60 o PMB 45/80-65 modificado con polímeros**

Como el betún corresponde al 5% de la mezcla bituminosa en capa de rodadura se estima la siguiente rebaja del PEM y del coste directo de la obra:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro Betún de cualquier penetración sobre PEM} &= 388,85 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} * 87,042 \text{ Tn} = \\ &= 33.846,28 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro MBC en capa de regularización sobre CD} = 680 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} * 87,042 \text{ Tn} = 59.188,56 \text{ €}$$

– **Resumen de propuesta de modificación de la sección estructural del firme**

El cambio de la sección estructural del firme a una sección intermedia entre las secciones T41 y T42 ha conseguido reducir el material a emplear y por lo tanto ahorrar tanto en el PEM como en el coste directo de la obra y en el tiempo de ejecución de los firmes. Estas consideraciones propuestas se exponen a modo de resumen en la siguiente tabla:

	P.E.M	Coste Directo	Tiempo
Zahorra procedente de cantera	- 2.987,82 €	- 2.676,47 €	-1 día
MBC en capa de regularización	- 4.032,43 €	- 5.037,91 €	-1 día
Betún de cualquier penetración	- 3.025,36 €	- 4.534,08 €	
MBC en capa de rodadura	- 41.449,40 €	- 50.484,36 €	-5 días
BetúnPMB 45/80-60 o PMB 45/80-65 modificado con polímeros	- 33.846,28 €	- 59.188,56 €	
<b>TOTAL</b>	<b>- 85.341,29 €</b>	<b>- 121.921,38 €</b>	<b>-7 días</b>

Los cambios de sección estructural del firme propuestos consiguen un gran ahorro tanto sobre el PEM como sobre los costes directos. Además de la reducción económica, se consigue reducir el plazo de ejecución de los firmes 7 días respecto al plazo inicial (36 días) estimado.

**4.1.7 RECLAMACIONES A LA ADMINISTRACIÓN**

Se realiza la reclamación del encofrado machihembrado para las partes vistas del puente únicamente, puesto que se ha decidido cambiar los muretes de hormigón por muros de escollera y no se necesita de encofrado para su ejecución. En la memoria constructiva se ha estimado que se necesitarán 25,53 m<sup>2</sup> de encofrado machihembrado visto para la ejecución de los estribos del puente, para el cual se ha estimado un coste unitario de 33 €/m<sup>2</sup>. Con estos datos se calcula el incremento sobre el PEM reclamado a la Administración:

$$\text{Incremento encofrado machihembrado sobre PEM} = 25,53 \text{ m}^2 * 33 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} = 842,60 \text{ €}$$

Por otro lado, el proyecto tampoco incluye el encofrado de los laterales de la losa de compresión del puente. Se trata de tablillas que se colocan en los laterales de la losa de compresión para darle altura al hormigón.

Se estima que el área de encofrado necesario es de 12,6 m<sup>2</sup> y que su coste unitario es el mismo que el del encofrado recto oculto, por lo que se estima el siguiente incremento en el PEM y en el coste directo:

$$\text{Incremento encofrado recto sobre el PEM} = 12,6 \text{ m}^2 * 12,21 \text{ € m}^2 = 153,85 \text{ €}$$

$$\text{Incremento encofrado recto sobre el CD} = 12,6 \text{ m}^2 * 20,00 \text{ € m}^2 = 252,00 \text{ €}$$

En total se estima un incremento de 996,45 € sobre el PEM y un incremento de 252 € sobre el coste directo por la falta de mediciones mencionadas.

En adición a las reclamaciones indicadas, **se reclama a la Administración el ahorro producido sobre el PEM** a consecuencia de las alternativas propuestas a modo de compensación de sobrecostes, futuras reclamaciones, trabajos por administración, imprevistos, solicitudes municipales... Es decir, se reclaman los ahorros producidos a la Administración para cubrir los sobrecostes no contemplados en el contrato (se estiman en la mitad del importe ahorrado sobre el PEM) de modo que con la reducción conseguida de los costes directos se mejora el resultado económico de la empresa constructora.

#### 4.1.8 REDUCCIÓN DEL PLAZO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA

Las distintas propuestas de alternativas además de tener como objetivo la mejora económica del PEM y del coste directo de la obra, también buscan reducir el plazo de ejecución. Reducir el plazo supone el ahorro de 25.000 € mensuales de gastos de gestión interna por parte del contratista, por lo que esto puede revertir el resultado económico negativo (la empresa constructora pierde dinero por ejecutar la obra) en resultado positivo.

