

ANEJO N°6

## Estudio de firmas

# Índice

|          |                                           |           |
|----------|-------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introducción</b>                       | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Consideraciones previas</b>            | <b>2</b>  |
| 2.1      | Categoría de tráfico pesado               | 2         |
| 2.2      | Categoría de explanada                    | 3         |
| 2.3      | Datos de tráfico                          | 3         |
| <b>3</b> | <b>Elección de la sección estructural</b> | <b>5</b>  |
| 3.1      | Determinación de la categoría de tráfico  | 5         |
| 3.1.1    | Tronco BI-2405 (Eje 14)                   | 5         |
| 3.1.2    | Resto de ejes                             | 5         |
| 3.2      | Tipo de explanada                         | 5         |
| 3.3      | Alternativas de sección de firme          | 6         |
| 3.3.1    | Tronco BI-2405 (Eje 14)                   | 6         |
| <b>4</b> | <b>Base de precios</b>                    | <b>9</b>  |
| <b>5</b> | <b>Análisis de la Explanada</b>           | <b>10</b> |
| <b>6</b> | <b>Comparativo de Secciones de Firme</b>  | <b>11</b> |
| <b>7</b> | <b>Conclusiones</b>                       | <b>14</b> |
| 7.1      | Sección de firmes en el Tronco (T2B)      | 14        |
| 7.2      | Sección de firmes en los ramales (T4A)    | 14        |
| 7.3      | Sección de firmes en estructuras          | 14        |
| 7.4      | Sección de firmes otros viales            | 14        |
| <b>8</b> | <b>Aprovechamiento de firmes</b>          | <b>15</b> |

# 1 Introducción

El objeto del presente anejo es el diseño de las secciones de firme a implantar en los distintos ejes de trazado que conforman el **“Proyecto de Construcción de rectificación de trazado de la carretera BI-2405 entre los PP.KK 56+570 y 59+840, Alto Milloi”**.

Para la definición de las secciones de firme se toman como referencia los datos de tráfico aportados en el Anejo nº3 (Estudio de Tráfico).

El dimensionamiento de los firmes se desarrolla atendiendo a los criterios establecidos al respecto en la “Norma para el Dimensionamiento de Firmes de la Red de Carreteras del País Vasco” (versión ampliada y revisada de Noviembre de 2012).

## 2 Consideraciones previas

### 2.1 Categoría de tráfico pesado

Para establecer la categoría de tráfico a utilizar en la determinación de las secciones de firme se emplea la siguiente normativa:

**Norma para el Dimensionamiento de Firmes de la red de Carreteras del País Vasco Noviembre 2012**

La sección estructural de firme de proyecto se dimensionará de acuerdo con el denominado tráfico de proyecto (TP) que se define como el **número acumulado de vehículos pesados que se prevé que circularán por el carril de proyecto durante el periodo de proyecto.**

Este parámetro se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$TP = IMD_p^{APS} \times 365 \times F \times \gamma_T$$

Siendo:

- $IMD_p^{APS}$ : IMD de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo.
- $F$ : Factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados durante el periodo de proyecto.  
Introduce en la estimación del tráfico el incremento de tráfico pesado que se espera que circule por la carretera durante el periodo de proyecto considerado. Depende de la tasa de crecimiento de este tipo de tráfico y del periodo de proyecto considerado; para una tasa de crecimiento constante, viene definido por la siguiente expresión:  $F = [(1 + r)^n - 1] / r$   
Donde:
  - $r$ : Tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados.  
Debe estimarse a partir de un estudio de tráfico específico. En ausencia de datos fiables podrá adoptarse una tasa constante del 4% para una IMD de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo de 1.600 ó superior, y del 2% en otro caso.
  - $n$ : Periodo de proyecto.
- $\gamma_T$ : Coeficiente de ponderación de las cargas del tráfico.  
Viene definido por la siguiente expresión:  $\gamma_T = \gamma_C \times \gamma_R \times \gamma_L$   
Donde:
  - $\gamma_C$ : Coeficiente de asignación del tráfico pesado al carril de proyecto.  
Este coeficiente se utiliza para asignar al carril de proyecto un porcentaje estimado del total de vehículos pesados. Salvo que se disponga de datos sobre asignación de tráfico pesado por carriles, el valor del coeficiente se obtendrá de la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Estimación del coeficiente  $\gamma_C$

| TIPO DE VÍA      | DESCRIPCIÓN             |                    | $\gamma_C$ |
|------------------|-------------------------|--------------------|------------|
| DE CALZADA ÚNICA | ANCHURA DE CALZADA      | $\geq 6$ m         | 0,50       |
|                  |                         | $\geq 5$ y $< 6$ m | 0,75       |
|                  |                         | $< 5$ m            | 1,00       |
| DE DOBLE CALZADA | CARRILES POR SENTIDO(*) | 2                  | 0,50       |
|                  |                         | 3 ó más            | 0,45       |

(\*) En la asignación de carriles por sentido no se tendrán en cuenta los carriles de aceleración o deceleración, ramales, etc.

- $\gamma_R$ : Coeficiente que tiene en cuenta la variabilidad en la estimación del tráfico de proyecto. Se utiliza para asumir en el dimensionamiento un nivel de riesgo en la estimación del tráfico de proyecto. El nivel de riesgo será función del tipo de red y de la intensidad de tráfico según se indica en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Estimación del coeficiente  $\gamma_R$

| TIPO DE RED  | IMD de la carretera en el año puesta en servicio | $\gamma_R$ |
|--------------|--------------------------------------------------|------------|
| PRINCIPAL(*) | $\geq 20.000$                                    | 1,4        |
|              | 10.000 – 20.000                                  | 1,3        |
|              | $< 10.000$                                       | 1,2        |
| RESTO        | $\geq 2.000$                                     | 1,1        |
|              | $< 2.000$                                        | 1,0        |

(\*) Compuesta por todas las carreteras de la red de interés preferente, la red básica y la red complementaria.

- $\gamma_L$ : Coeficiente que tiene en cuenta la influencia de la pendiente longitudinal del tramo objeto del proyecto. Se utiliza para tener en cuenta en el dimensionamiento la disminución de la rigidez que se produce en los materiales bituminosos en las zonas en rampa como consecuencia de la reducción de la velocidad de los vehículos pesados. Se adoptará un coeficiente de valor 1,3 únicamente en aquellos subtramos del proyecto en rampa cuya pendiente longitudinal sea superior al 5% y se mantenga en una longitud de al menos 500 m. En el resto de los casos se tomará 1,0.

