
ANEJO Nº2 DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME

Estudio de evaluación ambiental del proyecto Variante de Murillo de rio
Leza. Carreteras LR-259 y LR-261. Fase1. Comunidad autónoma de La Rioja.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Francisco Fabregat Barberán

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. OBJETO Y ALCANCE | 1 |
| 2. NORMATIVA UTILIZADA | 2 |
| 3. DATOS DE PARTIDA | 2 |
| 3.1. DATOS EXTERNOS A LA OBRA | 2 |
| 3.2. DATOS DEL PROYECTO | 3 |
| 4. DESCRIPCIÓN DE POSIBLES ALTERNATIVAS | 5 |
| 5. OPERACIONES DE CONSERVACIÓN | 8 |
| 6. DEFINICIÓN UNIDADES DE OBRA | 9 |
| 6.1. FORMACIÓN DE UNIDADES DE OBRA | 9 |
| 6.1.1. MEZCLAS BITUMINOSAS | 10 |
| 6.1.2. SUELOCEMENTO Y GRAVACEMENTO | 10 |
| 6.1.3. SUELO ESTABILIZADO | 14 |
| 6.1.4. RIEGOS AUXILIARES | 14 |
| 6.2. LISTADO UNIDADES DE OBRA | 15 |
| 7. MEDICIONES | 18 |
| 8. RESULTADOS | 21 |
| 9. SELECCIÓN DE SOLUCIÓN | 32 |
| 10. CONCLUSIONES | 37 |
| 11. REFERENCIAS | 41 |

APÉNDICES:

APÉNDICE 1: DEFINICIÓN DE UNIDADES DE OBRA Y DESCOMPOSICIÓN EN CONCEPTOS

APÉNDICE 2: ESQUEMAS SECCIONES DE FIRME ANALIZADAS

1. OBJETO Y ALCANCE DEL DOCUMENTO

El objeto del presente documento, es proponer una alternativa a las unidades de obra planeadas en el proyecto inicial correspondientes a la sección estructural del firme, que tal y como se ha observado en el estudio ambiental realizado, es un conjunto de unidades que tiene un peso importante en el impacto ambiental de la obra.

A diferencia de las modificaciones realizadas en el Anejo 1 Evaluación ambiental, donde las modificaciones realizadas únicamente tenían en cuenta el impacto asociado a la fase de construcción, en este caso se valora en conjunto la sustitución de la sección del firme y explanada dispuesta inicialmente, por otra que suponga un menor impacto, valorando también los impactos asociados a la fase de conservación.

Como criterios de selección de la nueva sección de firme se valorará, en primer lugar, que ésta suponga un menor coste económico que la solución adoptada en el proyecto. Y dentro de todas las que supongan un menor coste económico que la sección de proyecto, se escoge la que, en su conjunto, menores emisiones de CO₂ y menor consumo de energía se estime que produzcan. Se contemplan para ello todas las soluciones posibles para este caso, según la Norma 6.1-IC “Secciones de firme” y el Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carretera y puentes PG-3.

Se han tenido en cuenta para la elaboración del documento, los siguientes factores que influyen de manera fundamental en las diferentes unidades de obra incluidas en las secciones tipo estudiadas:

- Disponibilidad de materiales, tanto los procedentes de los movimientos de tierras de la traza como en las canteras cercanas.
- Tráfico previsto que va a soportar la variante.
- Localización de la obra.
- Costes de ejecución de cada unidad de obra.
- Costes ambientales de cada unidad de obra.

2. NORMATIVA UTILIZADA

- Norma 6.1-IC “Secciones de firme”, de la Instrucción de Carreteras.
- Norma 6.3-IC “Rehabilitación de firmes”, de la Instrucción de Carreteras.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3.
- Nota de Servicio 5/2006, de 22 de septiembre de 2006, sobre explanaciones y capas de firme tratadas con cemento.
- Nota de Servicio 7/2014, de 18 de noviembre de 2014, base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras.

3. DATOS DE PARTIDA

Los datos de partida tomados para el presente trabajo son los datos externos, aquellos que resulta necesario conocer a la hora de realizar cualquier proyecto de carretera, y los datos característicos de este proyecto, que son los obtenidos de los documentos que forman el mismo.

3.1. DATOS EXTERNOS

En este apartado, se recogen todos aquellos datos que determinan los materiales y las dimensiones de sus capas, que pueden ser de utilización en el proceso de construcción de una carretera. Así como los valores económicos y ambientales que están asociados a las distintas unidades de obra que se llevan a cabo en el proyecto.

- **Localización de la obra:** a partir de la cual se obtiene la zona de térmica estival y zona pluviométrica, según la Norma 6.1-IC, que determina los diferentes tipos de mezcla que pueden ser de aplicación en la sección del firme. Se deduce de ubicación de la obra, que la zona térmica estival es Media, y que la zona pluviométrica es la 5, zona seca.
- **Base de Precios de Referencia de la Dirección General de Carreteras.** Establecida mediante la Orden Circular 37/2016, que es de uso recomendado en los proyectos que se contraten por la Dirección General de Carreteras. De esta base de precios, se toman los precios de las distintas unidades de obra que se han empleado en esta evaluación, y la descomposición por conceptos unitarios de las mismas.

- **Banco de datos del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña.** De esta fuente, se obtienen los datos de kWh y CO₂, que consumen los distintos conceptos unitarios en los que se dividen las unidades de obra según han sido tomadas de la Base de precios anterior.
- **Instrucción de conservación de firmes**, de la Junta de Andalucía. Se ha tenido en cuenta esta instrucción debido a la ausencia de normativa que sea de expresa aplicación en los proyectos de carreteras de la Comunidad Autónoma de La Rioja, y de recomendaciones a la hora de considerar las operaciones a realizar en carreteras durante la fase de mantenimiento. De esta se ha obtenido cuál es el plan de mantenimiento para cada una de las alternativas, en función del material utilizado en la subbase.
- **Aspectos constructivos:** los aplicados a las secciones analizadas (derrames y sobreanchos) son los indicados en la Norma 6.1-IC. En cuanto a los derrames, se tiene 1H:1V para capas de mezclas bituminosas, 1H:1V en capas de material granular, suelocemento y gravacemento, 0H:1V en capas de hormigón y 2H:1V en la capa de berma. En relación a los sobreanchos, se tiene 5 cm en capas de mezcla bituminosa, 10 cm sobre capas granulares, de suelocemento y gravacemento, y 20 cm sobre capas de hormigón. Para la explanada se considera un talud de 3H:2V.

3.2. DATOS DEL PROYECTO

Los datos del proyecto tenidos en cuenta para la elaboración del presente anejo, se han obtenido de los documentos del proyecto original siguientes:

- **Anejo Nº4 Geología y geotecnia**, del Proyecto de construcción de la Variante de Murillo de Rio Leza. Carreteras LR-259 y LR-261. Fase 1. De este documento se han extraído dos datos que son de relevancia a la hora de valorar las distintas alternativas posibles.
 - En primer lugar, del apartado III-Estudio geotécnico, se extrae que de los 1080 m de longitud que consta el tramo, 970 de ellos se ubican sobre suelo tolerable y los 110 m restantes lo hacen sobre suelo seleccionado. La Norma 6.1-IC establece que “Salvo justificación en contrario, a los efectos de la definición de las secciones de firme se unificarán las explanadas por su categoría, de tal manera que no haya tramos diferenciados en el proyecto de menos de quinientos metros (500 m).” Por esto, se decide que para todo el tramo se proyecte una explanada de las que recoge la norma

para el caso de suelos tolerables, y tener así una tipología continua en todo el tramo.

- En segundo lugar, en el apartado IV-Procedencia de materiales, se observa la existencia de diversas canteras y plantas de suministro en una distancia no mayor a 2.5 km de la traza de la carretera. Estas zonas podrían ser necesarias a la hora de obtener zahorra, suelo seleccionado, todo-uno... En caso de que resultara ser necesario.
- **Anejo N°5 Estudio de tráfico**, del Proyecto de construcción de la Variante de Murillo de Rio Leza. Carreteras LR-259 y LR-261. Fase 1. El dato que se obtiene en este documento, es la categoría de tráfico pesado que determina la sección de firme a emplear. La intensidad de tráfico que se tiene para cada sentido de esta carretera, es de 388 vehículos pesados por día, lo que supone una categoría de tráfico pesado T2.

| CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO | | | | |
|------------------------------|---------|-----------|----------|---------|
| CATEGORÍA | T00 | T0 | T1 | T2 |
| IMDp (Vehículos pesados/día) | ≥4000 | 3999-2000 | 1999-800 | 799-200 |
| CATEGORÍA | T31 | T32 | T41 | T42 |
| IMDp (Vehículos pesados/día) | 199-100 | 99-50 | 49-25 | <25 |

Tabla 1. Categorías de tráfico pesado (Fuente: Norma 6.1-IC)

Este valor de IMDp=388 vp/día, no es el que corresponde al año de puesta en servicio, sino el que es el resultado de sumar el valor que se estima para el año horizonte 2036, 269 vp/día, y el valor del incremento de intensidad originado una nueva zona industrial que se va a implantar en la zona, 119 vp/día.

- **Anejo N°17 Gestión de residuos**, del Proyecto de construcción de la Variante de Murillo de Rio Leza. Carreteras LR-259 y LR-261. Fase 1. De este documento, se ha prestado atención al apartado de balance de tierras. A la vista de los resultados expresados en este apartado, se llega a la conclusión que el volumen de tierra aprovechable que se extrae durante los trabajos de desmonte, es menor al que se necesita para completar la construcción del cimientto y el núcleo del terraplén. Esto quiere decir, que ya para la construcción de estas dos partes del terraplén, va a ser necesaria la aportación de material de préstamo. Por tanto, se deduce que también lo será para la formación de la explanada, por lo que no se contempla la posibilidad de realizar la explanada con materiales provenientes de la propia excavación.
- **Características geométricas**: los valores de las dimensiones de la sección a emplear, son los mismos que se han definido en el Proyecto. Es decir, el ancho

- pavimentado es de 10 m, 3.5 m por cada carril, y 1.5 m por cada arcén exterior. Y se mantiene la misma estructura de firme bajo los carriles que bajo el arcén. El ancho de las bermas es de 0.5 m, constituidas por zahorra artificial desde la cota de la capa de rodadura hasta la cota de la capa de base.
- **Longitud del tramo:** de los 1080m de longitud totales, es necesario tener en cuenta que 128 discurren sobre una estructura, por lo que el tramo de firme que se va a analizar tiene una longitud de 952 m.

4. DESCRIPCIÓN DE POSIBLES ALTERNATIVAS

Tras los datos expuestos, se pasa a seleccionar dentro de todo el catálogo de explanadas y de secciones de firme que recoge la Norma 6.1-IC, aquellas que pudieran ser de aplicación a este caso.

En primer lugar, las posibles explanadas según la norma sobre suelo tolerable son las siguientes:

| | | SUELOS TOLERABLES (0) | |
|------------------------|-----------------------------------|--|--|
| CATEGORÍA DE EXPLANADA | E1 $E_{t2} \geq 60\text{MPa}$ | <div><div>160</div><div>0</div><div>S-EST125</div><div>0</div></div> <div><div>245</div><div>0</div></div> | |
| | E2 $E_{t2} \geq 120\text{MPa}$ | <div><div>275</div><div>0</div><div>240</div><div>150</div><div>0</div></div> <div><div>S-EST225</div><div>0</div><div>S-EST125</div><div>25</div><div>325</div><div>0</div></div> | |
| | E3 $E_{t2} \geq 300\text{MPa}$ | <div><div>S-EST330</div><div>230</div><div>0</div></div> <div><div>S-EST330</div><div>150</div><div>0</div></div> | |

Figura 1. Tipos de formación de explanada (Fuente: Norma 6.1-IC)

El número a la derecha de cada sección, representa el espesor de la capa correspondiente, en cm. El texto de cada capa, indica el material que lo forma (0=Suelo tolerable, 1=Suelo adecuado, 2=Suelo seleccionado, 3= Suelo seleccionado,

S-EST 1=Suelo estabilizado in situ, S-EST 2=Suelo estabilizado in situ, S-EST 3=Suelo estabilizado in situ).

Por otra parte, se tienen las secciones de firme que según la Norma 6.1-IC, son de posible aplicación en el caso de que la carretera se proyecte para una categoría del tráfico pesado sobre la misma sea T2. Estas secciones son las mostradas en la Figura 2.



Figura 2. Catálogo de secciones de firme para la categoría de tráfico pesado T2 en función de la categoría de la explanada (Fuente: Norma 6.1-IC)

El número a la derecha de cada sección, representa el espesor de la capa correspondiente, en cm. El texto subrayado sobre la representación de cada sección, corresponde a la denominación de la sección. El texto de cada capa, indica el material que lo forma (MB=Mezcla bituminosa, ZA=Zahorra artificial, SC=Suelocemento, HF=Hormigón de firme, HM=Hormigón magro, GC=Gravacemento). El superíndice (2), indica que las capas tratadas con cemento deberán prefisurarse con espaciamiento de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas

Generales (PG-3). El superíndice (3), supone que, para poder proyectar la solución, será preceptivo que la capa superior de la explanada E2 esté estabilizada con cemento.

Las alternativas a considerar en el presente trabajo, están compuestas por cada una de las combinaciones posibles entre explanada y sección de firme que sea posible. Es decir, 9 alternativas posibles como combinación de las 3 explanadas E1 y las secciones 211, 212 y 214. Otras 10 alternativas como combinación de las 4 posibles explanadas E2 y las secciones de firme 221 y 223 y combinación de la explanada formada por 25 cm de S-EST 2 y 25 cm de S-EST 1 con las secciones 222 y 224, ya que la Norma 6.1-IC expresa que debe ser perceptivo disponer estas dos secciones de firme sobre una explanada cuya capa superior esté formada por Suelo estabilizado con cemento. Y finalmente 6 alternativas más, correspondientes a la combinación de las 2 explanadas tipo E3 posibles y las secciones de firme 231, 232 y 234.

La solución escogida en el proyecto, formada por una explanada de 75 cm de Suelo Estabilizado 2, (Categoría E2), y una sección de firme 221, se valora a lo largo del análisis como una alternativa más, y a la hora de escoger la solución, se utilizará para comparar con el resto de alternativas analizadas, y en caso de que ninguna de las analizadas presentara mejores resultados que la de proyecto, se consideraría esta solución adoptada inicialmente como la óptima.

Las mezclas bituminosas a utilizar en la comparación, a la vista de los condicionantes de tráfico, zona térmica estival y zona pluviométrica, son las mezclas continuas en caliente (AC). Habiéndose descartado las mezclas de pavimento drenante y discontinuas, por no ser de aplicación en la zona pluviométrica de la obra.

Además de la explanada y la sección de firme, en el resultado económico y ambiental que se analiza también influyen los riegos entre capas, de curado, de adherencia y de imprimación. Tal y como recoge el PG-3, los riegos de curado se disponen sobre cada capa tratada con cemento, los riegos de adherencia, sobre cada capa tratada y bajo mezclas bituminosas, y los riegos de imprimación, sobre cada capa granular dispuestas bajo mezcla bituminosa.

5. OPERACIONES DE CONSERVACIÓN

A los costes e impactos asociados a las unidades de obra implicadas en el proceso de construcción, se les añade, además, los valores de los costes que se producirán durante las operaciones de conservación de la carretera.

Para ello, en primer lugar se establece el plan de conservación, y las operaciones a realizar. Tal y como se expone en el apartado 3, este plan a seguir es el que establece la “Instrucción para el diseño de firmes”, de la Junta de Andalucía. Las operaciones a realizar en cada año, se muestran en la Tabla 2.

| AÑOS | ESCENARIOS DE CONSERVACIÓN PARA TRÁFICO T2 | | | |
|------|--|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| | CAPAS GRANULARES Y M. BITUMINOSAS | SUELOCEMENTO Y M. BITUMINOSAS | GRAVACIMIENTO Y M. BITUMINOSAS | HORMIGÓN EN MASA CON JUNTAS |
| 1 | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 4 | 1% | - | - | - |
| 5 | 1% | - | S(10%) | - |
| 6 | 1% | 1% | 1% | - |
| 7 | 1% | 1% | 1% | J (20%) |
| 8 | 1% | 1% | 1% | J (20%) |
| 9 | Lechada + 1% | Lechada + 1% | Lechada + 1% | J (20%) + 0,5% |
| 10 | 1% | 1% | S(10%) + 1% | J (20%) |
| 11 | 1% | 1% | 1% | J (20%) + 0,5% |
| 12 | 1% | 1% | 1% | J (20%) |
| 13 | 5 cm MB | 5 cm MB | 5 cm MB | J (20%) + 0,5% |
| 14 | - | - | - | J (20%) |
| 15 | - | - | - | J (20%) + 0,5% |
| 16 | - | - | - | J (20%) |
| 17 | 1% | 1% | S(10%) + 1% | J (20%) + 0,5% |
| 18 | 1% | 1% | 1% | J (20%) |
| 19 | Lechada | Lechada | Lechada | J (20%) + 1% |
| 20 | 1% | 1% | 1% | J (20%) + 1% |
| 21 | Fresado y reposado 15 cm + 5 cm MB | Fresado y reposado 15 cm + 5 cm MB | Fresado y reposado 12 cm + 5 cm MB | J (20%) + 1% |
| 22 | - | - | - | J (20%) + 1% |
| 23 | - | - | - | J (20%) + 1% |
| 24 | - | - | - | J (20%) + 1% |
| 25 | 1% | 1% | 1% | J (20%) + 1% |
| 26 | 1% | 1% | S(10%) + 1% | J (20%) + 1% |
| 27 | 1% | 1% | 1% | J (20%) + 1% |
| 28 | 1% | 1% | 1% | J (20%) + 1% |
| 29 | 1% | 1% | 1% | J (20%) + 1% |
| 30 | 1% | 1% | 1% | 15 cm MB |

Tabla 2. Escenarios de conservación según tipo de subbase (Fuente: Instrucción para el diseño de firmes de la Junta de Andalucía)

En los escenarios de conservación adoptados, se aprecia que pueden corresponder a: un porcentaje del coste de construcción de la sección de firme (1% ó 0.5%); la ejecución de una lechada bituminosa en frío (Lechada); la colocación de una capa de mezcla bituminosa sobre el firme existente en el año del periodo que corresponda (MB); el fresado del pavimento y posterior reposado; el sellado de un porcentaje % de las juntas que presente el firme (S% o J%).

6. DEFINICIÓN DE UNIDADES DE OBRA

Una vez establecido el esquema de cada una de las posibles alternativas, se define una unidad de obra para la ejecución de cada uno de los tipos de capa que se necesita alguna de las posibles secciones. La descripción de estas unidades, y su descomposición en conceptos unitarios, como se ha mencionado, se han tomado de la Base de Precios de Referencia de la Dirección General de Carreteras. Se detalla esta descomposición en conceptos unitarios en el Apéndice 1.

La definición (descripción y descomposición en unitarios) de las unidades correspondientes a relleno de suelo de préstamo, hormigón de firme, hormigón magro y zahorra artificial, correspondientes a la fase de construcción; y las de lechada bituminosa, sellado de grietas y fresado del firme, correspondientes a la fase de mantenimiento, se han tomado sus definiciones tal cual aparecen en la base de precios.

En cambio, las unidades correspondientes a mezclas bituminosas, suelocemento, gravacemento, suelo estabilizado, y riegos, se presentaban en dicha Base de precios, compuestas por varias unidades correspondientes a los distintos materiales que se utilizan en cada unidad. En el caso de las mezclas bituminosas, por ejemplo, se tiene por una parte la ejecución de la unidad con la mezcla (incluyendo material, maquinaria y mano de obra), por otra parte, una unidad que comprende al coste del betún (solo material), y otra que comprende el coste del filler (solo material). Para estas unidades, se han planteado unas dosificaciones dentro de los valores que recoge el PG-3, y se ha procedido a formar unidades de obra de manera que a cada tipo de capa de las secciones del Apartado 4, le corresponda una única unidad que suponga la ejecución total de la capa en cuestión.