Las distintas alternativas propuestas que actúan sobre las unidades de obra que conforman el camino crítico son las que proporcionarán una reducción del plazo de ejecución de la obra. Como se ha detallado en los distintos apartados, existen propuestas que mejoran el plazo de ejecución, pero otras en cambio no. Por esta razón se exponen a continuación las unidades que sufren variación a causa de la aplicación de las distintas propuestas:

<b>Reducción del plazo de ejecución de la obra</b>	<b>Tiempo</b>
Sustitución de muretes de hormigón por muros de escollera	- 20 días
Eliminación medición zahorra procedente de cantera	- 3 días
Eliminación medición emulsión C60BF5 IMP en riego de imprimación	- 3 días
Reducción medición MBC en capa de regularización	- 3 días
Modificación de la sección estructural del firme	- 7 días

Como puede observarse, las actuaciones propuestas sobre los firmes y los muretes de hormigón consiguen reducir el plazo de ejecución de la obra. El cambio de los muretes de hormigón por los de escollera consigue reducir el tiempo de ejecución 20 días y, además, permite iniciar con la ejecución de los firmes antes de lo estimado en la memoria constructiva. En adición a la reducción del tiempo de los muretes, se consigue reducir el tiempo de ejecución de los firmes 16 días gracias a las propuestas de retirada y reducción de varias partidas y a la propuesta del cambio de la sección estructural del firme.

El hecho de reducir el plazo de ejecución de los muretes y de los firmes con las alternativas propuestas convierten la ejecución de los sostenimientos en camino crítico. Para evitar que esto influya en el plazo final y conseguir una reducción igual a 1 mes del plazo total de ejecución de la obra, se propone adelantar el inicio de ejecución de los sostenimientos de los taludes de la semana 4 a la 3 puesto que son equipos independientes los que trabajan y no influyen en el comienzo de otros tajos, consiguiendo de este modo la reducción deseada de 1 mes en el plazo global.

A esta reducción si le sumamos el mes que se consiguió reducir en la memoria constructiva, se tiene una reducción global del plazo de ejecución de la obra de 2 meses, lo que equivale al **ahorro de 50.000 € para el contratista por gastos de gestión interna**.

## 4.2 RESUMEN DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS

A continuación, se representan nuevamente en una tabla a modo de resumen las variaciones económicas así como las variaciones del tiempo de ejecución a causa de la aplicación de las propuestas detalladas en los anteriores apartados:

PROPUESTAS	P.E.M	CD	G.G.I	TIEMPO
Eliminación de excesos de medición previstos para posibles necesidades	- 58.209,97 €	- 67.878,00 €		- 9 días
Sustitución de anclajes activos por pasivos	- 21.684,29 €	- 35.779,08 €		- 46 días
Sustitución del sostenimiento en el muro 4 por muro de escollera	- 5.780,38 €	- 5.868,62 €		-
Acortamiento de bulones autoperforantes para estabilización de muros de mampostería	- 44.661,50 €	- 48.750,00 €		- 22 días
Sustitución de muretes de hormigón por muros de escollera	5.720,88 €	1.469,41 €		- 20 días
Modificación de la sección estructural del firme	- 85.341,29 €	- 121.921,38 €		- 7 días
Reclamaciones a la Administración	996,45 €	252,00 €		
Reducción del plazo de ejecución	-	-	50.000,00 €	
<b>TOTAL</b>	<b>- 208.960,10 €</b>	<b>- 281.414,49 €</b>		

Las distintas propuestas consiguen reducir de manera significativa el PEM y sobre todo el coste directo de la obra. Además, como varias de las propuestas influyen de forma directa sobre tajos del camino crítico, también se consigue reducir el tiempo de ejecución de la obra. Estos tajos son los muretes de hormigón armado y los firmes por lo que, como se ha detallado en el apartado de reducción del plazo de ejecución, las propuestas de cambio de tipología de muros, de la retirada y reducción de varias mediciones de firmes y del cambio de la sección estructural de los firmes consiguen reducir el tiempo de construcción de la obra 36 días aproximadamente. Aun así, no es posible recortar tanto el plazo final de la obra, puesto que esto hace que el tajo de ejecución del sostenimiento de taludes con malla de triple torsión se convierta en camino crítico y, por lo tanto, inflencie de forma directa en el plazo final de ejecución de la obra. Para evitar esto, tal y como se ha explicado en el capítulo de reducción del plazo de la obra, se propone comenzar con los trabajos de sostenimiento la semana 3 en lugar de la 4, consiguiendo así reducir un mes más el plazo total de ejecución de la obra estimado en la memoria constructiva, en la que ya se ha conseguido realizar el plan de trabajos para 6 meses en lugar de 7.



Por tanto, **se consigue ejecutar la obra en 5 meses en lugar de 7**, por lo que el contratista ahorra 50.000 € (25.000 €/mes) correspondientes a 2 meses de Gastos de Gestión Interna (incluidos en la tabla resumen).