La norma de dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco considera 10 categorías de tráfico pesado en función del parámetro TP (Tráfico de Proyecto) obtenido tras la aplicación de las anteriores fórmulas, en concreto:

Tabla 5.1. Categorías de Tráfico de Proyecto

| CATEGORÍA |     | TP (en millones) |
|-----------|-----|------------------|
| T00       |     | 43,8 – 87,6      |
| T0        |     | 21,9 – 43,8      |
| T1        | T1A | 15,3 – 21,9      |
|           | T1B | 8,8 – 15,3       |
| T2        | T2A | 4,4 – 8,8        |
|           | T2B | 2,2 – 4,4        |
| T3        | T3A | 1,1 – 2,2        |
|           | T3B | 0,55 – 1,1       |
| T4        | T4A | 0,27 – 0,55      |
|           | T4B | < 0,27           |

2.2 Categoría de explanada

La Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco considera para el dimensionamiento del firme tres categorías de explanada posibles, caracterizadas por su módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga ( $E_{v2}$ ), obtenido de acuerdo con la NLT-357 “ensayo de carga con placa”, cuyos valores se indican en el cuadro siguiente:

Tabla 6.4. Capacidad de soporte mínima del plano de explanada

| CATEGORÍA DE EXPLANADA MEJORADA | $E_{v2}$ SEGÚN NORMA NLT-357/98 | K ( $E_{v2}/E_{v1}$ ) SEGÚN NORMA NLT-357/98 |                               |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|
|                                 |                                 | Densidad exigida $\geq 103\%$ PM             | Densidad exigida $< 103\%$ PM |
| EX1                             | $\geq 120$ MPa                  | $\leq 2,2$                                   | $\leq 2,5$                    |
| EX2                             | $\geq 200$ MPa                  |                                              |                               |
| EX3                             | $\geq 300$ MPa                  |                                              |                               |

La categoría mínima necesaria es función del Tráfico de Proyecto obtenido, tal y como se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 6.1. Categoría necesaria de Explanada Mejorada

| TRÁFICO DE PROYECTO | CATEGORÍA DE EXPLANADA MEJORADA |
|---------------------|---------------------------------|
| T2A ó superior      | EX2 ó EX3                       |
| T2B ó inferior      | EX1 , EX2 ó EX3                 |

2.3 Datos de tráfico

En el tramo de la BI-2405 objeto de estudio hay una estación de aforos de tráfico situada en el alto de Milloi: la estación 148B.

De acuerdo con los datos históricos de aforos de la Diputación, la evolución del tráfico en los últimos años para la estación 148B ha sido la siguiente:

| Estación 148B |       |           |      |
|---------------|-------|-----------|------|
| AÑO           | IMD   | % PESADOS | IMDp |
| 2.003         | 3.792 | 6         | 228  |
| 2.004         | 3.984 | 6         | 239  |
| 2.005         | 4.052 | 6         | 243  |
| 2.006         | 3.996 | 6         | 240  |
| 2.007         | 4.071 | 6         | 244  |
| 2.008         | 3.991 | 6         | 239  |
| 2.009         | 3.922 | 6         | 235  |
| 2.010         | 3.760 | 6         | 226  |
| 2.011         | 3.649 | 6         | 219  |
| 2.012         | 3.613 | 6         | 217  |
| 2.013         | 3.512 | 9,4       | 330  |
| 2.014         | 3.548 | 9,6       | 341  |
| 2.015         | 3.690 | 9,4       | 347  |
| 2.016         | 3.932 | 9,7       | 381  |
| 2.017         | 4.238 | 9,2       | 390  |
| 2.018         | 4.078 | 9,7       | 396  |
| 2.019         | 3.978 | 10        | 398  |
| 2.020         | 3.191 | 10,9      | 348  |

Teniendo en cuenta la demostrada similitud en cuanto a tendencia del comportamiento del tráfico en esta estación con respecto al PIB, se han tomado en consideración las previsiones de evolución a futuro de dicha variable a la hora de estimar los crecimientos del tráfico.

Dichas previsiones apuntan hacia una cierta desaceleración en el crecimiento para el futuro, con valores en torno al 2-2,5 % anual en los años más próximos y algo inferiores a más largo plazo.

Por lo tanto, para este tramo se proponen los siguientes factores de crecimiento del tráfico:

- Período desde 2.019 hasta año de puesta en servicio de la actuación objeto del planeamiento (estimado 2.024): crecimiento similar al previsto para el PIB, es decir 2,5% anual
- Período desde el 2.024 hasta el año 2.034: crecimiento del 1,5% anual
- Período entre el 2.034 y 2.044 (año horizonte): crecimiento del 1% anual

Así pues, los tráfico futuros (IMD) serían:

- Año 2.024: 4.501
- Año 2.034: 5.224
- Año 2.044: 5.771

A la vista de los porcentajes de pesados aforados a lo largo de la serie histórica, cabe deducir en primer lugar que los datos correspondientes a la primera parte de la serie, hasta el año 2.013, no resultan muy fiables, siendo probablemente estimados a partir de los datos de otra estación asociada, ya que en esa estación se da el mismo valor para todos los años, el cual se mantiene constante (6 % para la estación 148B).

A partir del año 2.013 el valor del porcentaje de pesados aumenta significativamente, con valores en torno al 10 % en todo el período comprendido entre el 2.013 y el 2.019.

Por lo tanto, se propone considerar para los cálculos del nivel de servicio y el dimensionamiento del paquete de firmes un valor del 10% para el porcentaje de pesado.

Debido a la excepcionalidad de los hechos acontecidos este último año 2.020 producidos por la pandemia mundial del Covid-19, no se consideran representativos los datos del 2.020 por lo que se ha partido de los datos del 2.019 para el cálculo de la IMDp.

Así pues, la IMDp para el año de puesta en servicio (2.024) sería 450, mientras que para el año horizonte (2.044) sería de 577 vehículos.

### 3 Elección de la sección estructural

#### 3.1 Determinación de la categoría de tráfico

Como se ha comentado en el punto anterior, el Tráfico de Proyecto viene determinado por la expresión:

$$TP=IMDp^{APS}\times 365\times F\times \gamma_T$$

A continuación se procede a obtener, el valor de Tráfico de Proyecto (TP) como la categoría de tráfico asociada al mismo del eje principal definido en el proyecto, esto es el tronco de la BI-2405.