También se da el caso en que las unidades de obra de la Base de Precios, se definen en unas unidades de medida que es necesario convertir estableciendo una

dotación de material, a otras que sea más práctica, es el caso de los riegos auxiliares, expresados en t como unidad de medida, y se convierten a m².

6.1. FORMACIÓN DE UNIDADES DE OBRA

A continuación, se detalla la formación de las unidades correspondientes a la ejecución de las capas de mezcla bituminosa, suelocemento, gravacemento, suelo estabilizado y riegos auxiliares, mencionadas anteriormente. Los valores de densidad que se han utilizado para cada material, se han obtenido por ser los más representativos tras la observación de estos en diversos proyectos de carreteras del Ministerio de Fomento.

6.1.1. MEZCLAS BITUMINOSAS

En primer lugar, se definen las distintas densidades y dotaciones de filler y betún a emplear en cada una de las capas a considerar.

En la Tabla 3, se expresan los valores considerados de densidad de cada capa ejecutada de mezcla bituminosa continua en caliente, que puede ser de aplicación en este caso según los condicionantes de la obra. Se tienen los valores en función del tamaño máximo del árido de la mezcla, el tipo de capa que supone, y la granulometría.

| Tipo de mezcla | Densidad t/m ³ |
|----------------|---------------------------|
| AC 16 Surf D | 2,35 |
| AC 16 Surf S | 2,35 |
| AC 22 Surf D | 2,45 |
| AC 22 Surf S | 2,45 |
| AC 22 Bin D | 2,45 |
| AC 22 Bin S | 2,45 |
| AC 32 Bin S | 2,45 |
| AC 22 Base G | 2,33 |
| AC 32 Base S | 2,43 |
| AC 32 Base G | 2,43 |

Tabla 3. Densidades mezclas bituminosas (Fuente: Proyectos Ministerio de Fomento. Elaboración: Propia)

En la Tabla 4, se expresan los valores de dotación de los distintos tipos de betún y de filler para cada mezcla, en función de la capa en que vayan a ser dispuestos. El tanto por ciento de betún se expresa en función del peso total por metro cúbico de

mezcla. El valor de la relación filler/betún corresponde con el peso de estos dentro de cada unidad de mezcla.

| Capa | Tipo de betún | % de betún | Relación filler/betún |
|------------|---------------|------------|-----------------------|
| Rodadura | B 50/70 | 4,5% | 1,2 |
| | BC 50/70 | 4,5% | 1,2 |
| | PMB 45/80-60 | 4,5% | 1,2 |
| Intermedia | B 50/70 | 4,0% | 1,1 |
| | BC 50/70 | 4,0% | 1,1 |
| | PMB 45/80-60 | 4,0% | 1,1 |
| Base | B 50/70 | 4,0% | 1 |
| | B 70/100 | 4,0% | 1 |
| | BC 50/70 | 4,0% | 1 |

Tabla 4. Dotaciones de betún y filler para mezclas bituminosas (Fuente: PG-3.

Elaboración: Propia)

Los precios de las unidades por separado que se han tenido en cuenta a la hora de formar las unidades de mezcla bituminosa son los expresados en la Tabla 5. En la columna de Conceptos, se indica qué precios son los que incluyen Mano de Obra (MO), Maquinaria (Q) y Material (MAT), y cuáles representan únicamente el aporte de material a la ejecución de la unidad.

| Unidad | Precio | Unidad | Conceptos |
|-----------------|--------|--------|------------|
| AC 16 SURF D | 26,52 | t | MO, Q, MAT |
| AC 16 SURF S | 26,13 | t | MO, Q, MAT |
| AC 22 SURF D | 26,51 | t | MO, Q, MAT |
| AC 22 SURF S | 26,13 | t | MO, Q, MAT |
| AC 22 BIN D | 26,51 | t | MO, Q, MAT |
| AC 22 BIN S | 26,44 | t | MO, Q, MAT |
| AC 32BIN S | 26,46 | t | MO, Q, MAT |
| AC 22 Gruesa | 26,47 | t | MO, Q, MAT |
| AC 32 Semidensa | 26,46 | t | MO, Q, MAT |
| AC 32 Gruesa | 26,47 | t | MO, Q, MAT |
| BC 50/70 | 480 | t | MAT |
| PMB 45/80-60 | 530 | t | MAT |
| B 50/70 | 440 | t | MAT |
| Filler | 49,27 | t | MAT |

Tabla 5. Precios separados formación unidades de mezclas bituminosas (Fuente: BPR de la Dirección General de Carreteras. Elaboración: Propia)

A partir de los datos recogidos en las 3 tablas anteriores, ya se pueden definir de manera completa las unidades de obra que corresponden a las mezclas bituminosas.

Los precios por tonelada de cada tipo de mezcla bituminosa en caliente que es de posible aplicación en este caso, se representan en la Tabla 6.

Para la obtención de estos precios, los datos referidos a costes económicos (“Coste Mezcla €/t”, “Coste Betún €/t” y “Coste Filler €/t”), han sido tomados de la Base de Precios de la DGC, los datos valores asociados a la densidad de cada tipo de capa (“Densidad”), han sido tomados según datos observados en diversos proyectos del Ministerio de Fomento, y los datos de dotaciones de los distintos materiales que forman la unidad de mezcla bituminosa (“% betún” y “Fill/bet”), han sido obtenidos del PG-3.

En amarillo se representa la solución que ha sido escogida para las mezclas bituminosas de la capa de rodadura, intermedia y de base. Cuya elección se justifica más adelante tras analizar los datos de impacto ambiental de estas. Para la capa de rodadura se escoge una mezcla bituminosa continua en caliente de tamaño máximo del árido 16 mm, de granulometría semidensa y con un betún del tipo B 50/70. Para la capa intermedia se escoge una mezcla bituminosa continua en caliente de tamaño máximo del árido 22 mm, de granulometría semidensa y con un betún del tipo B 50/70. Para la capa de base se escoge una mezcla bituminosa continua en caliente de tamaño máximo del árido 22 mm, de granulometría gruesa y con un betún del tipo B 50/70.

| CAPAS DE FIRME | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------|------------------|---------------|--------------|---------|-----------------|---------|----------|------------------|----------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Capa | Mezcla | Coste Mezcla €/t | Densidad t/m³ | Tipo betún | % betún | Coste Betún €/t | t Betún | Fill/bet | Coste Filler €/t | t Filler | Coste Mezcla €/tM | Coste Betún €/tM | Coste Filler €/tM | Coste Unidad €/t |
| Rodadura | AC 16 Densa | 26,52 | 2,35 | B 50/70 | 4,50% | 440 | 0,106 | 1,2 | 49,27 | 0,127 | 26,52 | 46,53 | 6,25 | 79,30 |
| | | 26,52 | 2,35 | BC 50/70 | 4,50% | 480 | 0,106 | 1,2 | 49,27 | 0,127 | 26,52 | 50,76 | 6,25 | 83,53 |
| | | 26,52 | 2,35 | PMB 45/80-60 | 4,50% | 530 | 0,106 | 1,2 | 49,27 | 0,127 | 26,52 | 56,05 | 6,25 | 88,82 |
| | AC 16 Semidensa | 26,13 | 2,35 | B 50/70 | 4,50% | 440 | 0,106 | 1,2 | 49,27 | 0,127 | 26,13 | 46,53 | 6,25 | 78,91 |
| | | 26,13 | 2,35 | BC 50/70 | 4,50% | 480 | 0,106 | 1,2 | 49,27 | 0,127 | 26,13 | 50,76 | 6,25 | 83,14 |
| | | 26,13 | 2,35 | PMB 45/80-60 | 4,50% | 530 | 0,106 | 1,2 | 49,27 | 0,127 | 26,13 | 56,05 | 6,25 | 88,43 |
| | AC 22 Densa | 26,51 | 2,45 | B 50/70 | 4,50% | 440 | 0,110 | 1,2 | 49,27 | 0,132 | 26,51 | 48,51 | 6,52 | 81,54 |
| | | 26,51 | 2,45 | BC 50/70 | 4,50% | 480 | 0,110 | 1,2 | 49,27 | 0,132 | 26,51 | 52,92 | 6,52 | 85,95 |
| | | 26,51 | 2,45 | PMB 45/80-60 | 4,50% | 530 | 0,110 | 1,2 | 49,27 | 0,132 | 26,51 | 58,43 | 6,52 | 91,46 |
| | AC 22 Semidensa | 26,13 | 2,45 | B 50/70 | 4,50% | 440 | 0,110 | 1,2 | 49,27 | 0,132 | 26,13 | 48,51 | 6,52 | 81,16 |
| | | 26,13 | 2,45 | BC 50/70 | 4,50% | 480 | 0,110 | 1,2 | 49,27 | 0,132 | 26,13 | 52,92 | 6,52 | 85,57 |
| | | 26,13 | 2,45 | PMB 45/80-60 | 4,50% | 530 | 0,110 | 1,2 | 49,27 | 0,132 | 26,13 | 58,43 | 6,52 | 91,08 |
| Intermedia | AC 22 Densa | 26,51 | 2,45 | PMB 45/80-60 | 4,00% | 530 | 0,098 | 1,1 | 49,27 | 0,108 | 26,51 | 51,94 | 5,31 | 83,76 |
| | | 26,51 | 2,45 | B 50/70 | 4,00% | 440 | 0,098 | 1,1 | 49,27 | 0,108 | 26,51 | 43,12 | 5,31 | 74,94 |
| | | 26,51 | 2,45 | BC 50/70 | 4,00% | 480 | 0,098 | 1,1 | 49,27 | 0,108 | 26,51 | 47,04 | 5,31 | 78,86 |
| | AC 22 Semidensa | 26,44 | 2,45 | PMB 45/80-60 | 4,00% | 530 | 0,098 | 1,1 | 49,27 | 0,108 | 26,44 | 51,94 | 5,31 | 83,69 |
| | | 26,44 | 2,45 | B 50/70 | 4,00% | 440 | 0,098 | 1,1 | 49,27 | 0,108 | 26,44 | 43,12 | 5,31 | 74,87 |
| | | 26,44 | 2,45 | BC 50/70 | 4,00% | 480 | 0,098 | 1,1 | 49,27 | 0,108 | 26,44 | 47,04 | 5,31 | 78,79 |
| | AC 32 Semidensa | 26,46 | 2,45 | PMB 45/80-60 | 4,00% | 530 | 0,098 | 1,1 | 49,27 | 0,108 | 26,46 | 51,94 | 5,31 | 83,71 |
| | | 26,46 | 2,45 | B 50/70 | 4,00% | 440 | 0,098 | 1,1 | 49,27 | 0,108 | 26,46 | 43,12 | 5,31 | 74,89 |
| | | 26,46 | 2,45 | BC 50/70 | 4,00% | 480 | 0,098 | 1,1 | 49,27 | 0,108 | 26,46 | 47,04 | 5,31 | 78,81 |
| Base | AC 22 Gruesa | 26,47 | 2,33 | B 50/70 | 4,00% | 440 | 0,093 | 1 | 49,27 | 0,093 | 26,47 | 41,01 | 4,59 | 72,07 |
| | | 26,47 | 2,33 | B 70/100 | 4,00% | 450 | 0,093 | 1 | 49,27 | 0,093 | 26,47 | 41,94 | 4,59 | 73,00 |
| | | 26,47 | 2,33 | BC 50/70 | 4,00% | 480 | 0,093 | 1 | 49,27 | 0,093 | 26,47 | 44,74 | 4,59 | 75,80 |
| | AC 32 Semidensa | 26,46 | 2,43 | B 50/70 | 4,00% | 440 | 0,097 | 1 | 49,27 | 0,097 | 26,46 | 42,77 | 4,79 | 74,02 |
| | | 26,46 | 2,43 | B 70/100 | 4,00% | 450 | 0,097 | 1 | 49,27 | 0,097 | 26,46 | 43,74 | 4,79 | 74,99 |
| | | 26,46 | 2,43 | BC 50/70 | 4,00% | 480 | 0,097 | 1 | 49,27 | 0,097 | 26,46 | 46,66 | 4,79 | 77,91 |
| | AC 32 Gruesa | 26,47 | 2,43 | B 50/70 | 4,00% | 440 | 0,097 | 1 | 49,27 | 0,097 | 26,47 | 42,77 | 4,79 | 74,03 |
| | | 26,47 | 2,43 | B 70/100 | 4,00% | 450 | 0,097 | 1 | 49,27 | 0,097 | 26,47 | 43,74 | 4,79 | 75,00 |
| | | 26,47 | 2,43 | BC 50/70 | 4,00% | 480 | 0,097 | 1 | 49,27 | 0,097 | 26,47 | 46,66 | 4,79 | 77,92 |

Tabla 6. Costes unidades completas de mezclas bituminosas (Elaboración: Propia. Fuentes: PG-3, Proyectos del Ministerio de Fomento, BPR DGC)

6.1.2. SUELOCEMENTO Y GRAVACEMENTO

Para obtener el coste de la unidad completa de suelocemento y gravacemento, en primer lugar, se han fijado unos valores de densidad del material para cada unidad. La densidad tomada para ambos, es de 2.3 t/m³, se toma este valor, debido a que se ha observado en diversos proyectos del Ministerio de Fomento, que es un valor que se asume con relativa frecuencia para los materiales que forman estas unidades de obra. Por otra parte, se toman los valores de dotación de cemento que se recogen el PG-3, de 3% para el suelocemento y 3.5% para gravacemento, ambos expresados en relación al peso de la unidad completa. Y los precios, tal y como se ha mencionado ya anteriormente, se toman para el coste de la unidad sin incluir el cemento, y para el cemento, de la BP DGC.

Con estos valores, y los precios tomados de la Base de Precios de la DGC, ya se puede formar la unidad, tal y como se resume en la Tabla 7.

| UNIDAD | Suelocemento | Gravacemento | Unidad |
|---------------------------------------|--------------|--------------|------------------------|
| Densidad material | 2,3 | 2,3 | t/m ³ |
| Coste unidad (Sin cemento) | 21,81 | 23,68 | €/m ³ |
| % cemento en peso | 3 | 3,5 | % |
| Coste cemento | 71,18 | 71,18 | €/t |
| t cemento en m ³ de unidad | 0,069 | 0,0805 | t (en m ³) |
| Coste cemento en unidad | 4,91 | 5,72 | €/m ³ |
| Coste unidad completa | 26,72 | 29,41 | €/m ³ |

Tabla 7. Formación unidades suelocemento y gravacemento (Elaboración: Propia. Fuente: PG-3, Proyectos del Ministerio de Fomento, BPR DGC)

6.1.3. SUELO ESTABILIZADO CON CEMENTO

El coste de la unidad completa de suelo estabilizado, se obtiene de manera similar a los anteriores. En primer lugar, la densidad que se asume para el material de esta unidad, es de 2 t/m³ en los 3 casos, se toma este valor, debido a que se ha observado en diversos proyectos del Ministerio de Fomento, que es un valor que se asume con relativa frecuencia para los materiales que forman estas unidades de obra. Las dotaciones de cemento que recoge el PG-3, son de 2% en el caso del S-EST 1, y 3% para S-EST 2 y S-EST 3, referidas al peso total de la unidad. Y los precios, tal y como se ha mencionado ya anteriormente, se toman para el coste de la unidad sin incluir el cemento, y para el cemento, de la BP DGC. El precio de cada unidad completa, se resume en la Tabla 8.

| UNIDAD | S-EST 1 | S-EST 2 | S-EST 3 | Unidad |
|----------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Densidad material | 2 | 2 | 2 | t/m3 |
| Coste unidad (Sin cemento) | 7,25 | 8,02 | 8,26 | €/m3 |
| % cemento en peso | 2 | 3 | 3 | % |
| Coste cemento | 71,18 | 71,18 | 71,18 | €/t |
| t cemento en m3 de unidad | 0,04 | 0,06 | 0,06 | t (en m3) |
| Coste cemento en unidad | 2,85 | 4,27 | 4,27 | €/m3 |
| Coste unidad completa | 10,10 | 12,29 | 12,53 | €/m3 |

Tabla 8. Formación unidades suelo estabilizado (Elaboración: Propia. Fuente: PG-3, Proyectos del Ministerio de Fomento, BPR DGC)

6.1.4. RIEGOS AUXILIARES

En el caso de los riegos auxiliares utilizados, la Base de Precios recoge esta unidad de obra, de manera completa, pero realiza la medición en toneladas. Para analizar el coste de los riegos en este estudio, resulta más sencillo trabajar con la medición de esta actividad en m2. Para ellos se deben fijar la dotación de estos riegos para cada kg, según los valores límite que establece el PG-3. Para el riego de imprimación, se ha tomado una dotación de 0.5 kg/m2, y para los de curado y adherencia, una dotación de 0.3 kg/m2. Con estas dotaciones, y los precios tomados de la Base de precios, se obtiene de manera directa los precios por m2, que se muestran en la Tabla 9.

| RIEGO | Adherencia C60B3 ADH | Curado C60B3 CUR | Imprimación C60BF4 IMP |
|----------------|----------------------|------------------|------------------------|
| Coste €/t | 369,7 | 369,7 | 379,23 |
| Dotación kg/m2 | 0,3 | 0,3 | 0,5 |
| Dotación t/m2 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0005 |
| Coste €/m2 | 0,11 | 0,11 | 0,19 |

Tabla 9. Unidades riegos auxiliares (Elaboración: Propia. Fuente: PG-3, BPR DGC)

6.2. LISTADO UNIDADES DE OBRA

Tras la formación de las unidades realizada, se muestra en la Tabla 10, el coste de cada una de las unidades de obra que se requiere para ejecutar las distintas capas presentes en alguna de las alternativas definidas en el Apartado 4, y para las operaciones de mantenimiento necesarias. De manera que, para cada tipo de capa o de operación, se le asigna una única unidad que ya incluya todos los costes de maquinaria, mano de obra y materiales, necesarios para la ejecución completa de las mismas.

| Ud | Descripción | Precio (€) |
|-------------------|---|------------|
| t | Mezcla bituminosa en caliente AC16 surf B 50/70 S | 78,91 |
| t | Mezcla bituminosa en caliente AC22 bin B 50/70 S | 74,87 |
| t | Mezcla bituminosa en caliente AC22 base B 50/70 G | 72,07 |
| m ³ | Zahorra artificial | 18,19 |
| m ³ | Suelocemento (incluido cemento) | 26,72 |
| m ³ | Gravacemento (incluido cemento) | 29,41 |
| m ³ | Hormigón de firme (HF 4,5) | 139,59 |
| m ³ | Hormigón magro vibrado | 79,14 |
| m ² | Riego Imprimación C60BF4 IMP | 0,19 |
| m ² | Riego Adherencia C60B3 ADH | 0,11 |
| m ² | Riego Curado C60B3 CUR | 0,11 |
| m ³ | Suelo Adecuado 1 de préstamo | 5,87 |
| m ³ | Suelo Seleccionado 2 de préstamo | 6,67 |
| m ³ | Suelo seleccionado 3 de préstamo | 6,67 |
| m ³ | S-EST 1 (incluido cemento) | 10,10 |
| m ³ | S-EST 2 (incluido cemento) | 12,29 |
| m ³ | S-EST 3 (incluido cemento) | 12,53 |
| m ² | Lechada bituminosa | 1,02 |
| m ² | Sellado de grietas | 14,48 |
| m ² cm | Fresado del firme | 0,51 |
| t | Reposado Surf | 78,91 |
| t | Reposado Bin | 74,87 |
| t | Reposado Base | 72,07 |