A continuación, vuelve a calcularse el resultado económico de la obra. Para ello **se tiene en cuenta la reclamación de los ahorros generados por las alternativas propuestas a la Administración** puesto que, como se ha explicado en el apartado de las reclamaciones a la administración, se reclaman los ahorros conseguidos sobre el PEM a causa de las alternativas propuestas para cubrir los sobrecostes producidos durante la ejecución de la obra y que no están contemplados en el proyecto.

Con esto último, se estima que los sobrecostes serán de 100.000 € aproximadamente (la mitad del importe de los ahorros generados sobre el PEM aproximadamente), por lo que se añade una partida presupuestaria sobre el coste directo por este valor y se tiene en cuenta el incremento que supone para realizar el cálculo del nuevo resultado económico de la obra:

- Plazo de ejecución: 5 meses
- Gastos de Gestión Interna (GGI): 25.000 €/mes
- Tasas de estructura de la empresa: 7% s/Venta
- Tasas de inspección del Gobierno Regional: 4% s/PEM real
- PEM = 2.147.482,21 €
- CD = 2.090.461,23 € - 281.414,49 € + 100.000 € = 1.909.046,74 €
- Gastos Generales + Beneficio Industrial (GG + BI) = 13% + 6%
- Coeficiente de adjudicación = 0,8953224695
- Importe de adjudicación = Venta = 2.288.000,00 €

$$\begin{aligned} \text{Coste de Construcción} &= \sum CD + GGI = \\ &= 1.909.046,74 \text{ €} + 25.000 \frac{\text{€}}{\text{mes}} * 5 \text{ meses} = 2.034.046,74 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coste TOTAL} &= \text{Coste de Construcción} + 7\% * \text{Venta} + 4\% * \text{PEM real} = \\ &= 2.034.046,74 \text{ €} + 160.160,00 \text{ €} + 76.907,56 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\text{Coste TOTAL} = 2.271.114,31 \text{ €}$$

Por lo que se obtiene el siguiente resultado:

$$\begin{aligned} \text{Resultado estudio económico} &= \text{Venta} - \text{Coste Total} \\ &= 2.288.000,00 \text{ €} - 2.271.114,31 \text{ €} = \\ &= 16.885,69 \text{ €} \end{aligned}$$

Se estima que tras la aplicación de las propuestas y las reclamaciones a la Administración la empresa constructora revertirá el resultado económico inicial y pasará de perder 214.528,80€ a ganar 16.885,69 € por ejecutar la obra.



## **5. CONCLUSIONES**



## 5.1 CONCLUSIONES

La estimación inicial del resultado económico de la obra es negativa para el contratista. Al presentarse a la licitación de la obra con una baja del 11% sobre el Presupuesto Base de Licitación (PBL), OPP 2002 OBRA CIVIL S.L.U. asume un riesgo sobre el resultado económico de la obra para resultar adjudicataria. Suponiendo que el estudio económico realizado en el presente trabajo y el realizado por la empresa adjudicataria coinciden, el riesgo asumido resulta de 214.528,80 € aproximadamente, es decir, la empresa constructora asume un riesgo del 9,4 % sobre la venta aproximadamente.

El contratista una vez realizado el ejercicio económico debe plantear distintas soluciones o alternativas a las unidades detalladas en el proyecto para tratar de revertir el resultado económico de la obra. Las propuestas de distintas alternativas y las reclamaciones a la Administración formuladas en el capítulo anterior han conseguido cumplir su objetivo y revertir el resultado económico de la obra, pasando de los 214.528,80 € de pérdidas estimados en el estudio económico inicial a obtener unas ganancias de 16.885,69 €. De este modo se consigue ejecutar la obra manteniendo la calidad que se presupone y conseguir que el contratista gane dinero por realizarla.

Finalmente, queda el 10% de la liquidación para atender otros asuntos pendiente de abonar una vez se entregue la obra a la propiedad, por lo que las ganancias finales podrían aumentar un poco más.



## **6. ANEXOS**



## **6.1 ANEXO I: CONTRATO DE ADJUDICACIÓN**

Se adjunta el contrato de adjudicación de la obra tal y como se ha comentado en el estudio económico de este trabajo.



4.1.62/17

## CONTRATO DE OBRAS

**CONSEJERIA:** OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA

**OBJETO:** "FINALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE MEJORA DE PLATAFORMA DE LA CARRETERA CA-631 DE LA VEGA DE PAS AL PUERTO DE ESTACAS DE TRUEBA Y REGENERACIÓN Y TRATAMIENTO DE MÁRGENES, P.K. 0,000 AL P.K. 14,300. TRAMO: PUERTO DE ESTACAS DE TRUEBA".