##### 3.1.1 Tronco BI-2405 (Eje 14)

El Tráfico de Proyecto (TP) adoptado para el dimensionamiento estructural del firme del nuevo tronco de la BI-2405 (Eje 14) es el siguiente:

Donde,

- $IMDp^{APS}$ : Intensidad Media Diaria de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo: 392veh.  
F: Factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados durante el periodo de proyecto. En base a los datos de aforo de este tramo de la BI-2405, en el citado Anejo nº3 se ha estimado una Tasa anual de crecimiento (r) del 2,5% hasta el año de puesta en servicio, por lo que en este estudio se adopta un valor de  $F = [(1 + 0,025)^{20} - 1] / 0,025 \sim 25$ .
- $\gamma_T$  Coeficiente de ponderación de las cargas de tráfico se obtiene según la expresión:  
$$\gamma_T = \gamma_c \cdot \gamma_r \cdot \gamma_l$$
  
Siendo,
  - $\gamma_c$  Coeficiente de asignación del tráfico pesado al carril de proyecto, tratándose de una vía de calzada única con una anchura de calzada superior a 6m,  $\gamma_c = 0,5$ .
  - $\gamma_r$  Coeficiente que tiene en cuenta la variabilidad en la estimación del tráfico de proyecto. No siendo una vía principal con una IMD de la carretera en el año de puesta en servicio superior a 2000, de acuerdo con la Tabla 5.3. de la Norma para el Dimensionado de Firmes del País Vasco del año 2012  $\gamma_r = 1,1$ .
  - $\gamma_l$  Coeficiente que tiene en cuenta la influencia de la pendiente longitudinal del tramo objeto del proyecto.  $\gamma_l = 1,3$ .

En consecuencia, el tráfico de proyecto a utilizar en la determinación de la categoría de tráfico para esta carretera es:

$$TP = 250 \times 365 \times 25 \times 0,715 = 2.935.969.$$

Por lo que, atendiendo a este valor, se adoptará una sección de firme correspondiente a una categoría de tráfico **T2B**.

##### 3.1.2 Resto de ejes

Para los ramales de acceso a la rotonda en el Alto de Milloi se adopta una categoría de tráfico T4A (3 categorías de tráfico menos que la definida para la vía principal).

#### 3.2 Tipo de explanada

Como se ha visto anteriormente, la Norma para el Dimensionamiento de Firmes de la Red de Carreteras del País Vasco considera tres categorías de explanada mejorada en función de su capacidad de soporte, siendo la categoría mínima necesaria función del Tráfico de Proyecto obtenido tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6.1. Categoría necesaria de Explanada Mejorada

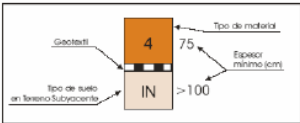
| TRÁFICO DE PROYECTO | CATEGORÍA DE EXPLANADA MEJORADA |
|---------------------|---------------------------------|
| T2A ó superior      | EX2 ó EX3                       |
| T2B ó inferior      | EX1 , EX2 ó EX3                 |

Aunque para una categoría de tráfico T2B o inferior, como es el caso, dicha Norma contempla los tres tipos de explanada, en el análisis que a continuación se desarrolla se tendrán en cuenta sólo las categorías EX2 por los siguientes motivos:

- Son los tipos de explanada más habituales en las obras actuales del territorio vasco.
- Desde un punto de vista económico, una explanada EX1 requeriría un mayor espesor de capas bituminosas cuyo precio actual es considerablemente elevado.
- En las zonas de ensanches de calzada se recomienda que la Explanada Mejorada sea de la mayor categoría posible al objeto de reducir el riesgo de deformaciones diferenciales entre la parte ya consolidada y la nueva parte ensanchada.
- Debido al clima en Euskadi se recomienda preferiblemente no hacer uso de suelos estabilizados dado el hinchamiento libre al que podría ser sometido por la humedad. Además su uso no es habitual en el entorno. Es por este motivo que no se ha tenido la explanada EX3.

En la figura 6.2 se definen las soluciones posibles de Explanada Mejorada en función de su categoría y del tipo de Terreno Subyacente, mientras que en la Tabla 6.2 se especifican los materiales empleados en dichas soluciones.

| T.S. | INADECUADO IN                                                                                                                          | TOLERABLE 0                                                                                                                                                            | ADECUADO 1                                               | SELECCIONADO                                                        | ROCA                                                            |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| EX2  | <div>4 100 4 50</div> <div>S-EST1 20</div> <div>IN &gt;100 IN &gt;100</div> <div>3 75</div> <div>S-EST1 20</div> <div>IN &gt;100</div> | <div>4 80 3 100 3 50</div> <div>S-EST1 20</div> <div>0 &gt;100 0 &gt;100 0 &gt;100</div> <div>4 40 S-EST2 30</div> <div>S-EST1 20</div> <div>0 &gt;100 0 &gt;100</div> | <div>3 ó 4 50</div> <div>1 &gt;100</div>                 | <div>3 ó 4 30</div> <div>2 &gt;100</div>                            | <div>3 ó 4 20<sup>(1)</sup></div> <div>HM-20</div> <div>R</div> |
| EX3  | <div>S-EST3 25</div> <div>S-EST3 25</div> <div>S-EST1 25</div> <div>IN &gt;100</div>                                                   | <div>S-EST3 20</div> <div>S-EST3 20</div> <div>S-EST1 20</div> <div>0 &gt;100</div>                                                                                    | <div>4 70 S-EST3 25</div> <div>1 &gt;100 1 &gt;100</div> | <div>S-EST3 22</div> <div>4 50</div> <div>2 &gt;100 2 &gt;100</div> | <div>4 20<sup>(1)</sup></div> <div>HM-20</div> <div>R</div>     |



(1) Previa autorización de la Dirección de la Obra se podría evitar la colocación de esta capa con un refino adecuado del fondo de desmonte.

Figura 6.2 Catálogo de Secciones de Explanada Mejorada

Tabla 6.2. Materiales para la Explanada Mejorada

| SÍMBOLO | MATERIAL                                              | CARACTERÍSTICAS                            | PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS                                                                                                               |
|---------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3       | Suelo Seleccionado Tipo 3                             | Según prescripciones del art. 330 del PG-3 | CBR <sup>(**)</sup> ≥ 20                                                                                                                     |
| 4       | Suelo Seleccionado Tipo 4                             |                                            | CBR <sup>(**)</sup> ≥ 40<br>IP < 6 y LL < 25                                                                                                 |
| S-EST1  | Suelo Estabilizado In Situ Tipo S-EST1                | Según prescripciones del art. 512 del PG-3 | El conglomerante se podrá introducir en forma de polvo o en lechada, reduciéndose en este último caso el contenido mínimo en un 0,5% en peso |
| S-EST2  | Suelo Estabilizado In Situ Tipo S-EST2                |                                            |                                                                                                                                              |
| S-EST3  | Suelo Estabilizado In Situ Tipo S-EST3 <sup>(*)</sup> |                                            |                                                                                                                                              |
| GTX     | Geotextil                                             | Según prescripciones del art. 422 del PG-3 | —                                                                                                                                            |

(\*) Si sobre un suelo estabilizado tipo S-EST3 se coloca una capa granular permeable se debe estudiar especialmente el drenaje del agua infiltrada a través del firme.

(\*\*) A efectos de determinación del CBR de los suelos para la Explanada Mejorada. Se compactarán las probetas con el 98% de la densidad Proctor Modificado.

Según se define en el Anejo nº3 (Geología, Geotecnia y Estudio de Materiales) el terreno subyacente se puede asimilar a un suelo tolerable o roca, según tramos.