Tabla 10. Listado unidades de obra utilizadas (Elaboración: Propia)

6.3. IMPACTO AMBIENTAL DE UNIDADES DE OBRA

Una vez establecidos los costes que son necesarios a la hora de valorar económicamente las distintas alternativas, se necesita conocer, de la misma manera, los valores de impacto ambiental. Esto supone asignar a cada uno de los materiales a utilizar en las alternativas, un valor de consumo de energía por unidad, y de emisiones de CO₂ por unidad, con la misma metodología que se ha utilizado en el análisis realizado en el Anejo 1. Por ello, a cada uno de los conceptos unitarios definidos en las unidades, se le asigna su valor de impacto ambiental que recoge la Base de datos del ITEC, se multiplica por la inversa del rendimiento y se obtiene así el impacto de cada una de las unidades. Estos impactos se muestran en la Tabla 11.

| Ud | Descripción | Consumo energía (kWh) | Emisión (kg CO2) |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------|
| t | Mezcla bituminosa AC16 surf B 50/70 S | 597,03 | 300,88 |
| t | Mezcla bituminosa AC22 bin B 50/70 S | 535,99 | 268,53 |
| t | Mezcla bituminosa AC22 base B 50/70 G | 493,26 | 245,88 |
| m ³ | Zahorra artificial | 62,64 | 16,18 |
| m ³ | Suelocemento (incluido cemento) | 137,08 | 60,66 |
| m ³ | Gravacemento (incluido cemento) | 145,95 | 67,92 |
| m ³ | Hormigón de firme (HF 4,5) | 474,31 | 324,26 |
| m ³ | Hormigón magro vibrado | 11,77 | 3,38 |
| m ² | Riego Imprimación C60BF4 IMP | 3,70 | 1,95 |
| m ² | Riego Adherencia C60BP3 TER | 6,66 | 3,51 |
| m ² | Riego Curado C60B3 CUR | 6,63 | 3,50 |
| m ³ | Suelo Adecuado 1 de préstamo | 96,06 | 19,25 |
| m ³ | Suelo Seleccionado 2 de préstamo | 96,06 | 19,25 |
| m ³ | Suelo seleccionado 3 de préstamo | 96,06 | 19,25 |
| m ³ | S-EST 1 (incluido cemento) | 53,02 | 36,48 |
| m ³ | S-EST 2 (incluido cemento) | 74,10 | 53,16 |
| m ³ | S-EST 3 (incluido cemento) | 74,65 | 53,32 |
| m ² | Lechada bituminosa | 21,23 | 10,98 |
| m ² | Sellado de grietas | 95,55 | 50,53 |
| m ² cm | Fresado del firme | 0,92 | 0,27 |
| t | Reposado Surf | 597,03 | 300,88 |
| t | Reposado Bin | 535,99 | 268,53 |
| t | Reposado Base | 493,26 | 245,88 |

Tabla 11. Impacto ambiental de las unidades de obra (Fuente: Banco de datos ITEC. Elaboración: Propia)

En las mezclas bituminosas, se ha observado que el valor impacto ambiental de estas, únicamente difiere en función del tipo de betún que se utilice. Las que utilizan un betún BC 50/70, producen mayor impacto que las que utilizan un betún B 50/70, B 70/100 ó PMB 45/80-60. Esto es debido a que en el proceso de obtención de los betunes mejorados con caucho (BC), se introducen nuevos procesos en el tratamiento del betún, que hace que se incremente el impacto. Estos valores de impacto de las distintas mezclas según la capa y el tipo de betún se muestran en la Tabla 12.

| CAPA | BETÚN | Energía kWh/t | Emisión kg CO2/t |
|------------|--------------|---------------|------------------|
| Rodadura | B 50/70 | 597,03 | 300,88 |
| | BC 50/70 | 688,21 | 333,15 |
| | PMB 45/80-60 | 597,03 | 300,88 |
| Intermedia | PMB 45/80-60 | 535,99 | 268,53 |
| | B 50/70 | 535,99 | 268,53 |
| | BC 50/70 | 621,06 | 297,57 |
| Base | B 50/70 | 493,26 | 245,78 |
| | B 70/100 | 493,26 | 245,88 |
| | BC 50/70 | 572,23 | 271,69 |

Tabla 12. Comparación ambiental tipos de betún (Elaboración: Propia)

Por esto, se descarta el uso de mezclas con betún BC 50/70, y se escoge para cada una de las 3 capas, la opción más barata que tenga betún B 50/70, B 70/100 ó PMB 45/80-60, se muestran en la Tabla 6, (ya que el valor de impacto ambiental es el mismo para todas).

7. MEDICIONES

Una vez definidas las diferentes unidades de obra, y planteadas todas las alternativas posibles, a partir de las características geométricas y los aspectos constructivos mencionados, se necesita obtener las mediciones de cada uno de las unidades de obra utilizadas en cada sección de firme, tanto las correspondientes a la fase de construcción, como las correspondientes a la fase de conservación, a fin de obtener el coste total y el impacto, tras multiplicarlas por los costes unitarios o por los impactos unitarios respectivamente.

Se realizan las mediciones de la sección de firme en primer lugar, ya que la medición de la explanada, depende de la sección de firme que se disponga sobre esta, pues cada sección de firme necesita un ancho en la coronación de la explanada distinto.

Los valores necesarios de cada material en cada una de las 10 secciones de firme analizadas, para la fase de construcción, se muestran en la Tablas 13, 14 y 15. Las mediciones de cada una de las capas de las secciones de firme, así como su disposición y los aspectos constructivos considerados, se explican más detalladamente en el Apéndice 2.

| FIRME | 211 | 221 | 231 | UNIDAD |
|------------------------------|----------|----------|----------|--------|
| CAPA | | | | (ud) |
| Mezcla AC16 surf B 50/70 S | 1124,19 | 1124,19 | 1124,19 | t |
| Mezcla AC22 bin B 50/70 S | 1918,17 | 1435,83 | 0,00 | t |
| Mezcla AC22 base B 50/70 G | 3882,89 | 3596,08 | 3776,42 | t |
| Zahorra artificial (ZA) | 4861,77 | 3006,99 | 2894,08 | m3 |
| Riego Imprimación C60BF4 IMP | 11443,04 | 11347,84 | 11138,40 | m2 |
| Riego Adherencia C60B3 TER | 20677,44 | 20601,28 | 20372,80 | m2 |

Tabla 13. Mediciones secciones firme con zahorra artificial (Elaboración: Propia)

| FIRME | 212 | 222 | 223 | 232 | UNIDAD |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|--------|
| CAPA | | | | | (ud) |
| Mezcla AC16 surf B 50/70 S | 1124,19 | 1124,19 | 1124,19 | 1124,19 | t |
| Mezcla AC22 base B 50/70 G | 3267,13 | 3267,13 | 2506,52 | 2506,52 | t |
| Zahorra artificial (ZA) | 49,98 | 49,98 | 49,98 | 49,98 | m3 |
| Suelocemento (SC) | 3415,78 | 2488,15 | 2360,96 | 2246,72 | m3 |
| Gravacemento (GC) | 0,00 | 0,00 | 2246,72 | 0,00 | m3 |
| Riego Adherencia C60B3 TER | 31473,12 | 31473,12 | 31416,00 | 31416,00 | m2 |
| Riego Curado C60B3 CUR | 11100,32 | 11100,32 | 22657,60 | 11043,20 | m2 |

Tabla 14. Mediciones secciones firme con suelocemento y gravacemento (Elaboración: Propia)

| FIRME | 214 | 224 | 234 | UNIDAD |
|-----------------------------|---------|---------|---------|--------|
| CAPA | | | | (ud) |
| Zahorra artificial (ZA) | 3001,47 | 549,11 | 579,58 | m3 |
| Hormigón de firme (HF) | 2189,60 | 1428,00 | 2189,60 | m3 |
| Hormigón magro vibrado (HM) | 1485,12 | 2277,18 | 1485,12 | m3 |

Tabla 15. Mediciones secciones firme con hormigón (Elaboración: Propia)

A la vez que se obtienen las distintas mediciones, se obtiene el ancho de la coronación de la explanada bajo cada una de las secciones de firme, que determinará el volumen de esta.

| Sección de firme | 211 | 212 | 214 | 221 | 222 | 223 | 224 | 231 | 232 | 234 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|-----|-------|
| ANCHO EXPLANADA (m) | 12,82 | 12,26 | 12,92 | 12,42 | 12,1 | 12,6 | 12,52 | 12,2 | 12 | 12,52 |

Tabla 16. Ancho coronación explanada según sección de firme (Elaboración: Propia)

Las mediciones de las distintas explanadas, se realizan considerando que tiene forma trapezoidal, con taludes de 3H:2V y los anchos de coronación anteriores. En las siguientes tablas, se muestra el volumen de materiales necesarios para la construcción de cada una de las explanadas que se analizan.

| FIRME | EXPLANADA | MEDICIONES (m3) | | |
|-------|---------------|-----------------|---------|---------|
| | | SUELO 1 | SUELO 2 | S-EST 1 |
| 211 | E1 (60 S1) | 7836,86 | | |
| | E1 (45 S2) | | 5781,26 | |
| | E1 (25 S-E 1) | | | 3140,41 |
| 212 | E1 (60 S1) | 7516,99 | | |
| | E1 (45 S2) | | 5541,35 | |
| | E1 (25 S-E 1) | | | 3007,13 |
| 214 | E1 (60 S1) | 7893,98 | | |
| | E1 (45 S2) | | 5824,10 | |
| | E1 (25 S-E 1) | | | 3164,21 |

Tabla 17. Mediciones materiales explanadas tipo E1 (Elaboración: Propia)

| FIRME | EXPLANADA | MEDICIONES (m3) | | | | |
|-------|-------------------------|-----------------|----------|---------|---------|---------|
| | | SUELO 1 | SUELO 2 | SUELO 3 | S-EST 1 | S-EST 2 |
| 221 | E2 (75 S2) | | 9671,13 | | | |
| | E2 (25 S-E 1 + 25 S-E2) | | | | 3223,71 | 3045,21 |
| | E2 (50 S1 + 40 S2) | 6840,12 | 4958,016 | | | |
| | E2 (25 S-E 1 + 25 S3) | | | 3045,21 | 3223,71 | |
| 222 | E2 (50 S1 + 40 S2) | | | | 3147,55 | 2969,05 |
| 223 | E2 (75 S2) | | 9799,65 | | | |
| | E2 (25 S-E 1 + 25 S-E2) | | | | 3266,55 | 3088,05 |
| | E2 (50 S1 + 40 S2) | 6925,8 | 5026,56 | | | |
| | E2 (25 S-E 1 + 25 S3) | | | 3088,05 | 3266,55 | |
| 224 | E2 (50 S1 + 40 S2) | | | | 3247,51 | 3069,01 |

Tabla 18. Mediciones materiales explanadas tipo E2 (Elaboración: Propia)

| FIRME | EXPLANADA | MEDICIONES (m3) | | |
|-------|----------------------|-----------------|----------|----------|
| | | SUELO 1 | SUELO 2 | S-EST 3 |
| 231 | E3 (30 S2 + 30 S-E3) | | 3869,88 | 3612,84 |
| | E3 (50 S1 + 30 S-E3) | 6592,6 | | 3612,84 |
| 232 | E3 (30 S2 + 30 S-E3) | | 3812,76 | 3555,72 |
| | E3 (50 S1 + 30 S-E3) | 6497,4 | | 3555,72 |
| 234 | E3 (30 S2 + 30 S-E3) | | 3961,272 | 3704,232 |
| | E3 (50 S1 + 30 S-E3) | 6744,92 | | 3704,232 |

Tabla 19. Mediciones materiales explanadas tipo E3 (Elaboración: Propia)

Por último, tras las mediciones de las unidades que se utilizan en la construcción de cada una de las alternativas, se realiza la medición de las unidades que componen todas las operaciones de mantenimiento consideradas durante la fase de conservación.

| FIRME | 211 | 221 | 231 | UNIDAD |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
| CAPA | | | | (ud) |
| 5 cm MB | 405,11 | 405,11 | 405,11 | t |
| Lechada bituminosa | 19040,00 | 19040,00 | 19040,00 | m2 |
| Fresado del firme | 142800,00 | 142800,00 | 142800,00 | m2cm |
| Reposado Surf | 1118,60 | 1118,60 | 1118,60 | t |
| Reposado Bin | 1865,92 | 1399,44 | 0,00 | t |
| Reposado Base | 443,63 | 887,26 | 2218,16 | t |

Tabla 20. Mediciones operaciones de mantenimiento en firmes con subbase de zahorra artificial
(Elaboración: Propia)

| FIRME | 212 | 222 | 223 | 232 | UNIDAD |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| CAPA | | | | | (ud) |
| 5 cm MB | 405,11 | 405,11 | 405,11 | 405,11 | t |
| Lechada bituminosa | 19040,00 | 19040,00 | 19040,00 | 19040,00 | m2 |
| Sellado de grietas | 0,00 | 0,00 | 544,00 | 0,00 | m2 |
| Fresado del firme | 142800,00 | 142800,00 | 114240,00 | 142800,00 | m2cm |
| Reposado Surf | 1118,60 | 1118,60 | 1118,60 | 1118,60 | t |
| Reposado Base | 2218,16 | 2218,16 | 1552,71 | 2218,16 | t |

Tabla 21. Mediciones operaciones de mantenimiento en firmes con subbase de suelocemento
(Elaboración: Propia)

| FIRME | 214 | 224 | 234 | UNIDAD |
|--------------------|----------|----------|----------|--------|
| CAPA | | | | (ud) |
| 5 cm MB | 405,11 | 405,11 | 405,11 | t |
| Sellado de grietas | 43792,00 | 43792,00 | 43792,00 | m2 |

Tabla 22. Mediciones operaciones de mantenimiento en firmes de hormigón (Elaboración: Propia)

8. RESULTADOS

Finalmente, el último procedimiento a realizar, antes de estimar los valores finales de coste económico e impacto ambiental que supone cada una de las alternativas posibles, se basa en multiplicar los valores de las mediciones obtenidas, por los costes e impactos de las unidades de obra considerados.

En primer lugar, en la Tabla 23, se muestran los valores obtenidos para las secciones de firme en la fase de construcción, el valor parcial por unidad de obra, y el total de la sección. En la Tabla 24 se muestran los valores correspondientes al consumo de energía. En la Tabla 25 se muestran los valores correspondientes a las emisiones de CO2.

ESTUDIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO VARIANTE DE MURILLO DE RIO LEZA. CARRETERAS LR-259 Y LR-261. FASE1. COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA RIOJA.

| FIRME | COSTES TOTALES DE LAS DISTINTAS SECCIONES (€) | | | | | | | | | | UNITARIO |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| CAPA | 211 | 212 | 214 | 221 | 222 | 223 | 224 | 231 | 232 | 234 | (€/ud) |
| Mezcla AC16 surf B 50/70 S | 88.712,73 | 88.712,73 | 0,00 | 88.712,73 | 88.712,73 | 88.712,73 | 0,00 | 88.712,73 | 88.712,73 | 0,00 | 78,91 |
| Mezcla AC22 bin B 50/70 S | 143.615,58 | 0,00 | 0,00 | 107.502,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 74,87 |
| Mezcla AC22 base B 50/70 G | 279.839,68 | 235.461,79 | 0,00 | 259.169,43 | 235.461,79 | 180.644,86 | 0,00 | 272.166,27 | 180.644,86 | 0,00 | 72,07 |
| Zahorra artificial (ZA) | 88.435,57 | 909,14 | 54.596,66 | 54.697,10 | 909,14 | 909,14 | 9.988,38 | 52.643,32 | 909,14 | 10.542,52 | 18,19 |
| Suelocemento (SC) | 0,00 | 91.274,39 | 0,00 | 0,00 | 66.486,83 | 63.088,20 | 0,00 | 0,00 | 60.035,55 | 0,00 | 26,72142 |
| Gravacemento (GC) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 66.076,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 29,40999 |
| Hormigón de firme (HF) | 0,00 | 0,00 | 305.646,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 199.334,52 | 0,00 | 0,00 | 305.646,26 | 139,59 |
| Hormigón magro vibrado (HM) | 0,00 | 0,00 | 117.532,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 180.216,34 | 0,00 | 0,00 | 117.532,40 | 79,14 |
| Riego Imprimación C60BF4 IMP | 2.169,77 | 0,00 | 0,00 | 2.151,72 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2.112,01 | 0,00 | 0,00 | 0,19 |
| Riego Adherencia C60B3 TER | 2.293,33 | 3.490,68 | 0,00 | 2.284,89 | 3.490,68 | 3.484,35 | 0,00 | 2.259,55 | 3.484,35 | 0,00 | 0,11 |
| Riego Curado C60B3 CUR | 0,00 | 1.231,14 | 0,00 | 0,00 | 1.231,14 | 2.512,95 | 0,00 | 0,00 | 1.224,80 | 0,00 | 0,11 |
| TOTAL: | 605.066,66 | 421.079,86 | 477.775,32 | 514.517,99 | 396.292,30 | 405.428,25 | 389.539,24 | 417.893,86 | 335.011,42 | 433.721,18 | |

Tabla 23. Costes económicos asociados a la fase de construcción para cada sección (Elaboración: Propia)

| FIRME | COSTES ENERGÉTICOS TOTALES DE LAS DISTINTAS SECCIONES (kWh) | | | | | | | | | | UNITARIO |
|------------------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| CAPA | 211 | 212 | 214 | 221 | 222 | 223 | 224 | 231 | 232 | 234 | (KwH/ud) |
| Mezcla AC16 surf B 50/70 S | 671.176,95 | 671.176,95 | 0,00 | 671.176,95 | 671.176,95 | 671.176,95 | 0,00 | 671.176,95 | 671.176,95 | 0,00 | 597,03 |
| Mezcla AC22 bin B 50/70 S | 1.028.117,67 | 0,00 | 0,00 | 769.588,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 535,99 |
| Mezcla AC22 base B 50/70 G | 1.915.273,87 | 1.611.543,49 | 0,00 | 1.773.802,91 | 1.611.543,49 | 1.236.366,45 | 0,00 | 1.862.755,65 | 1.236.366,45 | 0,00 | 493,26 |
| Zahorra artificial (ZA) | 304.541,20 | 3.130,75 | 188.011,81 | 188.357,68 | 3.130,75 | 3.130,75 | 34.396,48 | 181.285,17 | 3.130,75 | 36.304,74 | 62,64 |
| Suelocemento (SC) | 0,00 | 468.234,57 | 0,00 | 0,00 | 341.075,22 | 323.640,40 | 0,00 | 0,00 | 307.980,38 | 0,00 | 137,08 |
| Gravacemento (GC) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 327.908,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 145,95 |
| Hormigón de firme (HF) | 0,00 | 0,00 | 1.038.549,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 677.314,68 | 0,00 | 0,00 | 1.038.549,18 | 474,31 |
| Hormigón magro vibrado (HM) | 0,00 | 0,00 | 17.479,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 26.802,46 | 0,00 | 0,00 | 17.479,86 | 11,77 |
| Riego Imprimación C60BF4 IMP | 42.354,30 | 0,00 | 0,00 | 42.001,93 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 41.226,73 | 0,00 | 0,00 | 3,70 |
| Riego Adherencia C60B3 TER | 137.635,76 | 209.495,32 | 0,00 | 137.128,82 | 209.495,32 | 209.115,11 | 0,00 | 135.607,98 | 209.115,11 | 0,00 | 6,66 |
| Riego Curado C60B3 CUR | 0,00 | 73.597,39 | 0,00 | 0,00 | 73.597,39 | 150.224,51 | 0,00 | 0,00 | 73.218,67 | 0,00 | 6,63 |
| TOTAL: | 4.099.099,73 | 3.037.178,46 | 1.244.040,84 | 3.582.056,36 | 2.910.019,10 | 2.921.562,94 | 738.513,61 | 2.892.052,47 | 2.500.988,30 | 1.092.333,78 | |