**PRECIO:** 2.768.480,00 €

**ADJUDICATARIO:** OPP 2002 OBRA CIVIL, S.L.U.

**PLAZO DE EJECUCION:** 7 meses.

En Santander, a 17 de abril de 2019

## REUNIDOS

De una parte, el Sr. Consejero de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria, actuando en nombre y representación del mismo.

De otra parte, D. Alejandro Alzola Allende, D.N.I. 13112220N, válido hasta el 01-07-2026, actuando en nombre y representación de OPP 2002 OBRA CIVIL, S.L.U., con domicilio en C/ Castilla y León, 138 - 09550 Villarcayo, según poder otorgado ante la Notario del Ilustre Colegio de Valladolid, D. Javier Gómez Martínez, el día 31-07-2011, bajo el número 177 de su protocolo.

Ambas partes se reconocen competencia y capacidad, respectivamente, para formalizar el presente contrato.

## ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

**Primero.-** La licitación de las obras cuya ejecución se contrata fue aprobada por Resolución del Consejero de Obras Públicas y Vivienda, de fecha 07-09-2017, por un presupuesto base de licitación de 3.092.159,63 €.

**Segundo.-** La fiscalización del gasto fue efectuada por la Intervención el día 05-09-2017 con cargo a la aplicación presupuestaria 04.08.453B.600.02.

**Tercero.-** La adjudicación definitiva del contrato fue aprobada por Resolución del Consejero de Obras Públicas y Vivienda, de fecha 15-03-2019.

## CLÁUSULAS DEL CONTRATO

**Primera.-** El contratista se compromete a la ejecución de las obras referenciadas, con estricta sujeción a la memoria, planos, pliego de prescripciones técnicas, cuadros de precios y demás documentación que figuran en el proyecto aprobado por la Administración, documentos contractuales que acepta plenamente y de lo que deja constancia firmando en este acto el presente contrato.

**Segunda.-** El precio del contrato es de DOS MILLONES SETECIENTOS SESENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS OCHENTA EUROS (2.768.480,00€), que serán abonadas por la Administración mediante certificaciones mensuales de obra ejecutadas, tramitadas conforme a la normativa vigente.



**Tercera.-** El plazo de ejecución de las obras es de 7 meses, contados desde el día siguiente al de la firma del acta de comprobación del replanteo u orden de inicio de obras.

La comprobación del replanteo tendrá lugar dentro del plazo de treinta días, contados desde la fecha de formalización de este contrato. Antes de la firma del acta el contratista deberá obtener, en caso necesario, la licencia municipal de obra y abonar las tasas correspondientes, asimismo deberá presentar en el plazo de un mes desde la notificación de la autorización del inicio de obra un programa de trabajo en la forma prevista en el artículo 144 del Reglamento General de Contratos de Las Administraciones Públicas.

El plazo de garantía será de 12 meses, desde la recepción de la obra.

**Cuarta.-** Para responder del cumplimiento de este contrato ha sido constituida a favor de la Administración una garantía definitiva (anexo 3) por importe de CIENTO CATORCE MIL CUATROCIENTOS EUROS (114.400,00 €), mediante ingreso en Caja por carta de pago número 2019-E-00004, de fecha 02-01-2019.

**Quinta.-** De acuerdo con lo señalado en los pliegos de cláusulas administrativas particulares, este contrato no es acreedor a revisión de precios.

**Sexta.-** Posibilidad de que el contrato sea modificado y condiciones en que podrá producirse la modificación (las descritas en el art. 106 del TRLCSP): Si se prevé, de acuerdo con lo dispuesto en la cláusula R) del pliego de cláusulas administrativas particulares.

**Séptima.-** Será de aplicación el régimen de penalidades previsto en la cláusula S) del pliego de cláusulas administrativas particulares.

**Octava.-** El contratista presta su conformidad a los pliegos de cláusulas administrativas particulares que rige para este contrato, firmando un ejemplar del mismo que se une como anejo, y se somete, para cuanto no se encuentre en él establecido, al Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, Real Decreto 817/2009 por el que se desarrolla parcialmente la Ley 30/2007 de Contratos del Sector Público, Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas y demás disposiciones atinentes. Será igualmente de aplicación la Ley de Jurisdicción Contencioso-Administrativa.

Para la debida constancia de todo lo convenido, se firma este contrato en cuatro ejemplares en el lugar y fecha al principio mencionados.

EL CONTRATISTA,

Fdo.: Alejandro ALZOLA ALLENDE

**OPP 2002**  
OBRA CIVIL, s.l.

C.I.F. B-09522921

Pol. Ind. Las Merindades  
C/ Castilla y León, nº 138  
09550 VILLARCAYO (Burgos)  
Apdo. Correos nº 84

EL CONSEJERO DE OBRAS PÚBLICAS  
Y VIVIENDA,

Fdo.: José Luis GOCHICOA GONZÁLEZ