En consecuencia, para obtener una categoría de explanada tipo EX2 será necesario:

- La extensión de 80 cm de suelo seleccionado tipo 4 y un geotextil en el caso de del suelo tolerable (excavación de los desmontes y cuando se apoye sobre los rellenos de la BI-2405 existente).
- La extensión de 20 cm de suelo seleccionado tipo 3 o 4, previa regularización superficial con hormigón en masa si procede, en el caso de que el apoyo se produzca sobre roca.

### 3.3 Alternativas de sección de firme

#### 3.3.1 Tronco BI-2405 (Eje 14)

Para la elección de la sección de firme se adopta el Catálogo de Secciones recogido en el capítulo 9 de la Norma de Firmes del País Vasco. En concreto, habiendo previamente descartado el tipo de explanada EX1 y EX3, las alternativas planteadas para una categoría de tráfico T2B son las siguientes:

##### Secciones tipo 1

Consistentes en firmes flexibles o semiflexibles constituidos por mezclas bituminosas sobre materiales granulares y, dentro de éstas, las tipo 1.1 donde las mezclas bituminosas se apoyan sobre capas granulares de zahorra artificial.

##### Secciones tipo 1.1

|    |     | EX1                                                                | EX2                                                                | EX3 <sup>(*)</sup>                                                 |
|----|-----|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| T2 | T2A | —                                                                  | <div>24 MEZCLAS BITUMINOSAS</div> <div>25 ZAHORRA ARTIFICIAL</div> | <div>19 MEZCLAS BITUMINOSAS</div> <div>25 ZAHORRA ARTIFICIAL</div> |
|    | T2B | <div>20 MEZCLAS BITUMINOSAS</div> <div>35 ZAHORRA ARTIFICIAL</div> | <div>20 MEZCLAS BITUMINOSAS</div> <div>25 ZAHORRA ARTIFICIAL</div> | <div>16 MEZCLAS BITUMINOSAS</div> <div>25 ZAHORRA ARTIFICIAL</div> |

(\*) Sólo secciones de Explanada Mejorada con coronación de suelo seleccionado tipo 4.

Nota: Espesores en cm

Así pues, en este primer caso, para una categoría de tráfico T2B y una explanada mejorada EX2 la sección de firme estará compuesta por **20 cm de mezcla bituminosa sobre 25 cm de zahorra artificial**.

##### Secciones tipo 2

Consistentes en firmes semirígidos constituidas por mezclas bituminosas apoyadas sobre capas de materiales tratados con cemento y, dentro de éstas, podrá optar por las tipo 2.1, en las que las mezclas bituminosas se apoyan sobre una base de suelocemento, o las tipo 2.2, donde las mezclas bituminosas se apoyan sobre una base de gravacemento y una subbase de suelocemento.

##### Secciones tipo 2.1

|    |     | EX1                                                        | EX2                                                        | EX3                                                        |
|----|-----|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| T2 | T2A | —                                                          | <div>21 MEZCLA BITUMINOSA</div> <div>25 SUELOCEMENTO</div> | <div>16 MEZCLA BITUMINOSA</div> <div>25 SUELOCEMENTO</div> |
|    | T2B | <div>23 MEZCLA BITUMINOSA</div> <div>25 SUELOCEMENTO</div> | <div>20 MEZCLA BITUMINOSA</div> <div>25 SUELOCEMENTO</div> | <div>15 MEZCLA BITUMINOSA</div> <div>25 SUELOCEMENTO</div> |

Nota: Espesores en cm

En este segundo caso, para una categoría de tráfico T2B y una explanada mejorada EX2, la sección de firme estará compuesta por **20 cm de mezcla bituminosa sobre 25 cm de suelocemento**.

Secciones tipo 2.2



Nota: Espesores en cm

En este caso, para una categoría de tráfico T2B y una explanada mejorada EX2, la sección de firme estará compuesta por **15 cm de mezcla bituminosa sobre 20 cm de gravacemento y 20 cm de suelocemento**.

Para definir las capas de mezclas bituminosas a adoptar en la sección se recurre a las tablas 7.1 y 7.2 de dicha Norma de Firmes del País Vasco, donde para una categoría de tráfico T2B, velocidad de proyecto menor de 90 km/h e inclinación superior a 5% se contemplan las siguientes opciones:

ESPECIALMENTE RECOMENDABLE. UTILIZABLE

Tabla 7.1. Utilización de mezclas bituminosas en la capa rodadura

| Inclinación (%) | Categoría de tráfico pesado | Espesor (cm) y tipo de mezcla bituminosa en capa de rodadura |                 |                   |                 |                           |                            |                            |        |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--------|
|                 |                             | AC D                                                         | AC S            | PA <sup>(1)</sup> | BBTM A          | BBTM B                    | MAF                        | TS                         | MICROF |
| ≥5              | T00 - T2A                   |                                                              | 6 (AC22 surf S) | 4 (PA 11)         | 3 (BBTM 11/8 A) | 3 (BBTM 11/8 B)           |                            |                            |        |
|                 | 5 (AC16 surf S)             |                                                              |                 |                   |                 |                           |                            |                            |        |
|                 | 4 - 5 (AC16 surf S)         |                                                              |                 |                   |                 |                           |                            |                            |        |
|                 |                             |                                                              |                 |                   |                 |                           |                            |                            |        |
|                 |                             |                                                              |                 |                   |                 |                           |                            |                            |        |
| T4B             | 4 - 5 (AC16 surf D)         | 4 - 5 (AC16 surf S)                                          |                 |                   |                 | 4-5 <sup>(1)</sup> (AF12) | (DTS o TTS) <sup>(3)</sup> | ( MICROF 8) <sup>(2)</sup> |        |