Tabla 24. Consumo de energía durante la fase de construcción para cada sección (Elaboración: Propia)

ESTUDIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO VARIANTE DE MURILLO DE RIO LEZA. CARRETERAS LR-259 Y LR-261. FASE1. COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA RIOJA.

| FIRME | EMISIONES DE CO ₂ TOTALES DE LAS DISTINTAS SECCIONES (kg CO ₂) | | | | | | | | | | UNITARIO |
|------------------------------|---|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|------------|--------------------------|
| CAPA | 211 | 212 | 214 | 221 | 222 | 223 | 224 | 231 | 232 | 234 | (kg CO ₂ /ud) |
| Mezcla AC16 surf B 50/70 S | 338.247,19 | 338.247,19 | 0,00 | 338.247,19 | 338.247,19 | 338.247,19 | 0,00 | 338.247,19 | 338.247,19 | 0,00 | 300,88 |
| Mezcla AC22 bin B 50/70 S | 515.085,05 | 0,00 | 0,00 | 385.562,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 268,53 |
| Mezcla AC22 base B 50/70 G | 954.724,77 | 803.321,40 | 0,00 | 884.204,39 | 803.321,40 | 616.303,33 | 0,00 | 928.545,51 | 616.303,33 | 0,00 | 245,88 |
| Zahorra artificial (ZA) | 78.663,42 | 808,68 | 48.563,71 | 48.653,05 | 808,68 | 808,68 | 8.884,66 | 46.826,21 | 808,68 | 9.377,57 | 16,18 |
| Suelocemento (SC) | 0,00 | 207.200,97 | 0,00 | 0,00 | 150.931,01 | 143.215,83 | 0,00 | 0,00 | 136.286,04 | 0,00 | 60,66 |
| Gravacemento (GC) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 152.597,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 67,92 |
| Hormigón de firme (HF) | 0,00 | 0,00 | 709.999,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 463.043,28 | 0,00 | 0,00 | 709.999,70 | 324,26 |
| Hormigón magro vibrado (HM) | 0,00 | 0,00 | 5.019,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7.696,88 | 0,00 | 0,00 | 5.019,71 | 3,38 |
| Riego Imprimación C60BF4 IMP | 22.325,03 | 0,00 | 0,00 | 22.139,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 21.730,68 | 0,00 | 0,00 | 1,95 |
| Riego Adherencia C60B3 TER | 72.583,58 | 110.479,43 | 0,00 | 72.316,24 | 110.479,43 | 110.278,93 | 0,00 | 71.514,21 | 110.278,93 | 0,00 | 3,51 |
| Riego Curado C60B3 CUR | 0,00 | 38.882,00 | 0,00 | 0,00 | 38.882,00 | 79.364,63 | 0,00 | 0,00 | 38.681,92 | 0,00 | 3,50 |
| TOTAL: | 1.981.629,04 | 1.498.939,67 | 763.583,12 | 1.751.122,38 | 1.442.669,71 | 1.440.815,82 | 479.624,82 | 1.406.863,81 | 1.240.606,08 | 724.396,97 | |

Tabla 25. Emisiones de CO₂ generadas durante la fase de construcción para cada sección (Elaboración: Propia)

A estos costes e impactos que son producidos por las secciones de firme en la fase de construcción, se le añaden los generados durante la fase de conservación. A partir de las operaciones descritas en el apartado 5, y las mediciones del apartado 7, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 26.

El periodo de mantenimiento a considerar es de 30 años, que es el utilizado en el artículo “El análisis del ciclo de vida en la evaluación ambiental de secciones de firme” de Alberto Moral Quiza, publicado en la revista Carreteras en Agosto de 2017.

ESTUDIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO VARIANTE DE MURILLO DE RIO LEZA. CARRETERAS LR-259 Y LR-261. FASE1. COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA RIOJA.

| AÑOS | COSTES TOTALES DE CONSERVACIÓN DE LAS DISTINTAS SECCIONES (€) | | | | | | | | | |
|------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 211 | 212 | 214 | 221 | 222 | 223 | 224 | 231 | 232 | 234 |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 8598,94 | - | - | 6705,79 | - | - | - | 5711,34 | - | - |
| 5 | 8598,94 | - | - | 6705,79 | - | 1969,28 | - | 5711,34 | - | - |
| 6 | 8598,94 | 4210,80 | - | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | - | 5711,34 | 3350,11 | - |
| 7 | 8598,94 | 4210,80 | 27569,92 | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | 27569,92 | 5711,34 | 3350,11 | 27569,92 |
| 8 | 8598,94 | 4210,80 | 27569,92 | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | 27569,92 | 5711,34 | 3350,11 | 27569,92 |
| 9 | 18266,97 | 13878,83 | 30611,25 | 16373,82 | 13630,95 | 13722,31 | 29517,62 | 15379,37 | 13018,14 | 29738,53 |
| 10 | 8598,94 | 4210,80 | 30611,25 | 6705,79 | 3962,92 | 6023,56 | 29517,62 | 5711,34 | 3350,11 | 29738,53 |
| 11 | 8598,94 | 4210,80 | 30611,25 | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | 29517,62 | 5711,34 | 3350,11 | 29738,53 |
| 12 | 8598,94 | 4210,80 | 27569,92 | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | 27569,92 | 5711,34 | 3350,11 | 27569,92 |
| 13 | 15983,95 | 15983,95 | 30611,25 | 15983,95 | 15983,95 | 15983,95 | 29517,62 | 15983,95 | 15983,95 | 29738,53 |
| 14 | - | - | 27569,92 | - | - | - | 27569,92 | - | - | 27569,92 |
| 15 | - | - | 30611,25 | - | - | - | 29517,62 | - | - | 29738,53 |
| 16 | - | - | 27569,92 | - | - | - | 27569,92 | - | - | 27569,92 |
| 17 | 8598,94 | 4210,80 | 30611,25 | 6705,79 | 3962,92 | 6023,56 | 29517,62 | 5711,34 | 3350,11 | 29738,53 |
| 18 | 8598,94 | 4210,80 | 27569,92 | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | 27569,92 | 5711,34 | 3350,11 | 27569,92 |
| 19 | 9668,03 | 9668,03 | 33652,59 | 9668,03 | 9668,03 | 9668,03 | 31465,31 | 9668,03 | 9668,03 | 31907,13 |
| 20 | 8598,94 | 4210,80 | 33652,59 | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | 31465,31 | 5711,34 | 3350,11 | 31907,13 |
| 21 | 348759,73 | 336946,03 | 33652,59 | 345806,31 | 336946,03 | 274421,62 | 31465,31 | 336946,03 | 336946,03 | 31907,13 |
| 22 | - | - | 33652,59 | - | - | - | 31465,31 | - | - | 31907,13 |
| 23 | - | - | 33652,59 | - | - | - | 31465,31 | - | - | 31907,13 |
| 24 | - | - | 33652,59 | - | - | - | 31465,31 | - | - | 31907,13 |
| 25 | 8598,94 | 4210,80 | 33652,59 | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | 31465,31 | 5711,34 | 3350,11 | 31907,13 |
| 26 | 8598,94 | 4210,80 | 33652,59 | 6705,79 | 3962,92 | 6023,56 | 31465,31 | 5711,34 | 3350,11 | 31907,13 |
| 27 | 8598,94 | 4210,80 | 33652,59 | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | 31465,31 | 5711,34 | 3350,11 | 31907,13 |
| 28 | 8598,94 | 4210,80 | 33652,59 | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | 31465,31 | 5711,34 | 3350,11 | 31907,13 |
| 29 | 8598,94 | 4210,80 | 33652,59 | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | 31465,31 | 5711,34 | 3350,11 | 31907,13 |
| 30 | 8598,94 | 4210,80 | 31149,37 | 6705,79 | 3962,92 | 4054,28 | 31149,37 | 5711,34 | 3350,11 | 31149,37 |
| TOTAL A 30 AÑOS: | 538.860,63 € | 439.638,81 € | 750.414,85 € | 501.830,56 € | 435.672,80 € | 382.487,26 € | 719.793,03 € | 475.070,13 € | 425.867,86 € | 725.978,50 € |

Tabla 26. Costes económicos de las secciones en el periodo de conservación (Elaboración: Propia)

De la misma manera, se combinan los valores de mediciones asociados a las actividades de mantenimiento, con sus impactos por unidad definidos, y se obtiene el impacto ambiental que produce cada sección de firme a lo largo del periodo de conservación.

| FIRME | COSTES ENERGÉTICOS TOTALES DE MANTENIMIENTO DE LAS DISTINTAS SECCIONES (kWh) | | | | | | | | | | UNITARIO |
|--------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| CAPA | 211 | 212 | 214 | 221 | 222 | 223 | 224 | 231 | 232 | 234 | (Kwh/ud) |
| 5 cm MB | 241.860,66 | 241.860,66 | 241.860,66 | 241.860,66 | 241.860,66 | 241.860,66 | 241.860,66 | 241.860,66 | 241.860,66 | 241.860,66 | 597,03 |
| Lechada bituminosa | 404.219,20 | 404.219,20 | 0,00 | 404.219,20 | 404.219,20 | 404.219,20 | 0,00 | 404.219,20 | 404.219,20 | 0,00 | 21,23 |
| Sellado de grietas | 0,00 | 0,00 | 4.184.325,60 | 0,00 | 0,00 | 51.979,20 | 4.184.325,60 | 0,00 | 0,00 | 4.184.325,60 | 95,55 |
| Fresado del firme | 132.044,30 | 132.044,30 | 0,00 | 132.044,30 | 132.044,30 | 105.635,44 | 0,00 | 132.044,30 | 132.044,30 | 0,00 | 0,92 |
| Reposado Surf | 667.837,76 | 667.837,76 | 0,00 | 667.837,76 | 667.837,76 | 667.837,76 | 0,00 | 667.837,76 | 667.837,76 | 0,00 | 597,03 |
| Reposado Bin | 1.000.114,46 | 0,00 | 0,00 | 750.085,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 535,99 |
| Reposado Base | 218.825,92 | 1.094.129,60 | 0,00 | 437.651,84 | 1.094.129,60 | 765.890,72 | 0,00 | 1.094.129,60 | 1.094.129,60 | 0,00 | 493,26 |
| TOTAL: | 2.664.902,31 | 2.540.091,53 | 4.426.186,26 | 2.633.699,61 | 2.540.091,53 | 2.237.422,99 | 4.426.186,26 | 2.540.091,53 | 2.540.091,53 | 4.426.186,26 | |

Tabla 27. Consumo de energía por operaciones de mantenimiento durante el periodo de conservación según cada sección (Elaboración: Propia)

| FIRME | EMISIONES DE CO ₂ TOTALES DE LAS DISTINTAS SECCIONES (kg CO ₂) | | | | | | | | | | UNITARIO |
|--------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|
| CAPA | 211 | 212 | 214 | 221 | 222 | 223 | 224 | 231 | 232 | 234 | (kg CO ₂ /ud) |
| 5 cm MB | 121.888,41 | 121.888,41 | 121.888,41 | 121.888,41 | 121.888,41 | 121.888,41 | 121.888,41 | 121.888,41 | 121.888,41 | 121.888,41 | 300,88 |
| Lechada bituminosa | 209.059,20 | 209.059,20 | 0,00 | 209.059,20 | 209.059,20 | 209.059,20 | 0,00 | 209.059,20 | 209.059,20 | 0,00 | 10,98 |
| Sellado de grietas | 0,00 | 0,00 | 2.212.809,76 | 0,00 | 0,00 | 27.488,32 | 2.212.809,76 | 0,00 | 0,00 | 2.212.809,76 | 50,53 |
| Fresado del firme | 37.898,26 | 37.898,26 | 0,00 | 37.898,26 | 37.898,26 | 30.318,61 | 0,00 | 37.898,26 | 37.898,26 | 0,00 | 0,27 |
| Reposado Surf | 336.564,37 | 336.564,37 | 0,00 | 336.564,37 | 336.564,37 | 336.564,37 | 0,00 | 336.564,37 | 336.564,37 | 0,00 | 300,88 |
| Reposado Bin | 501.055,50 | 0,00 | 0,00 | 375.791,62 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 268,53 |
| Reposado Base | 109.080,24 | 545.401,18 | 0,00 | 218.160,47 | 545.401,18 | 381.780,83 | 0,00 | 545.401,18 | 545.401,18 | 0,00 | 245,88 |
| TOTAL: | 1.315.545,97 | 1.250.811,42 | 2.334.698,17 | 1.299.362,34 | 1.250.811,42 | 1.107.099,73 | 2.334.698,17 | 1.250.811,42 | 1.250.811,42 | 2.334.698,17 | |

Tabla 28. Emisiones de CO₂ por operaciones de mantenimiento durante el periodo de conservación según cada sección (Elaboración: Propia)

Como último paso en la valoración de las secciones de firme, se suma cada uno de los valores obtenidos para la fase de construcción, con el que corresponda de su sección para la fase de conservación, y se obtienen los resultados expresados en la Tabla 29.

| COSTE PARCIAL | COSTES TOTALES DE LAS DISTINTAS SECCIONES (€) | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 211 | 212 | 214 | 221 | 222 | 223 | 224 | 231 | 232 | 234 |
| COSTE CONSTRUCCIÓN | 605.066,66 | 421.079,86 | 477.775,32 | 514.517,99 | 396.292,30 | 405.428,25 | 389.539,24 | 417.893,86 | 335.011,42 | 433.721,18 |
| COSTE CONSERVACIÓN | 538.860,63 | 439.638,81 | 750.414,85 | 501.830,56 | 435.672,80 | 382.487,26 | 719.793,03 | 475.070,13 | 425.867,86 | 725.978,50 |
| TOTAL: | 1.143.927,29 | 860.718,67 | 1.228.190,17 | 1.016.348,54 | 831.965,10 | 787.915,51 | 1.109.332,26 | 892.963,99 | 760.879,29 | 1.159.699,68 |
| % sobre el más barato | 50% | 13% | 61% | 34% | 9% | 4% | 46% | 17% | 0% | 52% |
| COSTE PARCIAL | COSTES ENERGÉTICOS TOTALES DE LAS DISTINTAS SECCIONES (kWh) | | | | | | | | | |
| | 211 | 212 | 214 | 221 | 222 | 223 | 224 | 231 | 232 | 234 |
| COSTE CONSTRUCCIÓN | 4.099.099,73 | 3.037.178,46 | 1.244.040,84 | 3.582.056,36 | 2.910.019,10 | 2.921.562,94 | 738.513,61 | 2.892.052,47 | 2.500.988,30 | 1.092.333,78 |
| COSTE CONSERVACIÓN | 2.664.902,31 | 2.540.091,53 | 4.426.186,26 | 2.633.699,61 | 2.540.091,53 | 2.237.422,99 | 4.426.186,26 | 2.540.091,53 | 2.540.091,53 | 4.426.186,26 |
| TOTAL: | 6.764.002,04 | 5.577.269,99 | 5.670.227,11 | 6.215.755,97 | 5.450.110,63 | 5.158.985,93 | 5.164.699,88 | 5.432.144,00 | 5.041.079,82 | 5.518.520,04 |
| % sobre el mínimo coste | 34% | 11% | 12% | 23% | 8% | 2% | 2% | 8% | 0% | 9% |
| EMISIÓN PARCIAL | EMISIONES DE CO2 TOTALES DE LAS DISTINTAS SECCIONES (kg CO2) | | | | | | | | | |
| | 211 | 212 | 214 | 221 | 222 | 223 | 224 | 231 | 232 | 234 |
| EMISIÓN CONSTRUCCIÓN | 1.981.629,04 | 1.498.939,67 | 763.583,12 | 1.751.122,38 | 1.442.669,71 | 1.440.815,82 | 479.624,82 | 1.406.863,81 | 1.240.606,08 | 724.396,97 |
| EMISIÓN CONSERVACIÓN | 1.315.545,97 | 1.250.811,42 | 2.334.698,17 | 1.299.362,34 | 1.250.811,42 | 1.107.099,73 | 2.334.698,17 | 1.250.811,42 | 1.250.811,42 | 2.334.698,17 |
| TOTAL: | 3.297.175,01 | 2.749.751,09 | 3.098.281,28 | 3.050.484,71 | 2.693.481,13 | 2.547.915,55 | 2.814.322,99 | 2.657.675,23 | 2.491.417,50 | 3.059.095,14 |
| % sobre la mínima emisión | 32% | 10% | 24% | 22% | 8% | 2% | 13% | 7% | 0% | 23% |

Tabla 29. Resumen costes económicos e impacto ambiental totales asociados cada sección de firme (Elaboración: Propia)

Se observa, que el coste económico de construcción, es más barato en las secciones compuestas por hormigón o por suelocemento en la subbase, y más caro en las que la capa de subbase es de zahorra. Debido a que el mayor porcentaje dentro del coste económico de las secciones de firme, lo representan las mezclas bituminosas, y el espesor de estas es mayor en las capas cuya subbase es de zahorra, que en las de suelocemento, y por supuesto que las de hormigón, donde no se utiliza mezcla bituminosa. Estas dos opciones más baratas económicamente, diferencian su coste si se contempla la conservación, pues es mucho más costoso en las secciones de hormigón. El hecho de que las capas de zahorra sean más costosas económicamente, se debe a que este material es de peores características mecánicas si se compara con el suelocemento, y el gravacemento, y por ello necesita capas de mezcla bituminosa de mayor espesor. En cuanto a los costes de la conservación, para las secciones que no son de hormigón, los costes de las operaciones son prácticamente idénticos de unas a otras, y la diferencia se tiene en el tanto por ciento asociado a los costes de construcción que se tiene en cuenta a lo largo del periodo en cada año. En las secciones de hormigón, las operaciones de mantenimiento son totalmente diferentes, pues en este caso no se procede al fresado y reposado del firme, ni se planea ejecutar lechadas bituminosas, y lo único que se tiene en cuenta es el sellado del 20% de las grietas, anualmente, a partir del año 7 hasta el 29. Estos costes son los que hacen que las secciones de hormigón, sean económicamente inviables, y por tanto las mejores alternativas, teniendo en cuenta la construcción y la conservación, son las de suelocemento y la de gravacemento (212, 222, 223 y 232).

En cuanto al consumo de energía asociado al periodo de construcción, se observa, que este es también menor en las secciones, en la medida en la que es menor el espesor de la capa de firme. Por tanto, en las secciones de hormigón, el consumo energético es entre 2 y 3 veces menor que el resto de secciones, por término medio, pues carecen de capa de mezcla bituminosa. Y este consumo es mayor también en las secciones cuya capa de subbase está formada por zahorra, que en las formadas por suelocemento o gravacemento.

Cuando se analizan los valores de consumo energético de la conservación, se observa, de manera similar a los costes económicos, que el coste obtenido para las secciones de zahorra y las de suelocemento, es prácticamente similar, pues contempla un plan de conservación en el cuál las actividades son las mismas. En cambio, las secciones de hormigón tienen unas operaciones de conservación distintas, que suponen que el consumo energético de estas sea casi el doble que las anteriores.

Por tanto, si se suman en conjunto los valores de consumo energético de ambos periodos, se tiene que las secciones de hormigón y las de suelocemento son las más óptimas.