Tabla 7.2. Utilización de mezclas bituminosas en las capas inferiores

| Capa                      | Tipo mezcla en capa superior | Categoría de tráfico pesado | Espesor (cm) y tipo de mezcla bituminosa    |                                          |                                             |                         |              |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|--------------|
|                           |                              |                             | AC S                                        | AC D                                     | AC G                                        | AC MAM                  | GE           |
| Intermedia <sup>(1)</sup> | AC S ó D                     | T00 - T3A                   | 6 - 9 (AC22 bin S)                          |                                          |                                             | 7 - 9 (AC bin 22 MAM)   |              |
|                           |                              | T3B                         | 5 (AC 16 bin S) ó 6 - 9 (AC22 bin S)        | 5 (AC 16 bin D) ó 6 - 9 (AC22 bin D)     |                                             |                         |              |
|                           |                              | T4                          | 4 - 5 (AC 16 bin S) ó 6 - 9 (AC22 bin S)    | 4 - 5 (AC 16 bin D) ó 6 - 9 (AC22 bin D) |                                             |                         |              |
|                           | PA ó BBTM A ó B              | T00 - T3A                   | 7 - 9 (AC22 bin S)                          | 6 - 9 (AC22 bin D)                       |                                             | 7 - 9 (AC bin 22 MAM)   |              |
|                           |                              | T3B - T4B                   | 6 - 9 (AC22 bin S)                          | 6 - 9 (AC22 bin D)                       |                                             |                         |              |
|                           | MAF, TS ó MICROF             | T3B - T4B                   | 5 (AC 16 bin S) ó 6 - 9 (AC22 bin S)        | 5 (AC 16 bin D) ó 6 - 9 (AC22 bin D)     |                                             |                         | 5-9 (GEA 1)  |
| Base <sup>(2)</sup>       | AC S ó D                     | T00 - T3A                   | 7 - 9 (AC 22 base S) ó 8 - 15 (AC32 base S) |                                          | 7 - 9 (AC 22 base G) ó 8 - 15 (AC32 base G) | 7 - 13 (AC base 22 MAM) |              |
|                           |                              | T3B - T4                    | 6 - 9 (AC 22 base S) ó 8 - 15 (AC32 base S) |                                          | 6 - 9 (AC 22 base G) ó 8 - 15 (AC32 base G) |                         |              |
|                           | AC MAM                       | T00 - T3A                   |                                             |                                          |                                             | 7 - 13 (AC base 22 MAM) |              |
|                           | GE                           | T3B - T4                    |                                             |                                          |                                             |                         | 5-12 (GEA 1) |

Para cada una de estas secciones analizaremos dos posibilidades en lo que a paquete de mezclas bituminosas se refiere, una con BBTM 11 A (antes F-10) y otra con AC16 surf S (antes S-12).

A continuación se adjuntan las tablas comparativas de las dos secciones resultantes de aplicar lo descrito en el presente apartado.

En explanadas mejoradas EX2

- Sección tipo 1.1

| TIPOS DE SECCIÓN PARA TRÁFICO T2B SOBRE EXPLANADA EX2 |    |    |                                      |    |    |
|-------------------------------------------------------|----|----|--------------------------------------|----|----|
| Sección Tipo 1.1                                      |    |    | Sección Tipo 1.1                     |    |    |
| Capa de rodadura BBTM 8/11-A                          | 3  | cm | Capa Rodadura AC 16 surf S           | 5  | cm |
| Riego de adherencia (termoadherente)                  |    |    | Riego de adherencia (termoadherente) |    |    |
| Capa Intermedia AC 22 bin D                           | 8  | cm | Capa Intermedia AC 22 bin S          | 6  | cm |
| Riego de adherencia (termoadherente)                  |    |    | Riego de adherencia (termoadherente) |    |    |
| Capa Base AC 22 base S                                | 9  | cm | Capa Base AC 22 base S               | 9  | cm |
| Riego imprimación                                     |    |    | Riego de imprimación                 |    |    |
| ZAHORRA ARTIFICIAL                                    | 25 | cm | ZAHORRA ARTIFICIAL                   | 25 | cm |
| EXPLANADA EX2                                         |    |    | EXPLANADA EX2                        |    |    |

- Sección tipo 2.1

| TIPOS DE SECCIÓN PARA TRÁFICO T2B SOBRE EXPLANADA EX2 |    |    |                                      |    |    |
|-------------------------------------------------------|----|----|--------------------------------------|----|----|
| Sección Tipo 2.1                                      |    |    | Sección Tipo 2.1                     |    |    |
| Capa de rodadura BBTM 8/11-A                          | 3  | cm | Capa Rodadura AC 16 surf S           | 5  | cm |
| Riego de adherencia (termoadherente)                  |    |    | Riego de adherencia (termoadherente) |    |    |
| Capa Intermedia AC 22 bin D                           | 8  | cm | Capa Intermedia AC 22 bin S          | 7  | cm |
| Riego de adherencia (termoadherente)                  |    |    | Riego de adherencia (termoadherente) |    |    |
| Capa Base AC 22 base S                                | 9  | cm | Capa Base AC 22 base S               | 8  | cm |
| Riego adherencia                                      |    |    | Riego adherencia                     |    |    |
| Riego Curado                                          |    |    | Riego Curado                         |    |    |
| SUELOCEMENTO                                          | 25 | cm | SUELOCEMENTO                         | 25 | cm |
| EXPLANADA EX2                                         |    |    | EXPLANADA EX2                        |    |    |

- Sección tipo 2.2

| Sección Tipo 2.2 (Requiere 2cm más de grosor de mezclas bituminosas por parámetros de normativa) |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| Capa Rodadura AC16 surf S                                                                        | 5  | cm |
| Riego de adherencia                                                                              |    |    |
| Capa Base AC 32 base S                                                                           | 10 | cm |
| Riego de adherencia                                                                              |    |    |
| Riego de curado                                                                                  |    |    |
| GRAVACEMENTO                                                                                     | 20 | cm |
| Riego de curado                                                                                  |    |    |
| SUELOCEMENTO                                                                                     | 20 | cm |
| EXPLANADA EX2                                                                                    |    |    |

## 4 Base de precios

Para realizar el análisis comparativo de ambas secciones se propone adoptar los siguientes precios de referencia:

| UNIDAD                                                 | PRECIO |      |
|--------------------------------------------------------|--------|------|
| Excavación desde rasante                               | 4,85   | €/m³ |
| Incr. de relleno hasta rasante                         | 8,45   | €/m³ |
| Betún B60/70 en mezclas bituminosas en caliente        | 729,32 | €/T  |
| Betún modificado                                       | 814,55 | €/T  |
| Filler de aportación con cemento III-1/35/MRSR         | 134,41 | €/T  |
| Mezcla Bituminosa BBTM 11A (F-10) árido ofítico        | 52,96  | €/T  |
| Mezcla Bituminosa BBTM 11A (F-10) árido siderúrgico    | 58,03  | €/T  |
| Mezcla Bituminosa AC 16 surf S (S-12) árido ofítico    | 65,33  | €/T  |
| Mecla bituminosa AC 16 Sur S (S-12) árido siderúrgico  | 56,12  | €/T  |
| Mezcla Bituminosa AC 22 bin S (S-20) árido ofítico     | 51,22  | €/T  |
| Mezcla bituminosa AC 22 base/bin D (D-20) árido calizo | 45,25  | €/T  |
| Mezcla Bituminosa AC 22 base S árido calizo            | 45,63  | €/T  |
| Mezcla Bituminosa AC 32 base/bin S (S-25) árido calizo | 47,00  | €/T  |
| Mezcla bituminosa AC 32 base G (G-25) árido calizo     | 47,54  | €/T  |
| Zahorra artificial                                     | 27,05  | €/m³ |
| Suelocemento                                           | 35,63  | €/m³ |
| Gravacemento                                           | 62,17  | €/m³ |
| Riego de adherencia                                    | 755,60 | €/T  |
| Riego de adherencia modificado                         | 766,44 | €/T  |
| Riego de imprimación                                   | 646,46 | €/T  |
| Riego de curado                                        | 753,88 | €/T  |
| Suelo seleccionado tipo 4                              | 23,02  | €/m³ |
| Suelo seleccionado tipo 3                              | 23,02  | €/m³ |
| Geotextil                                              | 2,42   | €/m³ |

# 5 Análisis de la Explanada

Tal y como se ha mencionado anteriormente aunque la explanada Ex2 incluye más alternativas que las mostradas a continuación, se ha optado por realizar la comparativa de la sección de firme sin las capas de suelos estabilizados.