En cuanto a las emisiones de CO₂, se observa que se mantienen en gran medida las relaciones observadas en el consumo energético, por los mismos motivos, las secciones de suelocemento siguen siendo las óptimas, y en este caso las de hormigón presentan un mayor impacto. Las de subbase de zahorra, siguen siendo las más desfavorables.

El mismo procedimiento seguido para obtener los valores de coste e impacto de la fase de construcción en las secciones de firme, se aplica para obtener esos mismos valores de coste económico e impacto ambiental. Los valores de cada una de las posibles explanadas, en función del tipo de firme, se expresan en la Tabla 30.

| EXPLANADA | FIRME | Coste (€) | Consumo (kWh) | Emisiones (kg CO2) |
|--------------------------|-------|-------------|---------------|--------------------|
| E1 (60 S1) | 211 | 46.002,39 € | 752.809,16 | 150.859,63 |
| | 212 | 44.124,74 € | 722.082,25 | 144.702,10 |
| | 214 | 46.337,69 € | 758.296,10 | 151.959,19 |
| E1 (45 S2) | 211 | 38.560,99 € | 555.347,64 | 111.289,22 |
| | 212 | 36.960,83 € | 532.302,47 | 106.671,06 |
| | 214 | 38.846,73 € | 559.462,85 | 112.113,89 |
| E1 (25 S-E 1) | 211 | 33.062,96 € | 247.416,25 | 157.312,35 |
| | 212 | 31.658,08 € | 236.815,37 | 150.582,89 |
| | 214 | 33.313,84 € | 249.309,27 | 158.514,04 |
| E2 (75 S2) | 221 | 64.506,44 € | 929.008,75 | 186.169,25 |
| | 223 | 65.363,67 € | 941.354,38 | 188.643,26 |
| E2 (25 S-E 1 + 25 S-E 2) | 221 | 72.680,47 € | 558.075,37 | 364.817,96 |
| | 222 | 70.907,82 € | 544.354,72 | 355.856,80 |
| | 223 | 73.677,58 € | 565.793,24 | 369.858,61 |
| | 224 | 73.234,42 € | 562.363,08 | 367.618,32 |
| E2 (50 S1 + 40 S2) | 221 | 73.221,47 € | 1.133.328,94 | 227.114,12 |
| | 223 | 74.181,60 € | 1.148.143,70 | 230.082,93 |
| E2 (25 S-E 1 + 25 S3) | 221 | 54.173,38 € | 541.830,71 | 217.637,57 |
| | 223 | 54.910,69 € | 549.353,35 | 220.625,28 |
| E3 (30 S2 + 30 S-E 3) | 231 | 72.372,03 € | 718.432,01 | 307.814,53 |
| | 232 | 71.254,16 € | 707.418,87 | 303.002,40 |
| | 234 | 74.160,62 € | 736.053,04 | 315.513,94 |
| E3 (50 S1 + 30 S-E 3) | 231 | 85.258,49 € | 979.976,50 | 360.226,89 |
| | 232 | 83.962,79 € | 965.305,39 | 354.681,72 |
| | 234 | 87.331,61 € | 1.003.450,27 | 369.099,16 |

Tabla 30. Costes e impactos en la construcción de las explanadas (Elaboración: Propia)

De estos resultados se deduce que:

- El precio aumenta proporcionalmente a la categoría de la explanada, ya que también lo hacen los espesores de las capas y se necesitan materiales de mejores propiedades. Aunque este aumento de precio, no tiene un efecto significativo en el precio total de la alternativa, pues el coste de la explanada en comparación con el coste total de la alternativa, supone como máximo, en algunos casos, un 10%.
- El consumo de energía, es mayor en las secciones de relleno de material de préstamo, y menor en las de suelo estabilizado. Esto se debe a que la estabilización con cemento en este caso, permite reducir en un importante porcentaje, el espesor de las secciones de explanada dentro de la misma categoría. El consumo de energía unitario es de 96 kWh/m³ en el relleno

con material de préstamo, y de 53 (para S-EST 1) y 74 (para S-EST 2 y S-EST 3) kWh/m³, lo que quiere decir que a igual espesor, las capas de suelo estabilizado consumirían un menor valor de energía, y si a esto se le añade que el espesor de las capas de suelo estabilizado es menor a las de la capa con relleno de préstamo, para una misma categoría de explanada, se obtiene que las explanadas formadas por suelo estabilizado, consumen una menor cantidad de energía.

- Por lo que respecta a las emisiones de CO₂, no existe una gran diferencia entre las explanadas formadas por suelo estabilizado y las formadas por relleno de material de préstamo. Se observa que las secciones formadas por suelo estabilizado presentan un espesor en torno a la mitad del que presentan las formadas por relleno de préstamo. Si se compara por otra parte las emisiones de CO₂ por unidad que produce la ejecución de cada tipo de capa, se tiene un valor de 19 kgCO₂/m³ asociado a las capas de relleno de préstamo, y un valor de 36 (para S-EST 1) y 53 (para S-EST 2 y S-EST 3) kgCO₂/m³ para las capas de suelo estabilizado, este mayor valor se debe a la elevada cantidad de CO₂ que se libera en la reacción del cemento. Por lo que el ahorro de material que se suponía en el caso anterior de las capas de suelo estabilizado en comparación con las capas de relleno de préstamo, se ve descompensado por el elevado valor de emisiones por cada unidad. Por lo que respecto a este indicador de impacto ambiental, no es evidente que un tipo de explanadas se mejor que otro.

Una vez se han obtenido los resultados de cada sección de firme, y de cada una de las explanadas en función de cada sección de firme, se suma cada par de ellos según corresponda, y se obtienen los valores de coste económico, consumo energético y emisiones de CO₂, para cada una de las 25 alternativas. Estos valores se muestran en la Tabla 31.

| FIRME | EXPLANADA | Coste económico (€) | Consumo energético (kWh) | Emisiones (kg CO2) |
|------------|------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| 211 | E1 (60S1) | 1.189.929,68 | 7.516.811,20 | 3.448.034,64 |
| 211 | E1 (45S2) | 1.182.488,28 | 7.319.349,68 | 3.408.464,23 |
| 211 | E1 (25SE1) | 1.176.990,26 | 7.011.418,30 | 3.454.487,36 |
| 212 | E1 (60S1) | 904.843,41 | 6.299.352,24 | 2.894.453,19 |
| 212 | E1 (45S2) | 897.679,50 | 6.299.352,24 | 2.856.422,16 |
| 212 | E1 (25SE1) | 892.376,75 | 5.814.085,36 | 2.900.333,98 |
| 214 | E1 (60S1) | 1.274.527,86 | 6.428.523,21 | 3.250.240,48 |
| 214 | E1 (45S2) | 1.267.036,90 | 6.229.689,96 | 3.210.395,17 |
| 214 | E1 (25SE1) | 1.261.504,01 | 5.919.536,38 | 3.256.795,32 |
| 221 | E2 (75S2) | 1.080.854,98 | 7.144.764,72 | 3.236.653,97 |
| 221 | E2 (25SE2+25SE1) | 1.089.029,01 | 6.773.831,34 | 3.415.302,67 |
| 221 | E2 (40S2+50S1) | 1.089.570,01 | 7.349.084,91 | 3.277.598,83 |
| 221 | E2 (25S3+25SE1) | 1.070.521,92 | 6.757.586,68 | 3.268.122,28 |
| 222 | E2 (25SE2+25SE1) | 902.872,92 | 5.994.465,35 | 3.049.337,93 |
| 223 | E2 (75S2) | 853.279,17 | 6.100.340,31 | 2.736.558,81 |
| 223 | E2 (25SE2+25SE1) | 861.593,09 | 5.724.779,17 | 2.917.774,16 |
| 223 | E2 (40S2+50S1) | 862.097,11 | 6.307.129,63 | 2.777.998,48 |
| 223 | E2 (25S3+25SE1) | 842.826,20 | 5.708.339,27 | 2.768.540,83 |
| 224 | E2 (25SE2+25SE1) | 1.182.566,68 | 5.727.062,95 | 3.181.941,31 |
| 231 | E3 (30SE3+30S2) | 965.336,02 | 6.150.576,01 | 2.965.489,76 |
| 231 | E3 (30SE3+50S1) | 978.222,48 | 6.412.120,49 | 3.017.902,12 |
| 232 | E3 (30SE3+30S2) | 832.133,45 | 5.748.498,70 | 2.794.419,91 |
| 232 | E3 (30SE3+50S1) | 844.842,08 | 6.006.385,22 | 2.846.099,23 |
| 234 | E3 (30SE3+30S2) | 1.233.860,29 | 6.254.573,08 | 3.374.609,07 |
| 234 | E3 (30SE3+50S1) | 1.247.031,29 | 6.521.970,31 | 3.428.194,29 |

Tabla 31. Resultados finales de cada alternativa (Elaboración: Propia)

En letra negrita se resaltan los resultados correspondientes a la sección escogida en el proyecto. Los colores, se asignan en función al valor que se obtiene de esa alternativa para cada criterio, en comparación con los valores máximos y mínimos. Se divide la diferencia entre el máximo valor (de cada uno de los 3 criterios) y el mínimo, en 5 tramos, cada uno del 20% de esa diferencia, y a cada tramo se le asigna un color.

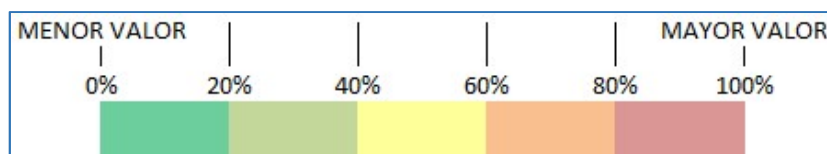


Figura 3. Leyenda de la Tabla 28 (Elaboración: Propia)

Obtenidos los resultados que se tenían como objetivo, solo queda escoger una alternativa que cumpla con los requisitos fijados de coste económico e impacto ambiental.

9. SELECCIÓN DE SOLUCIÓN

Como se definió al principio del documento, la solución que sea escogida, debe suponer un menor coste económico que la utilizada en el proyecto, y además presentar un menor impacto ambiental.

Por ello, en primer lugar, se descartan como soluciones válidas, aquellas que supongan un mayor coste que la alternativa de proyecto. De las 24 alternativas posibles (sin contar la de proyecto), se descartan 11 de ellas, las marcadas en rojo, por su coste superior a la de proyecto, en negrita esta última.

| FIRME | EXPLANADA | Coste económico (€) |
|-------|------------------|---------------------|
| 211 | E1 (60S1) | 1.189.929,68 |
| 211 | E1 (45S2) | 1.182.488,28 |
| 211 | E1 (25SE1) | 1.176.990,26 |
| 212 | E1 (60S1) | 904.843,41 |
| 212 | E1 (45S2) | 897.679,50 |
| 212 | E1 (25SE1) | 892.376,75 |
| 214 | E1 (60S1) | 1.274.527,86 |
| 214 | E1 (45S2) | 1.267.036,90 |
| 214 | E1 (25SE1) | 1.261.504,01 |
| 221 | E2 (75S2) | 1.080.854,98 |
| 221 | E2 (25SE2+25SE1) | 1.089.029,01 |
| 221 | E2 (40S2+50S1) | 1.089.570,01 |
| 221 | E2 (25S3+25SE1) | 1.070.521,92 |
| 222 | E2 (25SE2+25SE1) | 902.872,92 |
| 223 | E2 (75S2) | 853.279,17 |
| 223 | E2 (25SE2+25SE1) | 861.593,09 |
| 223 | E2 (40S2+50S1) | 862.097,11 |
| 223 | E2 (25S3+25SE1) | 842.826,20 |
| 224 | E2 (25SE2+25SE1) | 1.182.566,68 |
| 231 | E3 (30SE3+30S2) | 965.336,02 |
| 231 | E3 (30SE3+50S1) | 978.222,48 |
| 232 | E3 (30SE3+30S2) | 832.133,45 |
| 232 | E3 (30SE3+50S1) | 844.842,08 |
| 234 | E3 (30SE3+30S2) | 1.233.860,29 |
| 234 | E3 (30SE3+50S1) | 1.247.031,29 |

Tabla 32. Comparación económica de alternativas (Elaboración: Propia)

Se observa que todas las alternativas que suponen un mayor coste, son o secciones de hormigón, o secciones con una subbase de zahorra artificial. Tal y como se ha mencionado, las primeras, tienen asociados unos costes de conservación más elevados que el resto, que hacen que en el aspecto económico, no sean una solución buena. Las de zahorra, debido a sus peores características mecánicas en comparación con el resto de secciones, necesitan de un mayor espesor de mezcla bituminosa, que hace que su precio se eleve de manera considerable.

Descartadas las alternativas que suponen un mayor coste económico, se descartan las que suponen un mayor consumo energético, o unas mayores emisiones de CO₂. En este caso, solo una de las que quedan, supone un mayor impacto ambiental, por lo que se tendrían 12 soluciones válidas tras esto. Esta alternativa descartada es la formada por la sección de firme 221 y una explanada de 25 cm de Suelo Estabilizado 1 y 25 cm de Suelo Estabilizado 2. Coincide con la de proyecto en que ambas presentan la misma sección de firme, pero en el caso de esta alternativa descartada, la diferente explanada considerada, hace que su consumo de CO₂, sea un 0,97% mayor a la de proyecto, por lo que es descartada.

En la Tabla 33 se representan estos valores, se asigna una referencia (de la A a la J) a cada una de las alternativas para mencionarlas de manera más simple.

| REF | FIRME | EXPLANADA | Consumo energético kWh | | Emisiones kg CO ₂ | |
|-----|-------|------------------|------------------------|-------------|------------------------------|--------------|
| | | | Valor | Porcentaje | Valor | Porcentaje |
| A | 212 | E1 (60S1) | 6.299.352,24 | +11,83 | 2.894.453,19 | +10,57 |
| B | 212 | E1 (45S2) | 6.299.352,24 | +14,49 | 2.856.422,16 | +11,75 |
| C | 212 | E1 (25SE1) | 5.814.085,36 | +18,62 | 2.900.333,98 | +10,39 |
| | 221 | E2 (75S2) | 7.144.764,72 | 0,00 | 3.236.653,97 | 0,00 |
| | 221 | E2 (25S3+25SE1) | 6.757.586,68 | +5,42 | 3.268.122,28 | -0,97 |
| D | 222 | E2 (25SE1+25SE2) | 5.994.465,35 | +16,10 | 3.049.337,93 | +5,79 |
| E | 223 | E2 (75S2) | 6.100.340,31 | +14,62 | 2.736.558,81 | +15,45 |
| F | 223 | E2 (25SE1+25SE2) | 5.724.779,17 | +19,87 | 2.917.774,16 | +9,85 |
| G | 223 | E2 (40S2+50S1) | 6.307.129,63 | +11,72 | 2.777.998,48 | +14,17 |
| H | 223 | E2 (25S3+25SE1) | 5.708.339,27 | +20,10 | 2.768.540,83 | +14,46 |
| I | 231 | E3 (30SE3+30S2) | 6.150.576,01 | +13,91 | 2.965.489,76 | +8,38 |
| J | 231 | E3 (30SE3+50S1) | 6.412.120,49 | +10,25 | 3.017.902,12 | +6,76 |
| K | 232 | E3 (30SE3+30S2) | 5.748.498,70 | +19,54 | 2.794.419,91 | +13,66 |
| L | 232 | E3 (30SE3+50S1) | 6.006.385,22 | +15,93 | 2.846.099,23 | +12,07 |

Tabla 33. Comparación ambiental de alternativas (Elaboración: Propia)

Tras este análisis, se descartan alternativas que con facilidad se observa que no serían una solución idónea. En primer lugar, se descartan las alternativas I y J por dos

motivos: a) desde el punto de vista ambiental, estas secciones son las menos óptimas, pues son dos de las que menos reducción del impacto suponen y; b) suponen un coste económico superior al resto de alternativas que se muestran en la Tabla 33. Los costes económicos se muestran en la Tabla 32, se observa como de todas las alternativas que no han sido descartadas en esa comparación (y excluyendo a la alternativa descartada en la Tabla 33), la alternativa I y la alternativa J son las que mayor coste económico suponen, 965.336,02 € y 978.222,48 € respectivamente, con bastante diferencia respecto a la inmediatamente más económica, que ronda los 904.843,41 €. Estos hechos se deben a que estas dos secciones son de subbase de zahorra, que como se ha comentado, es una opción que conlleva un aumento en el espesor de las capas de mezcla bituminosa.

Por otra parte, se observa que de las 4 alternativas formadas por la sección 223 (E, F, G y H), hay dos de ellas que suponen un mayor volumen de explanada en comparación con las otras dos, y por consecuencia, un mayor impacto ambiental, por lo que se descartan estas dos que presentan peores resultados, que son la F y la G.

La alternativa L, se observa que en comparación con la alternativa K, que posee la misma sección de firme, pero distinta explanada, esta alternativa supone un mayor coste económico, mayor consumo de energía y mayor emisión de CO₂, por lo que se descarta esta alternativa L.

La alternativa D, se descarta pues sus resultados no suponen unos valores de impacto ambiental que sean mejores que otras alternativas que se hayan tomado como referencia, como son las alternativas H y K.

Permanecen por tanto sin descartar, las alternativas E, H, K, y las formadas por una sección de firme 212 (A B y C). Estas 3 últimas, se observa que no tienen resultados ambientales tan buenos como las otras 3 (E, H, y K), por lo que se descartan como posibles soluciones. Por lo que finalmente se plantean las alternativas E, H y K, como posible solución. Se muestran en la Tabla 34.

| REF | FIRME | EXPLANADA | Coste (€) | Consumo de kWh | | Emisión de kg de CO ₂ | |
|-----|-------|-----------------|---------------------|---------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| | | | Valor | Valor | Reducción | Valor | Reducción |
| E | 223 | E2 (75S2) | 853.279,17 | 6.100.340,31 | 14,62 % | 2.736.558,81 | 15,45 % |
| H | 223 | E2 (25S3+25SE1) | 842.826,20 | 5.708.339,27 | 20,10 % | 2.768.540,83 | 14,46 % |
| K | 232 | E3 (30SE3+30S2) | 832.133,45 | 5.748.498,70 | 19,54 % | 2.794.419,91 | 13,66 % |
| PRO | 221 | E2 (75S2) | 1.080.854,98 | 7.144.764,72 | 0,00 | 3.236.653,97 | 0,00 |

Tabla 34. Alternativas con mejores resultados (Elaboración: Propia)

A continuación, para cada una de estas 3 alternativas, se comentan sus aspectos más favorables y se escoge una de ellas como solución final.

Alternativa E: esta alternativa está formada por una explanada de 75 cm de Suelo Seleccionado 2, bajo una sección de firme 223 (20 cm de suelocemento, 20 cm de gravacemento, 10 cm de capa de base de mezcla bituminosa y 5 cm de capa de rodadura de mezcla bituminosa). Esta alternativa tiene como punto a favor, que es de todas, la que menos emisiones de CO₂ produce, pero en contra, entre las 3 seleccionadas, su consumo de energía dista mucho del de las otras dos.

Alternativa H: esta alternativa está formada por una explanada de 25 cm de Suelo Estabilizado con cemento tipo 1, 25 cm de Suelo Seleccionado 3, bajo una sección de firme 223 (20 cm de suelocemento, 20 cm de gravacemento, 10 cm de capa de base de mezcla bituminosa y 5 cm de capa de rodadura de mezcla bituminosa). A favor, esta alternativa es de todas las comparadas, la que menor consumo de energía supone, y el valor de las emisiones está muy próximo al de la alternativa E.

Se observa que consta de la misma sección de firme que la alternativa E, pero distinta explanada. En la alternativa H, el volumen de tierras utilizado es en torno en un 66% el utilizado en la alternativa E. Hay que destacar que otro aspecto en que afectan los procesos de construcción de carreteras al medio ambiente, que no es alcance de este estudio, es en las consecuencias que tiene el uso de materias primas y la generación de residuos sobre el medio ambiente. En este caso concreto, no se genera un excedente de volumen de tierras tras la excavación y se necesita aportación de material a la hora de la formación de la explanada, y la alternativa que menos aporte de material requiere es la H. Si se diera el caso contrario, que el balance de tierras diera como resultado un excedente tal que se pudiera formar la explanada y aun así fuera necesario llevar un volumen de tierras sobrante a vertedero, se podría considerar que la alternativa E sería mejor desde el punto de vista ambiental, pues aprovecharía mayor cantidad de material sobrante y generaría menores residuos en ese caso.

Por tanto, analizados los resultados de estas dos últimas alternativas (H y E), se concluye que ambas son muy buenas soluciones desde los puntos de vista de impacto ambiental considerados a lo largo del estudio. Pero la Alternativa E sería más adecuada que la H en el caso en que se generara un gran volumen de tierras para formar los terraplenes y la explanada, y la alternativa H sería más adecuada en caso

que fuera necesario el aporte de material, como es este caso. Por lo que se descarta la alternativa E frente a la alternativa H.

Alternativa K: esta alternativa está formada por una explanada de 30 cm de Suelo Seleccionado 2, 30 cm de Suelo Estabilizado con cemento tipo 3, bajo una sección de firme 232 (20 cm de suelocemento, 10 cm de capa de base de mezcla bituminosa y 5 cm de capa de rodadura de mezcla bituminosa).

Desde el punto de vista ambiental, los resultados de esta alternativa no son mejores que los de la alternativa H. Solo es mejor que esta en el resultado de coste económico. Pero en los objetivos definidos para este análisis al inicio del documento, no se ha establecido que la solución a adoptar sea la de menor coste económico, sino aquella que suponga un menor coste económico que la de proyecto. Por lo que el hecho de que suponga un menor coste económico que la Alternativa H, no es suficiente para considerarla mejor. Si se comparan los resultados representados en la Tabla 29, se observa que la sección de firme que presenta alternativa (232), es la mejor de las 10 analizadas tanto económica como ambientalmente. Pero al tener en cuenta la formación de la explanada en el análisis, las alternativas compuestas por esta sección de firme ya no son las más óptimas.

Este estudio se ha realizado tomando como referencia el Proyecto de una variante de una carretera convencional. Si el caso fuera distinto, y se analizara una autovía o autopista, tipos de carretera en las cuales se exige según las instrucciones recogidas en la Nota de Servicio 5/2006 que *“Independientemente de la categoría de tráfico pesado previsto en la fecha de puesta en servicio, todo tramo de autovía de nueva construcción que se proyecte, deberá disponer de una categoría de explanada tipo E3. Por cuestiones ambientales y de optimización de materiales, para su formación se emplearán obligatoriamente los propios materiales de la traza adecuadamente estabilizados, salvo que estos no cumplan las especificaciones del artículo 512 Suelos estabilizados in situ del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3); siendo necesario en este caso acudir a préstamos”*. Se tendría que la alternativa K, podría ser una buena alternativa a disponer en proyectos de nuevas autovías con tráfico T2, si para su elección se tuvieran en cuenta los criterios ambientales seguidos en este análisis.

Por lo que la alternativa que se escoge finalmente de entre todas las analizadas es la H. En la Tabla 35, se comparan los resultados obtenidos entre la solución del proyecto y esta alternativa.

| | | Alternativa H | Solución Proyecto | Reducción |
|-----------------------|------------------------|---------------|-------------------|-----------|
| Coste económico | Construcción | 460.338,94 | 579.024,42 | 20,50% |
| | Constr. + Conservación | 842.826,20 | 1.080.854,98 | 22,02% |
| Consumo energía (kWh) | Construcción | 3.470.916,29 | 4.511.065,11 | 23,06% |
| | Constr. + Conservación | 5.708.339,27 | 7.144.764,72 | 20,10% |
| Emisiones CO2 (kg) | Construcción | 1.661.441,09 | 1.937.291,63 | 14,24% |
| | Constr. + Conservación | 2.768.540,83 | 3.236.653,97 | 14,46% |

Tabla 35. Comparación resultados de alternativa escogida y la solución de proyecto (Elaboración: Propia)

10. CONCLUSIONES

A modo de resumen, los pasos que se han seguido en este documento, para obtener una sección de firme y una explanada que supusieran un menor coste económico y un menor impacto ambiental son los siguientes.

En primer lugar, se han recogido los aspectos externos al problema, que es necesario conocer a la hora de determinar que posibles secciones de firme serían de aplicación, y las propiedades de estas (materiales, precio e impacto).

Se deduce del anejo de tráfico, que la sección de la carretera deberá ser alguna de las 10 posibles que establece la norma 6.1-IC para tráfico T2, que es la categoría de tráfico pesado que se tiene.

De todos los datos recogidos en los anejos de Geotecnia y Geología, y de Gestión de Residuos, se obtiene que, tras los movimientos de tierras, el excedente de material obtenido en los desmontes, se utiliza para el relleno de terraplenes, y aun así resulta necesario material de aportación para completar los terraplenes. Por lo que el material necesario para completar la explanada será de aportación de las distintas zonas de préstamo que se encuentran a escasos kilómetros del lugar de la obra. Se concluye también en este punto, que la explanada a disponer, será una de las 9 (3 del tipo E1, 4 del tipo E2 y 2 del tipo E3) posibles que se recogen en la Norma 6.1-IC, para los casos en los cuales la carretera discurre sobre terreno compuesto por suelo tolerable.

Una vez establecidos los tipos de secciones de firme y de explanadas que pueden ser de aplicación en este caso, se pasa a determinar los distintos tipos de materiales que se utilizarían, así como los valores de precio económico, consumo de energía y emisiones de CO2, de las unidades de obra que los engloban.

Para las capas de firme, se comprueba que los tipos de mezcla bituminosa más adecuados según las características de la obra, de localización y tráfico, son mezclas del tipo AC. Con betún del tipo B 50/70, tamaño máximo de árido 16 y granulometría semidensa para la capa de rodadura; betún del tipo B 50/70, tamaño máximo de árido 22 y granulometría semidensa para la capa intermedia; y betún del tipo B 50/70, tamaño máximo de árido 22 y granulometría gruesa para la capa de base.

Para el resto de unidades, no hay elección posible de materiales, más allá de que los que componen la explanada no proceden de la propia traza sino de préstamo.

Posteriormente se procede a establecer los costes económicos unitarios, costes energéticos unitarios, y kg de CO2 emitidos por unidad, para cada una de las unidades que componen las posibles secciones de firme y explanada. Los costes económicos se obtienen de la Base de Precios de referencia establecida por la Dirección General de Carreteras, por proceder de un órgano administrativo nacional y ser de aplicación a cualquier carretera estatal. Los costes ambientales de cada una de las unidades, al no haber ninguna base de datos realizada por ninguna administración, ni de acceso libre, se han obtenido del Banco de Datos del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña.

Para evaluar la repercusión de la conservación de la carretera, en los 3 parámetros observados de la carretera, se ha tomado como referencia el plan de conservación que establece la Instrucción de Andalucía, al no haber ninguno que fuera de expresa aplicación para la comunidad de La Rioja. Los costes e impactos de estas operaciones, se obtienen de la misma manera que para la fase de construcción.

El siguiente paso es realizar las mediciones de cada una de las unidades, para las fases de construcción y conservación, para cada una de las posibilidades de explanada y sección de firme que se van a analizar. Obtenidas estas mediciones, se multiplican por los costes e impactos unitarios, y sumadas, se obtiene el coste total de cada sección y cada explanada.

Obtenidos los valores de coste económico de construcción y conservación de las 10 secciones de firme tenidas en cuenta, y de impacto ambiental; y los valores análogos de los 9 tipos de explanada, se suman los valores de cada sección de firme, con las posibles explanadas que se pueda combinar. De este modo se obtienen 25 posibles soluciones (contando la de proyecto) para sustituir a la alternativa escogida en el proyecto.

El último paso del análisis, es escoger una de las 24 alternativas, que se haya comprobado que produce mejores resultados que la dispuesta en el proyecto. En primer lugar, se compara el coste económico de cada posible solución, con el de la alternativa de proyecto. Si el coste es superior a la alternativa de proyecto, se descarta esa solución, y en caso contrario, se considera que podría ser una solución válida. En este primer paso, la lista de 24 alternativas inicial, se reduce a 13. El segundo paso es descartar todas las alternativas que supongan un mayor coste energético o emitan una mayor cantidad de CO₂ que al de proyecto, tras esta comparación, únicamente se descarta una alternativa. Resultan finalmente 12 alternativas (de A a L) y la de proyecto, esta última no sería solución válida, pues se ha demostrado ya que hay alternativas que son mejores desde una perspectiva económica y ambiental.

De estas 12 alternativas, se observa que hay varias que corresponden a la misma sección de firme, pero distinta explanada, por lo que se van descartando aquellas que repiten la sección de firme con otras, y tienen peores resultados que aquellas con las que comparten sección de firme. También se descartan las soluciones cuyos resultados ambientales no destacan por ser los que menor impacto producen. Finalmente, se observa que se tienen 3 alternativas que son mejores que el resto, en función de los medidores de impacto ambiental utilizados, y que cualquiera de las 3 podría ser una solución válida para este caso.

Dos de estas tres alternativas poseen una sección de firme 223 (20 cm de suelocemento, 20 cm de gravacemento, 15 cm de mezcla bituminosa), una de ellas una explanada formada por 75 cm de Suelo Seleccionado 2, y otra formada por una explanada de 25 cm de Suelo Estabilizado tipo 1 y 25 cm de Suelo Seleccionado 3. La tercera alternativa consta de una sección de firme 232 (20 cm de suelocemento y 15 cm de mezclas bituminosas) y una explanada de 30 cm de Suelo Seleccionado 2, y 30 cm de Suelo Estabilizado tipo 3.

Finalmente, se llega a la conclusión de que la solución óptima es la formada por una explanada de 25 cm de Suelo Estabilizado tipo 1 y 25 cm de Suelo Seleccionado 3, y la sección de firme 223.

Este cambio implica que se reduce el volumen de la explanada, y la subbase pasa de estar compuesta de 25 cm de zahorra, a ser de 20 cm de suelocemento y 20 cm de gravacemento; y el espesor de mezcla bituminosa, de 25 cm se reduce a 15 cm respecto a la solución adoptada inicialmente en el proyecto. Esta reducción de la capa de mezcla bituminosa y cambio de los materiales utilizados en la subbase y

explanada, hace que el impacto ambiental de la sección de firme, se reduzca en torno a un 20% el consumo de energía, y un 14% las emisiones de CO₂, pues la unidad de mezcla bituminosa, es la que mayor impacto ambiental produce. El aumento de la capa de subbase en la sección 223, conlleva un aumento del impacto ambiental en comparación con la subbase de la 221, pero este aumento, es mucho menor que la diferencia de impacto ambiental entre un espesor de mezcla bituminosa de 25 cm y de 15 cm. Esta reducción de la capa de mezcla bituminosa, que hace a la sección 223 más eficiente ambientalmente, según se explica en la “Evaluación de las secciones de firme de la Norma 6.1-IC”, elaborada por Carlos Kraemer y Raúl Albelda, y presentada en el VI Congreso Nacional de Firmes, se debe a que los 40 cm de subbase de suelocemento y gravacemento, poseen mejores propiedades mecánicas que los 25 cm de zahorra, y permite poder reducir el espesor de mezcla bituminosa, unidad que como ya se ha comentado produce el mayor impacto ambiental.

En el Anejo 1-Evaluación ambiental, se obtiene tras realizar en Análisis del Ciclo de Vida, que el impacto ambiental dentro del proyecto, de las partes de Explanada y Sección de firme, es del 15,42% del consumo de energía total y del 16,37% de las emisiones de CO₂, donde solo se tiene en cuenta los impactos asociados a la fase de construcción, a diferencia de lo realizado en este Anejo. En la Tabla 35 se llega a la conclusión de que la reducción de impacto entre la sección inicial del proyecto y la alternativa propuesta es de un 23,06% en el consumo de energía y de un 14,24% en las emisiones de CO₂, para el periodo de construcción (ya que son las unidades de obra que se sustituyen del proyecto original, aunque en el análisis se busca la mejor solución teniendo en cuenta toda la vida útil de la carretera). Por lo que dentro del proyecto, con esta modificación, se reduce el consumo de energía en un 3,56% y las emisiones de CO₂ en un 2,33%.

11. REFERENCIAS

- Kraemer, C. y Albelda, R. (2004). Evaluación técnico-económica de las secciones de firme de la Norma 6.1-IC. En: *VI Congreso Nacional de Firmes*.
- Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la Norma 6.1-IC "Secciones de firme", de la Instrucción de Carreteras.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3)
- Anejo 17 Gestión de residuos, del Proyecto de construcción de la variante de Murillo de rio Leza. Carreteras LR-259 y LR-261. Fase 1
- Anejo 05 Estudio de tráfico, del Proyecto de construcción de la variante de Murillo de rio Leza. Carreteras LR-259 y LR-261. Fase 1
- Anejo 04 Geología y Geotecnia, del Proyecto de construcción de la variante de Murillo de rio Leza. Carreteras LR-259 y LR-261. Fase 1
- Instrucción de diseño de firmes de la Junta de Andalucía
- Nota de Servicio 5/2006, de 22 de septiembre de 2006, sobre explanaciones y capas de firme tratadas con cemento.
- Nota de información técnica sobre firmes con capas con gravacemento 11-10-1990
- España. Orden FOM 37/2016, de 29 de enero, por la que se aprueba la Base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras
- Base de datos del Instituto de tecnología de la construcción de Cataluña (ITeC)
- Artículo "*El análisis del ciclo de vida en la evaluación ambiental de secciones de firme*" de Alberto Moral Quiza, publicado en la revista *Carreteras* en Agosto de 2017.