Es por ello que las explanadas a contemplar son las siguientes:

## EXPLANADA MEJORADA EX2

### Sobre Suelo Tolerable

| OPCIÓN A                                 | Medición (cm) | Precio | Coste  |
|------------------------------------------|---------------|--------|--------|
| Suelo seleccionado tipo 4                | 80            | 23,02  | 18,416 |
| Geotextil                                | 1             | 2,42   | 2,420  |
| Coste Total por m² de explanada mejorada |               |        | 20,836 |

| OPCIÓN B                                 | Medición (cm) | Precio | Coste  |
|------------------------------------------|---------------|--------|--------|
| Suelo seleccionado tipo 3                | 100           | 23,02  | 23,020 |
| Geotextil                                | 1             | 2,42   | 2,420  |
| Coste Total por m² de explanada mejorada |               |        | 25,44  |

### Sobre Roca

| OPCIÓN                                   | Medición (cm) | Precio | Coste |
|------------------------------------------|---------------|--------|-------|
| Suelo seleccionado tipo 3 o 4            | 20            | 23,02  | 4,604 |
| Coste Total por m² de explanada mejorada |               |        | 4,604 |

6 Comparativo de Secciones de Firme

| Sección 1.1. sobre explanada E-2                                              |               |               |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
| SECCIÓN TIPO 1.1 EX2 (Z.A.)                                                   |               |               |                    |
| En terraplén                                                                  | Medición (cm) | Precio (€/m³) | Coste              |
| Sobre relleno de 10 cm de diferencia entre paquetes de firmes                 | 10            | 8,45          | 0,85               |
| Mezcla bituminosa BBTM 11A (F-10) rodadura                                    | 3             | 2,016         | 6,05               |
| Riego de Adherencia Termoadherente (modif)                                    | 1             | 0,766         | 0,77               |
| Mezcla bituminosa AC 22 bin (D-20) intermedia                                 | 8             | 1,756         | 14,05              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 base (S-25) base                                      | 9             | 1,694         | 15,25              |
| Riego de Imprimación                                                          | 1             | 0,646         | 0,65               |
| Zahorra Artificial                                                            | 25            | 27,05         | 6,76               |
| Coste Total por m²de afirmado                                                 |               |               | 45,14              |
| SECCIÓN TIPO 1.1 EX2 (Z.A.)                                                   |               |               |                    |
| En desmonte                                                                   | Medición (cm) | Precio (€/m³) | Coste              |
| Sobre excavación desde rasante de 5 cm de diferencia entre paquetes de firmes | 5             | 4,85          | 0,24               |
| Mezcla bituminosa BBTM 11A (F-10) rodadura                                    | 3             | 2,016         | 6,05               |
| Riego de Adherencia Termoadherente (modif)                                    | 1             | 0,766         | 0,77               |
| Mezcla bituminosa AC 22 bin (D-20) intermedia                                 | 8             | 1,756         | 14,05              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 base (S-25) base                                      | 9             | 1,694         | 15,25              |
| Riego de Imprimación                                                          | 1             | 0,646         | 0,65               |
| Zahorra Artificial                                                            | 25            | 27,05         | 6,76               |
| Coste Total por m²de afirmado                                                 |               |               | 44,53              |
| Coste Promedio Alternativa                                                    |               |               | 44,84              |
| EXPLANADA                                                                     |               |               | Coste por m²       |
| Sobre suelo tolerable                                                         |               |               | 20,836             |
| Sobre roca                                                                    |               |               | 4,604              |
| COSTE TOTAL FIRME+EXPLANADA                                                   |               |               | Coste Total por m² |
| Sobre suelo tolerable                                                         |               |               | 65,366             |
| Sobre roca                                                                    |               |               | 49,444             |

| Sección 1.1. sobre explanada E-2                                              |               |               |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
| SECCIÓN TIPO 1.1 EX2 (Z.A.)                                                   |               |               |                    |
| En terraplén                                                                  | Medición (cm) | Precio (€/m³) | Coste              |
| Sobre relleno de 10 cm de diferencia entre paquetes de firmes                 | 10            | 8,45          | 0,85               |
| Mezcla bituminosa AC 16 surf S (S-12) rodadura                                | 5             | 2,255         | 11,28              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 bin (S-20) intermedia                                 | 6             | 1,875         | 11,25              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 base (S-25) base                                      | 9             | 1,694         | 15,25              |
| Riego de Imprimación                                                          | 1             | 0,646         | 0,65               |
| Zahorra Artificial                                                            | 25            | 27,05         | 6,76               |
| Coste Total por m²de afirmado                                                 |               |               | 47,56              |
| SECCIÓN TIPO 1.1 EX2 (Z.A.)                                                   |               |               |                    |
| En desmonte                                                                   | Medición (cm) | Precio (€/m³) | Coste              |
| Sobre excavación desde rasante de 5 cm de diferencia entre paquetes de firmes | 5             | 4,85          | 0,24               |
| Mezcla bituminosa AC 16 surf S (S-12) rodadura                                | 5             | 2,255         | 11,28              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 bin (S-20) intermedia                                 | 6             | 1,875         | 11,25              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 base (S-25) base                                      | 9             | 1,694         | 15,25              |
| Riego de Imprimación                                                          | 1             | 0,646         | 0,65               |
| Zahorra Artificial                                                            | 25            | 27,05         | 6,76               |
| Coste Total por m²de afirmado                                                 |               |               | 46,69              |
| Coste Promedio Alternativa                                                    |               |               | 46,95              |
| EXPLANADA                                                                     |               |               | Coste por m²       |
| Sobre suelo tolerable                                                         |               |               | 20,836             |
| Sobre roca                                                                    |               |               | 4,604              |
| COSTE TOTAL FIRME+EXPLANADA                                                   |               |               | Coste Total por m² |
| Sobre suelo tolerable                                                         |               |               | 67,786             |
| Sobre roca                                                                    |               |               | 51,554             |