APÉNDICES

APÉNDICE Nº1: DEFINICIÓN DE UNIDADES DE OBRA Y DESCOMPOSICIÓN EN CONCEPTOS

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|--------|--|--------|----------------|---------|
| t | | MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC16 SURF S (S-12 RODADURA), EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL, TOTALMENTE EXTENDIDA Y COMPACTADA. | | | |
| 0,0129 | h | Capataz | 20,54 | 0,26 | |
| 0,0514 | h | Oficial 1ª | 20,36 | 1,05 | |
| 0,0514 | h | Peón ordinario | 16,60 | 0,85 | |
| 0,0129 | h | Cargadoras sobre ruedas. De 125 kW de potencia (3 m3) | 74,48 | 0,96 | |
| 0,0129 | h | Producción de mezclas asfálticas. En caliente: planta discontinua móvil. De 160 t/h de producción | 395,22 | 5,10 | |
| 0,0771 | h | Camión. Con caja basculante 4x4, De 199 kW de potencia | 72,23 | 5,57 | |
| 0,0129 | h | Extendidora asfáltica sobre cadenas. De 125 kW de potencia con regla doble tãmpers hasta 7,5 m | 90,91 | 1,17 | |
| 0,0129 | h | Compactador vibrante autpropulsado, de dos cilindros, tãndem. De 10 t de masa | 51,54 | 0,66 | |
| 0,0129 | h | Compactadoras de ruedas mltiples, autpropulsados. De 7 ruedas, 21 t lastrado | 54,88 | 0,71 | |
| 0,4465 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 0/6 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,25 | 4,13 | |
| 0,3895 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 6/12 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,00 | 3,51 | |
| 0,1140 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 12/20 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,00 | 1,03 | |
| | | Mano de Obra | | 2,16 | |
| | | Maquinaria | | 14,17 | |
| | | Material | | 8,66 | |
| | | 6% C.I. y redondeos | | 1,50 | |
| | | Total partida | | 26,50 € | |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|--------|--|--------|----------------|---------|
| t | | MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC22 BIN S (S-20 INTERMEDIA), EXTENDIDA Y COMPACTADA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL DE APORTACIÓN. | | | |
| 0,0129 | h | Capataz | 20,54 | 0,26 | |
| 0,0514 | h | Oficial 1ª | 20,36 | 1,05 | |
| 0,0514 | h | Peón ordinario | 16,60 | 0,85 | |
| 0,0129 | h | Cargadoras sobre ruedas. De 125 kW de potencia (3 m3) | 74,48 | 0,96 | |
| 0,0129 | h | Producción de mezclas asfálticas. En caliente: planta discontinua móvil. De 160 t/h de producción | 395,22 | 5,10 | |
| 0,0771 | h | Camión. Con caja basculante 4x4, De 199 kW de potencia | 72,23 | 5,57 | |
| 0,0129 | h | Extendidora asfáltica sobre cadenas. De 125 kW de potencia con regla doble tãmpers hasta 7,5 m | 90,91 | 1,17 | |
| 0,0129 | h | Compactador vibrante autpropulsado, de dos cilindros, tãndem. De 10 t de masa | 51,54 | 0,66 | |
| 0,0129 | h | Compactadoras de ruedas mltiples, autpropulsados. De 7 ruedas, 21 t lastrado | 54,88 | 0,71 | |
| 0,4085 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 0/6 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,25 | 3,78 | |
| 0,2280 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 6/12 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,00 | 2,05 | |
| 0,1805 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 12/20 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,00 | 1,62 | |
| 0,1330 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 12/20 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 8,70 | 1,16 | |
| | | Mano de Obra | | 2,16 | |
| | | Maquinaria | | 14,17 | |
| | | Material | | 8,61 | |
| | | 6% C.I. y redondeos | | 1,50 | |
| | | Total partida | | 26,45 € | |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|--------|---|--------|----------------|---------|
| t | | MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC22 BASE G (G-20 BASE), EXTENDIDA Y COMPACTADA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL DE APORTACIÓN. | | | |
| 0,0129 | h | Capataz | 20,54 | 0,26 | |
| 0,0514 | h | Oficial 1ª | 20,36 | 1,05 | |
| 0,0514 | h | Peón ordinario | 16,60 | 0,85 | |
| 0,0129 | h | Cargadoras sobre ruedas. De 125 kW de potencia (3 m3) | 74,48 | 0,96 | |
| 0,0129 | h | Producción de mezclas asfálticas. En caliente: planta discontinua móvil. De 160 t/h de producción | 395,22 | 5,10 | |
| 0,0771 | h | Camión. Con caja basculante 4x4, De 199 kW de potencia | 72,23 | 5,57 | |
| 0,0129 | h | Extendidora asfáltica sobre cadenas. De 125 kW de potencia con regla doble tãmpers hasta 7,5 m | 90,91 | 1,17 | |
| 0,0129 | h | Compactador vibrante autpropulsado, de dos cilindros, tãndem. De 10 t de masa | 51,54 | 0,66 | |
| 0,0129 | h | Compactadoras de ruedas mltiples, autpropulsados. De 7 ruedas, 21 t lastrado | 54,88 | 0,71 | |
| 0,3800 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 0/6 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,25 | 3,52 | |
| 0,1995 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 6/12 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,00 | 1,80 | |
| 0,3135 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 12/20 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,00 | 2,82 | |
| 0,0570 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 12/20 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 8,70 | 0,50 | |
| | | Mano de Obra | | 2,16 | |
| | | Maquinaria | | 14,17 | |
| | | Material | | 8,63 | |
| | | 6% C.I. y redondeos | | 1,50 | |
| | | Total partida | | 26,46 € | |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|--------|---|--------|----------|-------------------------------|
| t | | BETÚN ASFÁLTICO EN MEZCLAS BITUMINOSAS 50/70 (B 60/70). | | | |
| 1,0000 | t | BETÚN ASFÁLTICO B50/70 (B60/70) | 415,09 | 415,09 | |
| | | | | | Material 415,09 |
| | | | | | 6% C.I. y redondeos 24,91 |
| | | | | | Total partida 440,00 € |
| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
| t | | POLVO MINERAL O CARBONATO (TRICALSA O SIMILAR) EMPLEADO COMO POLVO MINERAL DE APORTACIÓN EN MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE PUESTO A PIE DE OBRA O PLANTA. | | | |
| 1,0000 | t | POLVO MINERAL DE APORTACIÓN UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS | 46,48 | 46,48 | |
| | | | | | Material 46,48 |
| | | | | | 6% C.I. y redondeos 2,79 |
| | | | | | Total partida 49,27 € |
| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
| m3 | | ZAHORRA ARTIFICIAL I/ TRANSPORTE, EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN, MEDIDO SOBRE PERFIL TEÓRICO. | | | |
| 0,0180 | h | Capataz | 20,54 | 0,37 | |
| 0,0360 | h | Peón ordinario | 16,60 | 0,60 | |
| 0,0180 | h | Motoniveladoras de 104 kW de potencia | 80,28 | 1,45 | |
| 0,0180 | h | Compactador vibrante autopropulsado, de un cilindro, liso, 12t | 48,17 | 0,87 | |
| 0,0180 | h | Camión cisterna para riego. Para cantidad 8000 litros | 80,74 | 1,45 | |
| 0,0540 | h | Camión. Con caja basculante 4x4, De 199 kW de potencia | 72,23 | 3,90 | |
| 1,0500 | m3 | ZAHORRA ARTIFICIAL | 8,00 | 8,40 | |
| 0,2000 | m3 | AGUA | 0,58 | 0,12 | |
| | | | | | Mano de Obra 0,97 |
| | | | | | Maquinaria 7,67 |
| | | | | | Material 8,52 |
| | | | | | 6% C.I. y redondeos 1,03 |
| | | | | | Total partida 18,18 € |
| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
| m3 | | SUELO-CEMENTO FABRICADO EN CENTRAL I/ TRANSPORTE, EXTENDIDO, COMPACTACIÓN, PREFISURACIÓN Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE ASIENTO, SIN INCLUIR CEMENTO. | | | |
| 0,0180 | h | Capataz | 20,54 | 0,37 | |
| 0,0180 | h | Oficial 1ª | 20,36 | 0,37 | |
| 0,0360 | h | Peón ordinario | 16,60 | 0,60 | |
| 0,0180 | h | Cargadoras sobre ruedas. De 60 kW de potencia | 42,59 | 0,77 | |
| 0,0540 | h | Camión. Con caja basculante 4x4, De 199 kW de potencia | 72,23 | 3,90 | |
| 0,0180 | h | Estabilización de suelos. Centrales de gravacemento y suelocemento. De 160 t/h de producción | 86,40 | 1,56 | |
| 0,0180 | h | Motoniveladoras de 104 kW de potencia | 80,28 | 1,45 | |
| 0,0180 | h | Compactador vibrante autopropulsado, de un cilindro, liso, 12t | 48,17 | 0,87 | |
| 0,0180 | h | Camión cisterna para riego. Para cantidad 8000 litros | 80,74 | 1,45 | |
| 0,0180 | h | Extendidora de gravillas autopropulsadas. De 150 m3/h de producción | 91,34 | 1,64 | |
| 1,0500 | t | ÁRIDO 5/2 | 7,12 | 7,48 | |
| 0,2000 | m3 | AGUA | 0,58 | 0,12 | |
| | | | | | Mano de Obra 1,33 |
| | | | | | Maquinaria 11,63 |
| | | | | | Material 7,59 |
| | | | | | 6% C.I. y redondeos 1,23 |
| | | | | | Total partida 21,79 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|-----------|--------|---|--------|----------|------------------------------|
| m3 | | GRAVA-CEMENTO FABRICADO EN CENTRAL I/ TRANSPORTE, EXTENDIDO, COMPACTACIÓN, PREFISURACIÓN Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE ASIENTO, SIN INCLUIR CEMENTO. | | | |
| 0,0180 | h | Capataz | 20,54 | 0,37 | |
| 0,0180 | h | Oficial 1ª | 20,36 | 0,37 | |
| 0,0360 | h | Peón ordinario | 16,60 | 0,60 | |
| 0,0180 | h | Cargadoras sobre ruedas. De 60 kW de potencia | 42,59 | 0,77 | |
| 0,0540 | h | Camión. Con caja basculante 4x4, De 199 kW de potencia | 72,23 | 3,90 | |
| 0,0180 | h | Estabilización de suelos. Centrales de gravacemento y suelocemento. De 160 t/h de producción | 86,40 | 1,56 | |
| 0,0180 | h | Motoniveladoras de 104 kW de potencia | 80,28 | 1,45 | |
| 0,0180 | h | Compactador vibrante autopropulsado, de un cilindro, liso, 12t | 48,17 | 0,87 | |
| 0,0180 | h | Camión cisterna para riego. Para cantidad 8000 litros | 80,74 | 1,45 | |
| 0,0180 | h | Extendidora de gravillas autopropulsadas. De 150 m3/h de producción | 91,34 | 1,64 | |
| 1,0500 | t | GRAVA DE MACHAQUEO | 8,80 | 9,24 | |
| 0,2000 | m3 | AGUA | 0,58 | 0,12 | |
| | | | | | Mano de Obra 1,33 |
| | | | | | Maquinaria 11,63 |
| | | | | | Material 9,36 |
| | | | | | 6% C.I. y redondeos 1,34 |
| | | | | | Total partida 23,66 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|-----------|--------|---|--------|----------|-------------------------------|
| m3 | | PAVIMENTO DE HORMIGÓN VIBRADO HF-4,5 i/ P.P. DE JUNTAS Y PASADORES, SELLADO Y CURADO CON PRODUCTO FILMÓGENO. | | | |
| 0,0800 | h | Capataz | 20,54 | 1,64 | |
| 0,2500 | h | Oficial 1ª | 20,36 | 5,09 | |
| 0,3000 | h | Peón ordinario | 16,60 | 4,98 | |
| 0,3000 | h | Peón especialista | 16,77 | 5,03 | |
| 0,0350 | h | Pavimentadora de hormigón. Sobre cadenas con encofrado deslizante. De 300 kW de potencia, anchura de extendido 11,5 m | 298,22 | 10,44 | |
| 0,1200 | h | Camión cisterna para riego. Con rampa de riego y lanza. Para una cantidad de 1000 litros | 88,03 | 10,56 | |
| 0,1000 | h | Equipos auxiliares para pavimentación. Cortadora de juntas. Para hormigón. Disco de 450mm de diámetro | 6,21 | 0,62 | |
| 0,0830 | h | Transporte de hormigón. Camiones hormigonera. De 8 m3 de capacidad | 59,28 | 4,92 | |
| 1,0500 | m3 | HORMIGÓN PARA PAVIMENTOS HF-4,5 | 58,58 | 61,51 | |
| 17,5000 | kg | ACERO CORRUGADO B500S EN BARRAS | 0,60 | 10,50 | |
| 5,7750 | kg | ACERO LISO EN PASADORES i/ PARTE PROPORCIONAL DE VAINAS | 1,30 | 7,51 | |
| 0,3000 | l | PRODUCTO FILMÓGENO DE CURADO | 2,80 | 0,84 | |
| 2,5000 | l | MÁSTICO ASFÁLTICO EN RELLENO JUNTA DILATACIÓN | 3,22 | 8,05 | |
| | | | | | Mano de Obra 16,74 |
| | | | | | Maquinaria 26,54 |
| | | | | | Material 88,41 |
| | | | | | 6% C.I. y redondeos 7,90 |
| | | | | | Total partida 139,59 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|-----------|--------|---|--------|----------|------------------------------|
| m3 | | HORMIGÓN MAGRO VIBRADO EN BASE DE FIRME, COMPLETAMENTE TERMINADO i/ CURADO Y P.P. DE JUNTAS. | | | |
| 0,0050 | h | Capataz | 20,54 | 0,10 | |
| 0,0500 | h | Oficial 1ª | 20,36 | 1,02 | |
| 0,4000 | h | Peón ordinario | 16,60 | 6,64 | |
| 0,0470 | h | Equipos auxiliares para pavimentación. Cortadora de juntas. Para hormigón. Disco de 450mm de diámetro | 6,21 | 0,29 | |
| 0,0830 | h | Transporte de hormigón. Camiones hormigonera. De 8 m3 de capacidad | 59,28 | 4,92 | |
| 0,0070 | h | Pavimentadora de hormigón. Sobre cadenas con encofrado deslizante. De 300 kW de potencia, anchura de extendido 11,5 m | 298,22 | 2,09 | |
| 0,0015 | h | Camión cisterna para riego. Con rampa de riego y lanza. Para una cantidad de 1000 litros | 88,03 | 0,13 | |
| 0,0030 | t | EMULSIÓN BITUMINOSA TIPO C60B3 ADH / C60B3 CUR | 243,26 | 0,73 | |
| 1,0500 | m3 | HORMIGÓN MAGRO EN BASE DE FIRME | 55,14 | 57,90 | |
| 0,3000 | l | PRODUCTO FILMÓGENO DE CURADO | 2,80 | 0,84 | |
| | | | | | Mano de Obra 7,76 |
| | | | | | Maquinaria 7,43 |
| | | | | | Material 59,47 |
| | | | | | 6% C.I. y redondeos 4,48 |
| | | | | | Total partida 79,14 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|--------|--|--------|----------|-----------------|
| t | | EMULSIÓN C60BF5 IMP EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN, BARRIDO Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, TOTALMENTE TERMINADO. | | | |
| 0,1200 | h | Capataz | 20,54 | 2,46 | |
| 0,4800 | h | Peón especialista | 16,77 | 8,05 | |
| 0,4800 | h | Peón ordinario | 16,60 | 7,97 | |
| 0,2400 | h | Camión cisterna para riego. Con rampa de riego y lanza. Para una cantidad de 1000 litros | 88,03 | 21,13 | |
| 0,1200 | h | Barredora y aspirado de polvo. Autpropulsada de 9 m3 | 109,56 | 13,15 | |
| 1,0000 | t | EMULSIÓN BITUMINOSA TIPO C60BF5 IMP | 305,00 | 305,00 | |
| | | Mano de Obra | | | 18,48 |
| | | Maquinaria | | | 34,27 |
| | | Material | | | 305,00 |
| | | 6% C.I. y redondeos | | | 21,47 |
| | | Total partida | | | 379,22 € |
| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
| t | | EMULSIÓN C60B3 ADH EN RIEGOS DE ADHERENCIA O C60B3 CUR EN RIEGOS DE CURADO i/ EL BARRIDO Y LA PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, TOTALMENTE TERMINADO. | | | |
| 0,2400 | h | Capataz | 20,54 | 4,93 | |
| 0,9600 | h | Peón especialista | 16,77 | 16,10 | |
| 0,9600 | h | Peón ordinario | 16,60 | 15,94 | |
| 0,4800 | h | Camión cisterna para riego. Con rampa de riego y lanza. Para una cantidad de 1000 litros | 88,03 | 42,25 | |
| 0,2400 | h | Barredora y aspirado de polvo. Autpropulsada de 9 m3 | 109,56 | 26,29 | |
| 1,0000 | t | EMULSIÓN BITUMINOSA TIPO C60B3 ADH / C60B3 CUR | 243,26 | 243,26 | |
| | | Mano de Obra | | | 36,96 |
| | | Maquinaria | | | 68,55 |
| | | Material | | | 243,26 |
| | | 6% C.I. y redondeos | | | 20,93 |
| | | Total partida | | | 369,70 € |
| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
| m3 | | SUELO ADECUADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMO, YACIMIENTO GRANULAR O CANTERA PARA FORMACIÓN DE EXPLANADA EN CORONACIÓN DE TERRAPLÉN Y EN FONDO DE DESMONTE i/ CANON DE PRÉSTAMO, EXCAVACIÓN DEL MATERIAL, CARGA Y TRANSPORTE AL LUGAR DE EMPLEO HASTA UNA DISTANCIA DE 30 km, EXTENDIDO, HUMECTACIÓN, COMPACTACIÓN, TERMINACIÓN Y REFINO DE LA SUPERFICIE DE LA CORONACIÓN Y REFINO DE TALUDES. | | | |
| 0,0007 | h | Capataz | 20,54 | 0,01 | |
| 0,0032 | h | Peon especialista | 16,77 | 0,05 | |
| 0,2500 | m3 | AGUA | 0,58 | 0,15 | |
| 1,0000 | m3 | CANON SUELO ADECUADO DE PRÉSTAMO O CANTERA | 3,40 | 3,40 | |
| 0,0063 | h | Motoniveladoras de 104 kW de potencia | 80,28 | 0,51 | |
| 0,0063 | h | Compactador vibrante autopropulsado, de un cilindro, liso, 16t | 50,62 | 0,32 | |
| 0,0011 | h | Camión cisterna para riego. Para cantidad 8000 litros | 80,74 | 0,09 | |
| 0,0060 | h | camión. Con caja basculante 6x6. De 258 kw de potencia | 87,45 | 0,52 | |
| 0,0038 | h | Excavadora hidráulica sobre cadenas de 45 t de masa | 129,02 | 0,49 | |
| | | Mano de Obra | | | 0,07 |
| | | Maquinaria | | | 1,93 |
| | | Material | | | 3,55 |
| | | 6% C.I. y redondeos | | | 0,33 |
| | | Total partida | | | 5,87 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|-----------|--------|---|--------|----------------------|---------------|
| | m3 | SUELO SELECCIONADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMO, YACIMIENTO GRANULAR O CANTERA PARA FORMACIÓN DE EXPLANADA EN CORONACIÓN DE TERRAPLÉN Y EN FONDO DE DESMONTE i/ CANON DE CANTERA, EXCAVACIÓN DEL MATERIAL, CARGA Y TRANSPORTE AL LUGAR DE EMPLEO HASTA UNA DISTANCIA DE 30 km, EXTENDIDO, HUMECTACIÓN, COMPACTACIÓN, TERMINACIÓN Y REFINO DE LA SUPERFICIE DE LA CORONACIÓN Y REFINO DE LA SUPERFICIE. | | | |
| 0,0007 h | | Capataz | 20,54 | 0,01 | |
| 0,0032 h | | Peon especialista | 16,77 | 0,05 | |
| 0,2500 m3 | | AGUA | 0,58 | 0,15 | |
| 1,0000 m3 | | CANON SUELO ADECUADO DE PRÉSTAMO O CANTERA | 4,15 | 4,15 | |
| 0,0063 h | | Motoniveladoras de 104 kW de potencia | 80,28 | 0,51 | |
| 0,0063 h | | Compactador vibrante autopropulsado, de un cilindro, liso, 16t | 50,62 | 0,32 | |
| 0,0011 h | | Camión cisterna para riego. Para cantidad 8000 litros | 80,74 | 0,09 | |
| 0,0060 h | | Camión. Con caja basculante 6x6. De 258 kw de potencia | 87,45 | 0,52 | |
| 0,0038 h | | Excavadora hidráulica sobre cadenas de 45 t de masa | 129,02 | 0,49 | |
| | | | | Mano de Obra | 0,07 |
| | | | | Maquinaria | 1,93 |
| | | | | Material | 4,30 |
| | | | | 6% C.I. y redondeos | 0,38 |
| | | | | Total partida | 6,67 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|--------|--|--------|----------------------|---------------|
| | m3 | SUELO ESTABILIZADO "IN SITU" CON CEMENTO O CAL, TIPO S-EST1 CON TIERRAS DE PRÉSTAMO, EXTENDIDO Y COMPACTADO i/ CANON DE PRÉSTAMO, CARGA Y TRANSPORTE HASTA UNA DISTANCIA DE 10 km, PREPARACIÓN DE LA MEZCLA, HUMECTACIÓN O SECADO Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE TOTALMENTE TERMINADO, SIN INCLUIR CONGLOMERANTE. | | | |
| 0,0010 h | | Capataz | 20,54 | 0,02 | |
| 0,0120 h | | Peón ordinario | 16,60 | 0,20 | |
| 0,0060 h | | Motoniveladoras de 12 kW de potencia | 88,25 | 0,53 | |
| 0,0060 h | | Compactadores de ruedas múltiples , autopropulsados. De 7 ruedas 35 t | 71,92 | 0,43 | |
| 0,0120 h | | Compactador vibrante autopropulsado de un cilindro, liso. De 16 t | 50,62 | 0,61 | |
| 0,0020 h | | Camión cisterna para riego. Para cantidad 8000 litros | 80,74 | 0,16 | |
| 0,0030 h | | Estabilización de suelos. Distribuidor de pulvurentos. En seco. Remolcado de 17 m3 | 34,95 | 0,10 | |
| 0,0070 h | | Estabilizadores de suelos autopropulsados. Para anchura de 2,50 m. De 370 kW de potencia (25 t) | 197,70 | 1,38 | |
| 0,0280 h | | Camión. Con caja basculante 4x4, De 199 kW de potencia | 72,23 | 2,02 | |
| 0,0020 h | | Excavadora hidráulica sobre cadenas. De 28 t de masa | 93,10 | 0,19 | |
| 1,0000 h | | CANON DE EXTRACCIÓN DE SUELO APTO PARA ESTABILIZAR TIPO 1 | 1,14 | 1,14 | |
| 0,1000 h | | AGUA | 0,58 | 0,06 | |
| | | | | Mano de Obra | 0,22 |
| | | | | Maquinaria | 5,43 |
| | | | | Material | 1,20 |
| | | | | 6% C.I. y redondeos | 0,41 |
| | | | | Total partida | 7,26 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|--------|---|--------|----------------------|---------------|
| | m3 | SUELO ESTABILIZADO "IN SITU" CON CEMENTO O CAL, TIPO S-EST2, CON TIERRAS DE PRÉSTAMO, EXTENDIDO Y COMPACTADO i/ CANON DE PRÉSTAMO, CARGA Y TRANSPORTE HASTA UNA DISTANCIA DE 10 km, PREPARACIÓN DE LA MEZCLA, HUMECTACIÓN O SECADO Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE TOTALMENTE TERMINADO, SIN INCLUIR CONGLOMERANTE. | | | |
| 0,0010 h | | Capataz | 20,54 | 0,02 | |
| 0,0120 h | | Peón ordinario | 16,60 | 0,20 | |
| 0,0060 h | | Motoniveladoras de 12 kW de potencia | 88,25 | 0,53 | |
| 0,0060 h | | Compactadores de ruedas múltiples , autopropulsados. De 7 ruedas 35 t | 71,92 | 0,43 | |
| 0,0120 h | | Compactador vibrante autopropulsado de un cilindro, liso. De 16 t | 50,62 | 0,61 | |
| 0,0020 h | | Camión cisterna para riego. Para cantidad 8000 litros | 80,74 | 0,16 | |
| 0,0030 h | | Estabilización de suelos. Distribuidor de pulvurentos. En seco. Remolcado de 17 m3 | 34,95 | 0,10 | |
| 0,0070 h | | Estabilizadores de suelos autopropulsados. Para anchura de 2,50 m. De 370 kW de potencia (25 t) | 197,70 | 1,38 | |
| 0,0280 h | | Camión. Con caja basculante 4x4, De 199 kW de potencia | 72,23 | 2,02 | |
| 0,0020 h | | Excavadora hidráulica sobre cadenas. De 28 t de masa | 93,10 | 0,19 | |
| 1,0000 h | | CANON DE EXTRACCIÓN DE SUELO APTO PARA ESTABILIZAR TIPO 1 | 1,87 | 1,87 | |
| 0,1000 h | | AGUA | 0,58 | 0,06 | |
| | | | | Mano de Obra | 0,22 |
| | | | | Maquinaria | 5,43 |
| | | | | Material | 1,93 |
| | | | | 6% C.I. y redondeos | 0,45 |
| | | | | Total partida | 8,03 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|-----------|---|----------------------|----------|---------------|
| | m3 | SUELO ESTABILIZADO "IN SITU" CON CEMENTO, TIPO S-EST3, CON TIERRAS DE PRÉSTAMO, EXTENDIDO Y COMPACTADO i/ CANON DE PRÉSTAMO, CARGA Y TRANSPORTE HASTA UNA DISTANCIA DE 10 km, PREPARACIÓN DE LA MEZCLA, HUMECTACIÓN O SECADO Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE TOTALMENTE TERMINADO, SIN INCLUIR CEMENTO. | | | |
| 0,0010 | h | Capataz | 20,54 | 0,02 | |
| 0,0120 | h | Peón ordinario | 16,60 | 0,20 | |
| 0,0060 | h | Motoniveladoras de 12 kW de potencia | 88,25 | 0,53 | |
| 0,0060 | h | Compactadores de ruedas múltiples , autopropulsados. De 7 ruedas 35 t | 71,92 | 0,43 | |
| 0,0140 | h | Compactador vibrante autopropulsado de un cilindro, liso. De 16 t | 50,62 | 0,71 | |
| 0,0020 | h | Camión cisterna para riego. Para cantidad 8000 litros | 80,74 | 0,16 | |
| 0,0030 | h | Estabilización de suelos. Distribuidor de pulvurentos. En seco. Remolcado de 17 m3 | 34,95 | 0,10 | |
| 0,0070 | h | Estabilizadores de suelos autopropulsados. Para anchura de 2,50 m. De 370 kW de potencia (25 t) | 197,70 | 1,38 | |
| 0,0280 | h | Camión. Con caja basculante 4x4, De 199 kW de potencia | 72,23 | 2,02 | |
| 0,0020 | h | Excavadora hidráulica sobre cadenas. De 28 t de masa | 93,10 | 0,19 | |
| 1,0000 | h | CANON DE EXTRACCIÓN DE SUELO APTO PARA ESTABILIZAR TIPO 1 | 1,99 | 1,99 | |
| 0,1000 | h | AGUA | 0,58 | 0,06 | |
| | | | Mano de Obra | | 0,22 |
| | | | Maquinaria | | 5,53 |
| | | | Material | | 2,05 |
| | | | 6% C.I. y redondeos | | 0,47 |
| | | | Total partida | | 8,26 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|----------|---|----------------------|----------|----------------|
| | t | FABRICACIÓN Y EXTENSIÓN DE LECHADA BITUMINOSA MICROF 8 i/ POLVO MINERAL DE APORTACIÓN, PUESTA EN OBRA EXCEPTO LIGANTE. | | | |
| 0,0255 | h | Capataz | 20,54 | 0,52 | |
| 0,1020 | h | Oficial 1ª | 20,36 | 2,08 | |
| 0,1020 | h | Peón ordinario | 16,60 | 1,69 | |
| 0,0255 | h | Cargadoras sobre ruedas. De 125 kW de potencia (3 m3) | 74,48 | 1,90 | |
| 0,0510 | h | Camión. Con caja basculante 4x4, De 199 kW de potencia | 72,23 | 3,68 | |
| 0,0255 | h | Equipo para lechadas asfálticas sobre camión. Equipo rígido. Para 12 m3 de capacidad | 145,04 | 3,70 | |
| 0,0255 | h | Barredora y aspirado de polvo. Autopropulsada de 9 m3 | 109,56 | 2,79 | |
| 0,0255 | h | Compactadoras de ruedas múltiples, autopropulsados. De 7 ruedas, 21 t lastrado | 54,88 | 1,40 | |
| 0,0855 | t | POLVO MINERAL DE APORTACIÓN UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS | 46,48 | 3,97 | |
| 0,4370 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 0/3 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,25 | 4,04 | |
| 0,1805 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 3/6 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,25 | 1,67 | |
| 0,2470 | t | ÁRIDO DE MACHAQUEO TAMAÑO 6/12 PARA MEZCLAS BITUMINOSAS | 9,00 | 2,22 | |
| 0,0300 | t | ADITIVO DE ROTURA | 1341,01 | 40,23 | |
| 0,1500 | m3 | AGUA | 0,58 | 0,09 | |
| | | | Mano de Obra | | 4,29 |
| | | | Maquinaria | | 13,47 |
| | | | Material | | 52,23 |
| | | | 6% C.I. y redondeos | | 4,20 |
| | | | Total partida | | 74,19 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|----------|--|----------------------|----------|-----------------|
| | t | EMULSIÓN TIPO C60B5 MIC PARA MICROAGLOMERADO EN FRÍO. | | | |
| 1,0000 | t | EMULSIÓN BITUMINOSA TIPO C60B5 MIC | 368,93 | 368,93 | |
| | | | Material | | 368,93 |
| | | | 6% C.I. y redondeos | | 22,14 |
| | | | Total partida | | 391,07 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|--------|---|--------|----------------------|----------------|
| | m2 | IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSAS Y TABLEROS DE ESTRUCTURAS, CON MEZCLA EN CALIENTE DE MASTIC-BETÚN-CAUCHO APLICADO A LLANA CON UN ESPESOR DE 3 mm i/ LIMPIEZA MEDIANTE CHORREADO LIGERO DE LA SUPERFICIE DE HORMIGÓN Y CAPA DE IMPRIMACIÓN AL AGUA. | | | |
| 0,2000 | h | Oficial 1ª | 20,36 | 4,07 | |
| 0,2000 | h | Ayudante | 16,87 | 3,37 | |
| 0,0010 | t | EMULSIÓN BITUMINOSA TIPO C50BF5 IMP | 284,00 | 0,28 | |
| 3,5000 | kg | Mortero bituminoso | 1,58 | 5,53 | |
| 0,3000 | kg | Imprimación asfáltica | 1,38 | 0,41 | |
| | | | | Mano de Obra | 7,45 |
| | | | | Material | 6,23 |
| | | | | 6% C.I. y redondeos | 0,82 |
| | | | | Total partida | 14,49 € |