| Sección 2.1. sobre explanada E-2                                              |               |               |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
| SECCIÓN TIPO 2.1 EX2 (S.C.)                                                   |               |               |                    |
| En terraplén                                                                  | Medición (cm) | Precio (€/m³) | Coste              |
| Sobre relleno de 10 cm de diferencia entre paquetes de firmes                 | 10            | 8,45          | 0,85               |
| Mezcla bituminosa BBTM 11A (F-10) rodadura                                    | 3             | 2,016         | 6,05               |
| Riego de Adherencia Termoadherente (modif)                                    | 1             | 0,766         | 0,77               |
| Mezcla bituminosa AC 22 bin (D-20) intermedia                                 | 8             | 1,756         | 14,05              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 base (S-20) base                                      | 9             | 1,694         | 15,25              |
| Riego de Adherencia                                                           | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Riego de Curado                                                               | 1             | 0,646         | 0,65               |
| Suelocemento                                                                  | 25            | 35,63         | 8,91               |
| Coste Total por m² de afirmado                                                |               |               | 48,05              |
| SECCIÓN TIPO 2.1 EX2 (S.C.)                                                   |               |               |                    |
| En desmonte                                                                   | Medición (cm) | Precio (€/m³) | Coste              |
| Sobre excavación desde rasante de 5 cm de diferencia entre paquetes de firmes | 5             | 4,85          | 0,24               |
| Mezcla bituminosa BBTM 11A (F-10) rodadura                                    | 3             | 2,016         | 6,05               |
| Riego de Adherencia Termoadherente (modif)                                    | 1             | 0,766         | 0,77               |
| Mezcla bituminosa AC 22 bin (D-20) intermedia                                 | 8             | 1,756         | 14,05              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 base (S-20) base                                      | 9             | 1,694         | 15,25              |
| Riego de Adherencia                                                           | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Riego de Curado                                                               | 1             | 0,646         | 0,65               |
| Suelocemento                                                                  | 25            | 35,63         | 8,91               |
| Coste Total por m² de afirmado                                                |               |               | 47,44              |
| Coste Promedio Alternativa                                                    |               |               | 47,75              |
| EXPLANADA                                                                     |               |               | Coste por m²       |
| Sobre suelo tolerable                                                         |               |               | 20,836             |
| Sobre roca                                                                    |               |               | 4,604              |
| COSTE TOTAL FIRME+EXPLANADA                                                   |               |               | Coste Total por m² |
| Sobre suelo tolerable                                                         |               |               | 68,586             |
| Sobre roca                                                                    |               |               | 52,354             |

| Sección 2.1. sobre explanada E-2                                              |               |               |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
| SECCIÓN TIPO 2.1 EX2 (S.C.)                                                   |               |               |                    |
| En terraplén                                                                  | Medición (cm) | Precio (€/m³) | Coste              |
| Sobre relleno de 10 cm de diferencia entre paquetes de firmes                 | 10            | 8,45          | 0,85               |
| Mezcla bituminosa AC 16 surf S (S-12) rodadura                                | 5             | 2,255         | 11,28              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 bin (S-20) intermedia                                 | 6             | 1,875         | 11,25              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 base (S-25) base                                      | 9             | 1,694         | 15,25              |
| Riego de Adherencia                                                           | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Riego de Curado                                                               | 1             | 0,646         | 0,65               |
| Suelocemento                                                                  | 25            | 35,63         | 8,91               |
| Coste Total por m² de afirmado                                                |               |               | 50,47              |
| SECCIÓN TIPO 2.1 EX2 (S.C.)                                                   |               |               |                    |
| En desmonte                                                                   | Medición (cm) | Precio (€/m³) | Coste              |
| Sobre excavación desde rasante de 5 cm de diferencia entre paquetes de firmes | 5             | 4,85          | 0,25               |
| Mezcla bituminosa AC 16 surf S (S-12) rodadura                                | 5             | 2,255         | 11,28              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 bin (S-20) intermedia                                 | 6             | 1,875         | 11,25              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 22 base (S-25) base                                      | 9             | 1,694         | 15,25              |
| Riego de Adherencia                                                           | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Riego de Curado                                                               | 1             | 0,646         | 0,65               |
| Suelocemento                                                                  | 25            | 35,63         | 8,91               |
| Coste Total por m² de afirmado                                                |               |               | 49,87              |
| Coste Promedio Alternativa                                                    |               |               | 50,17              |
| EXPLANADA                                                                     |               |               | Coste por m²       |
| Sobre suelo tolerable                                                         |               |               | 20,836             |
| Sobre roca                                                                    |               |               | 4,604              |
| COSTE TOTAL FIRME+EXPLANADA                                                   |               |               | Coste Total por m² |
| Sobre suelo tolerable                                                         |               |               | 71,006             |
| Sobre roca                                                                    |               |               | 54,774             |

| Sección 2.2. sobre explanada E-2                                               |               |               |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
| SECCIÓN TIPO 2.2 EX2 (S.C.)                                                    |               |               |                    |
| En terraplén                                                                   | Medición (cm) | Precio (€/m³) | Coste              |
| Mezcla bituminosa AC 16 surf S (S-12) rodadura                                 | 5             | 2,255         | 11,28              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                             | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 32 base (S-20) base                                       | 10            | 1,726         | 17,26              |
| Riego de Adherencia                                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Riego de Curado                                                                | 1             | 0,753         | 0,75               |
| Gravacemento                                                                   | 20            | 61,18         | 12,24              |
| Riego de Curado                                                                | 1             | 0,753         | 0,75               |
| Suelocemento                                                                   | 20            | 35,63         | 7,13               |
| Coste Total por m² de afirmado                                                 |               |               | 50,93              |
| SECCIÓN TIPO 2.2 EX2 (S.C.)                                                    |               |               |                    |
| En desmonte                                                                    | Medición (cm) | Precio (€/m³) | Coste              |
| Sobre excavación desde rasante de 15 cm de diferencia entre paquetes de firmes | 15            | 4,85          | 0,73               |
| Mezcla bituminosa AC 16 surf S (S-12) rodadura                                 | 5             | 2,255         | 11,28              |
| Riego de Adherencia Termoadherente                                             | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Mezcla bituminosa AC 32 base (S-20) base                                       | 10            | 1,726         | 17,26              |
| Riego de Adherencia                                                            | 1             | 0,755         | 0,76               |
| Riego de Curado                                                                | 1             | 0,753         | 0,75               |
| Gravacemento                                                                   | 20            | 61,18         | 12,24              |
| Riego de Curado                                                                | 1             | 0,753         | 0,75               |
| Suelocemento                                                                   | 20            | 35,63         | 7,13               |
| Coste Total por m² de afirmado                                                 |               |               | 51,66              |
| Coste Promedio Alternativa                                                     |               |               | 51,30              |
| EXPLANADA                                                                      |               |               | Coste por m²       |
| Sobre suelo tolerable                                                          |               |               | 20,836             |
| Sobre roca                                                                     |               |               | 4,604              |
| COSTE TOTAL FIRME+EXPLANADA                                                    |               |               | Coste Total por m² |
| Sobre suelo tolerable                                                          |               |               | 72,136             |
| Sobre roca                                                                     |               |               | 55,904             |

Como se arroja de los resultados económicos del apartado anterior, las soluciones más económicas son las formadas por mezclas bituminosas sobre zahorra artificial , por razones de durabilidad, es preferible el empleo de la sección formada por BBTM 11A en capa de rodadura, ya que una mayor resistencia se traduce en una reducción de costes de mantenimiento.