| Cantidad | Unidad | Descripción | Precio | Subtotal | Importe |
|----------|--------|---|--------|----------------------|---------------|
| | m2cm | FRESADO DE PAVIMENTO BITUMINOSO O DE HORMIGÓN EXISTENTE I/ CARGA, BARRIDO, RETIRADA Y TRANSPORTE DE RESIDUOS A LUGAR DE EMPLEO Y/O GESTOR AUTORIZADO HASTA UNA DISTANCIA DE 60 km. | | | |
| 0,0004 | h | Capataz | 20,54 | 0,01 | |
| 0,0020 | h | Peón ordinario | 16,60 | 0,03 | |
| 0,0031 | h | Camión. Con caja basculante 4x4, De 199 kW de potencia | 72,23 | 0,22 | |
| 0,0010 | h | Fresadora. De 2000 mm de anchura y 297 kW de potencia | 157,49 | 0,16 | |
| 0,0010 | h | Retrocargadoras sobre ruedas. De 75 kW de potencia | 44,39 | 0,04 | |
| 0,0002 | h | Barredora y aspirador de polvo. Autopropulsada de 9 m3 | 109,56 | 0,02 | |
| | | | | Mano de Obra | 0,04 |
| | | | | Maquinaria | 0,45 |
| | | | | 6% C.I. y redondeos | 0,03 |
| | | | | Total partida | 0,52 € |

APÉNDICE Nº2: ESQUEMAS SECCIONES DE FIRME ANALIZADAS

SECCIÓN DE FIRME 211 (28cm de mezclas bituminosas, 40cm de zahorra artificial)

| ANCHO SECCIÓN | | TALUDES CAPAS | | SOBREANCHOS | |
|------------------|------|-----------------------|-------|------------------------|-------|
| ANCHO CARRIL (m) | 3,50 | Materiales granulares | 1H:1V | s/ Capas granulares | 10 cm |
| NÚMERO CARRILES | 2 | Mezclas bituminosas | 1H:1V | s/ Mezclas bituminosas | 5 cm |
| ANCHO ARCÉN (m) | 1,50 | | | | |
| ANCHO BERMA (m) | 0,50 | | | | |

| CAPA | BASE SUPERIOR (m) | BASE INFERIOR (m) | ESPESOR (m) | ÁREA (m) | TOTAL (m3/m) |
|------------|-------------------|-------------------|-------------|----------|--------------|
| RODADURA | 10 | 10,1 | 0,05 | 0,50 | 0,50 |
| INTERMEDIA | 10,2 | 10,36 | 0,08 | 0,82 | 0,82 |
| BASE BIT. | 11,52 | 11,82 | 0,15 | 1,75 | 1,75 |
| ZAHORRA | 12,02 | 12,82 | 0,4 | 4,97 | 4,97 |
| BERMA | 1 | 1,16 | 0,13 | 0,14 | 0,14 |

SECCIÓN DE FIRME 212 (18cm de mezclas bituminosas, 30cm de suelocemento)

| ANCHO SECCIÓN | | TALUDES CAPAS | | SOBREANCHOS | |
|------------------|------|---------------------|-------|------------------------|-------|
| ANCHO CARRIL (m) | 3,50 | Mezclas bituminosas | 1H:1V | s/ Mezclas bituminosas | 5 cm |
| NÚMERO CARRILES | 2 | Capas tratadas | 1H:1V | s/ Capas tratadas | 10 cm |
| ANCHO ARCÉN (m) | 1,50 | | | | |
| ANCHO BERMA (m) | 0,50 | | | | |

| CAPA | BASE SUPERIOR (m) | BASE INFERIOR (m) | ESPESOR (m) | ÁREA (m) | TOTAL (m3/m) |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------|----------|--------------|
| RODADURA | 10,00 | 10,10 | 0,05 | 0,50 | 0,50 |
| BASE BIT. | 11,20 | 11,46 | 0,13 | 1,47 | 1,47 |
| SUELOCEMENTO | 11,66 | 12,26 | 0,30 | 3,59 | 3,59 |
| BERMA | 1,00 | 1,10 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |

SECCIÓN DE FIRME 214 (23cm de hormigón de firme, 15cm de hormigón magro, 20cm de zahorra artificial)

| ANCHO SECCIÓN | | TALUDES CAPAS | | SOBREANCHOS | |
|------------------|------|-----------------------|-------|----------------------|-------|
| ANCHO CARRIL (m) | 3,50 | Materiales granulares | 1H:1V | s/ Capas granulares | 10 cm |
| NÚMERO CARRILES | 2 | Hormigón | 0H:1V | s/ Capas de hormigón | 20 cm |
| ANCHO ARCÉN (m) | 1,50 | | | | |
| ANCHO BERMA (m) | 0,50 | | | | |

| CAPA | BASE SUPERIOR (m) | BASE INFERIOR (m) | ESPESOR (m) | ÁREA (m) | TOTAL (m3/m) |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------|----------|--------------|
| HORMIGÓN FIRME | 10,00 | 10,00 | 0,23 | 2,30 | 2,30 |
| HORMIGÓN MAGRO | 10,40 | 10,40 | 0,15 | 1,56 | 1,56 |
| ZAHORRA | 12,52 | 12,92 | 0,20 | 2,54 | 2,54 |
| BERMA | 1,00 | 2,12 | 0,38 | 0,59 | 0,59 |

SECCIÓN DE FIRME 221 (25cm de mezclas bituminosas, 25cm de zahorra artificial)

| ANCHO SECCIÓN | | TALUDES CAPAS | | SOBREANCHOS | |
|------------------|------|-----------------------|-------|------------------------|-------|
| ANCHO CARRIL (m) | 3,50 | Materiales granulares | 1H:1V | s/ Capas granulares | 10 cm |
| NÚMERO CARRILES | 2 | Mezclas bituminosas | 1H:1V | s/ Mezclas bituminosas | 5 cm |
| ANCHO ARCÉN (m) | 1,50 | | | | |
| ANCHO BERMA (m) | 0,50 | | | | |

| CAPA | BASE SUPERIOR (m) | BASE INFERIOR (m) | ESPESOR (m) | ÁREA (m) | TOTAL (m3/m) |
|------------|-------------------|-------------------|-------------|----------|--------------|
| RODADURA | 10 | 10,1 | 0,05 | 0,50 | 0,50 |
| INTERMEDIA | 10,2 | 10,32 | 0,06 | 0,62 | 0,62 |
| BASE BIT. | 11,44 | 11,72 | 0,14 | 1,62 | 1,62 |
| ZAHORRA | 11,92 | 12,42 | 0,25 | 3,04 | 3,04 |
| BERMA | 1 | 1,12 | 0,11 | 0,12 | 0,12 |

SECCIÓN DE FIRME 222 (18cm de mezclas bituminosas, 22cm de suelocemento)

| ANCHO SECCIÓN | | TALUDES CAPAS | | SOBREANCHOS | |
|------------------|------|---------------------|-------|------------------------|-------|
| ANCHO CARRIL (m) | 3,50 | Mezclas bituminosas | 1H:1V | s/ Mezclas bituminosas | 5 cm |
| NÚMERO CARRILES | 2 | Capas tratadas | 1H:1V | s/ Capas tratadas | 10 cm |
| ANCHO ARCÉN (m) | 1,50 | | | | |
| ANCHO BERMA (m) | 0,50 | | | | |

| CAPA | BASE SUPERIOR (m) | BASE INFERIOR (m) | ESPESOR (m) | ÁREA (m) | TOTAL (m3/m) |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------|----------|--------------|
| RODADURA | 10,00 | 10,10 | 0,05 | 0,50 | 0,50 |
| BASE BIT. | 11,20 | 11,46 | 0,13 | 1,47 | 1,47 |
| SUELOCEMENTO | 11,66 | 12,10 | 0,22 | 2,61 | 2,61 |
| BERMA | 1,00 | 1,10 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |

SECCIÓN DE FIRME 223 (15cm de mezclas bituminosas, 20cm de gravacemento, 20cm de suelocemento)

| ANCHO SECCIÓN | | TALUDES CAPAS | | SOBREANCHOS | |
|------------------|------|---------------------|-------|------------------------|-------|
| ANCHO CARRIL (m) | 3,50 | Mezclas bituminosas | 1H:1V | s/ Mezclas bituminosas | 5 cm |
| NÚMERO CARRILES | 2 | Capas tratadas | 1H:1V | s/ Capas tratadas | 10 cm |
| ANCHO ARCÉN (m) | 1,50 | | | | |
| ANCHO BERMA (m) | 0,50 | | | | |

| CAPA | BASE SUPERIOR (m) | BASE INFERIOR (m) | ESPESOR (m) | ÁREA (m) | TOTAL (m3/m) |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------|----------|--------------|
| RODADURA | 10 | 10,1 | 0,05 | 0,50 | 0,50 |
| BASE BIT. | 11,2 | 11,4 | 0,1 | 1,13 | 1,13 |
| GRAVACEMENTO | 11,6 | 12 | 0,2 | 2,36 | 2,36 |
| SUELOCEMENTO | 12,2 | 12,6 | 0,2 | 2,48 | 2,48 |
| BERMA | 1 | 1,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |

SECCIÓN DE FIRME 224 (15cm de hormigón de firme, 23cm de hormigón magro)

| ANCHO SECCIÓN | | TALUDES CAPAS | | SOBREANCHOS | |
|------------------|------|---------------|-------|----------------------|-------|
| ANCHO CARRIL (m) | 3,50 | Hormigón | 0H:1V | s/ Capas de hormigón | 20 cm |
| NÚMERO CARRILES | 2 | | | | |
| ANCHO ARCÉN (m) | 1,50 | | | | |
| ANCHO BERMA (m) | 0,50 | | | | |

| CAPA | BASE SUPERIOR (m) | BASE INFERIOR (m) | ESPESOR (m) | ÁREA (m) | TOTAL (m3/m) |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------|----------|--------------|
| HORMIGÓN FIRME | 10,00 | 10,00 | 0,15 | 1,50 | 1,50 |
| HORMIGÓN MAGRO | 10,40 | 10,40 | 0,23 | 2,39 | 2,39 |
| BERMA | 1,00 | 2,12 | 0,38 | 0,59 | 0,59 |

SECCIÓN DE FIRME 231 (20cm de mezclas bituminosas, 25cm de zahorra)

| ANCHO SECCIÓN | | TALUDES CAPAS | | SOBREANCHOS | |
|------------------|------|-----------------------|-------|------------------------|-------|
| ANCHO CARRIL (m) | 3,50 | Materiales granulares | 1H:1V | s/ Capas granulares | 10 cm |
| NÚMERO CARRILES | 2 | Mezclas bituminosas | 1H:1V | s/ Mezclas bituminosas | 5 cm |
| ANCHO ARCÉN (m) | 1,50 | | | | |
| ANCHO BERMA (m) | 0,50 | | | | |

| CAPA | BASE SUPERIOR (m) | BASE INFERIOR (m) | ESPESOR (m) | ÁREA (m) | TOTAL (m3/m) |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------|----------|--------------|
| RODADURA | 10,00 | 10,10 | 0,05 | 0,50 | 0,50 |
| BASE BIT. | 11,20 | 11,50 | 0,15 | 1,70 | 1,70 |
| ZAHORRA | 11,70 | 12,20 | 0,25 | 2,99 | 2,99 |
| BERMA | 1,00 | 1,10 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |

SECCIÓN DE FIRME 232 (15cm de mezclas bituminosas, 20cm de suelocemento)

| ANCHO SECCIÓN | | TALUDES CAPAS | | SOBREANCHOS | |
|------------------|------|---------------------|-------|------------------------|-------|
| ANCHO CARRIL (m) | 3,50 | Mezclas bituminosas | 1H:1V | s/ Mezclas bituminosas | 5 cm |
| NÚMERO CARRILES | 2 | Capas tratadas | 1H:1V | s/ Capas tratadas | 10 cm |
| ANCHO ARCÉN (m) | 1,50 | | | | |
| ANCHO BERMA (m) | 0,50 | | | | |

| CAPA | BASE SUPERIOR (m) | BASE INFERIOR (m) | ESPESOR (m) | ÁREA (m) | TOTAL (m3/m) |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------|----------|--------------|
| RODADURA | 10,00 | 10,10 | 0,05 | 0,50 | 0,50 |
| BASE BIT. | 11,20 | 11,40 | 0,10 | 1,13 | 1,13 |
| SUELOCEMENTO | 11,60 | 12,00 | 0,20 | 2,36 | 2,36 |
| BERMA | 1,00 | 1,10 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |

SECCIÓN DE FIRME 234 (23cm de hormigón de firme, 15cm de hormigón magro)

| ANCHO SECCIÓN | | TALUDES CAPAS | | SOBREANCHOS | |
|------------------|------|---------------|-------|----------------------|-------|
| ANCHO CARRIL (m) | 3,50 | Hormigón | 0H:1V | s/ Capas de hormigón | 20 cm |
| NÚMERO CARRILES | 2 | | | | |
| ANCHO ARCÉN (m) | 1,50 | | | | |
| ANCHO BERMA (m) | 0,50 | | | | |

| CAPA | BASE SUPERIOR (m) | BASE INFERIOR (m) | ESPESOR (m) | ÁREA (m) | TOTAL (m3/m) |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------|----------|--------------|
| HORMIGÓN FIRME | 10,00 | 10,00 | 0,23 | 2,30 | 2,30 |
| HORMIGÓN MAGRO | 10,40 | 10,40 | 0,15 | 1,56 | 1,56 |
| BERMA | 1,00 | 2,12 | 0,38 | 0,59 | 0,59 |