Por lo tanto, de las dos secciones propuestas que emplean BBTM 11A en capa de rodadura, adoptamos la más económica, es decir:

|                                      |    |    |
|--------------------------------------|----|----|
| Capa de rodadura BBTM 11/8-A         | 3  | cm |
| Riego de adherencia (termoadherente) |    |    |
| Capa Intermedia AC22 bin D (D-20)    | 8  | cm |
| Riego de adherencia (termoadherente) |    |    |
| Capa Base AC22 base S (S-20)         | 9  | cm |
| Riego de imprimación                 |    |    |
| ZAHORRA ARTIFICIAL                   | 25 | cm |

# 7 Conclusiones

Se considera la siguiente sección para el tronco de la **nueva infraestructura de la BI-2405 en el alto de Milloi, entre la intersección de conexión con la BI-633 en el P.K. 56+570 y el barrio de Merelludi hacia el P.K. 59+840.**

## 7.1 Sección de firmes en el Tronco (T2B)

En los siguientes ejes se adoptará la sección para tráfico T2B:

- Tronco BI-2405 (Eje 14) y Rotonda de Alto Milloi (Eje 24)
- Los cambios de sentido de Aiardibekoa y Solabarrieta

|                                                          |       |
|----------------------------------------------------------|-------|
| Mezcla bituminosa rodadura BBTM 11A (F-10) árido ofítico | 3 cm  |
| Riego de Adherencia                                      |       |
| Mezcla bituminosa intermedia AC 22 bin D (D-20 calizo)   | 8 cm  |
| Riego de Adherencia                                      |       |
| Mezcla bituminosa base AC 22 base S (S-20 calizo)        | 9 cm  |
| Riego de imprimación                                     |       |
| Zahorra artificial                                       | 25 cm |
| Explanada mejorada EX2                                   |       |

Explanada EX2 se conseguiría de la siguiente manera:

- Sobre 100 cm de suelo tolerable: 80 cm de Suelo seleccionado Tipo 4
- Sobre roca: 20 cm de Suelo seleccionado Tipo 3

## 7.2 Sección de firmes en los ramales (T4A)

Los ramales en los que se adoptará esta sección serán:

- Acceso ermita (Eje 22)
- Acceso sidrería (Eje 23)
- Camino Merelludi (Eje 25)
- Camino Iremintza (Eje 26)
- Camino Sustaeta (Eje 30)
- Camino Solabarrieta (Eje 33)

|                                                            |       |
|------------------------------------------------------------|-------|
| Mezcla bituminosa rodadura AC16 surf S (árido siderúrgico) | 5 cm  |
| Riego de Adherencia                                        |       |
| Mezcla bituminosa base AC22 base S (S-20 calizo)           | 7 cm  |
| Riego de Imprimación                                       |       |
| Zahorra artificial                                         | 25 cm |
| Explanada mejorada EX2                                     |       |

La explanada EX2 se dispondría de la siguiente manera:

- Sobre 100 cm de suelo tolerable: 80 cm de Suelo seleccionado tipo 4
- Sobre roca: 20 cm de Suelo seleccionado tipo 3 o 4

## 7.3 Sección de firmes en estructuras

La Norma de firmes del País vasco establece que el pavimento del tablero de una obra de paso deberá cumplir la doble función de proporcionar una adecuada rodadura al tráfico y proteger e impermeabilizar el tablero ante la acción directa del tráfico y de la intemperie, particularmente en climas o ambientes agresivos.

Además para categoría de Tráfico de Proyecto T2 o superior, como es el caso, se proyectará una mezcla bituminosa en caliente de 10 cm de espesor, en dos capas, una intermedia, formada por una mezcla bituminosa de tipo denso o semidenso (según art. 542 del PG-3) de tamaño máximo nominal de árido no superior a 12 mm, y una capa de rodadura formada por mezcla bituminosa de tipo denso o semidenso (según art. 542 del PG-3) o bien de tipo discontinuo (según art. 543 del PG-3).

En consecuencia, la sección de firme a adoptar en los 2 viaductos del proyecto es la siguiente:

|                                                          |      |
|----------------------------------------------------------|------|
| Mezcla bituminosa rodadura BBTM 11A (F-10) árido ofítico | 3 cm |
| Riego de Adherencia                                      |      |
| Mezcla bituminosa intermedia AC22 D (D-20 calizo)        | 7 cm |

## 7.4 Sección de firmes otros viales

En los accesos a fincas distribuidos a lo largo de la traza se ejecutará un doble tratamiento superficial.

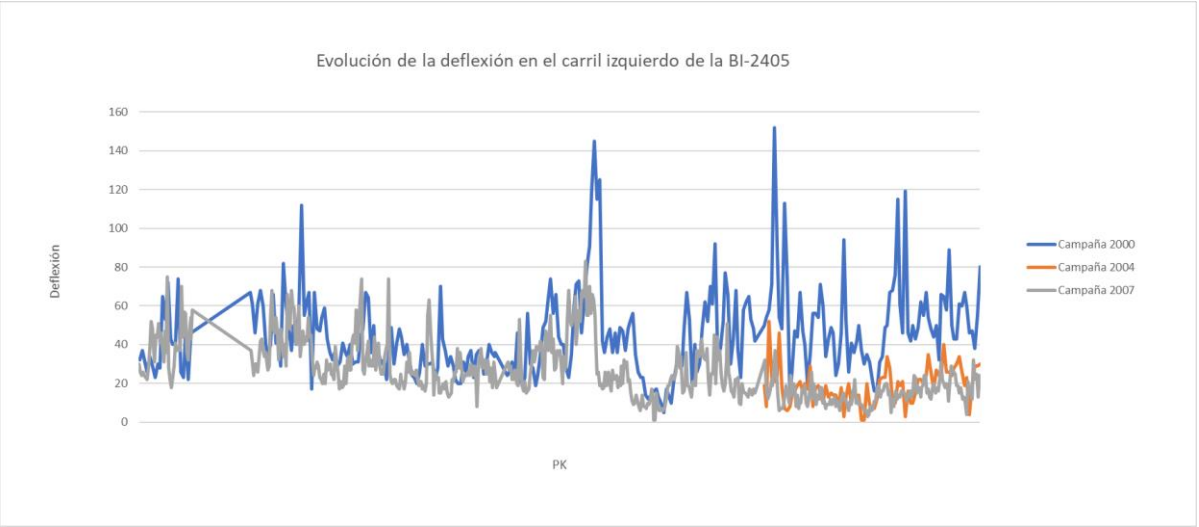
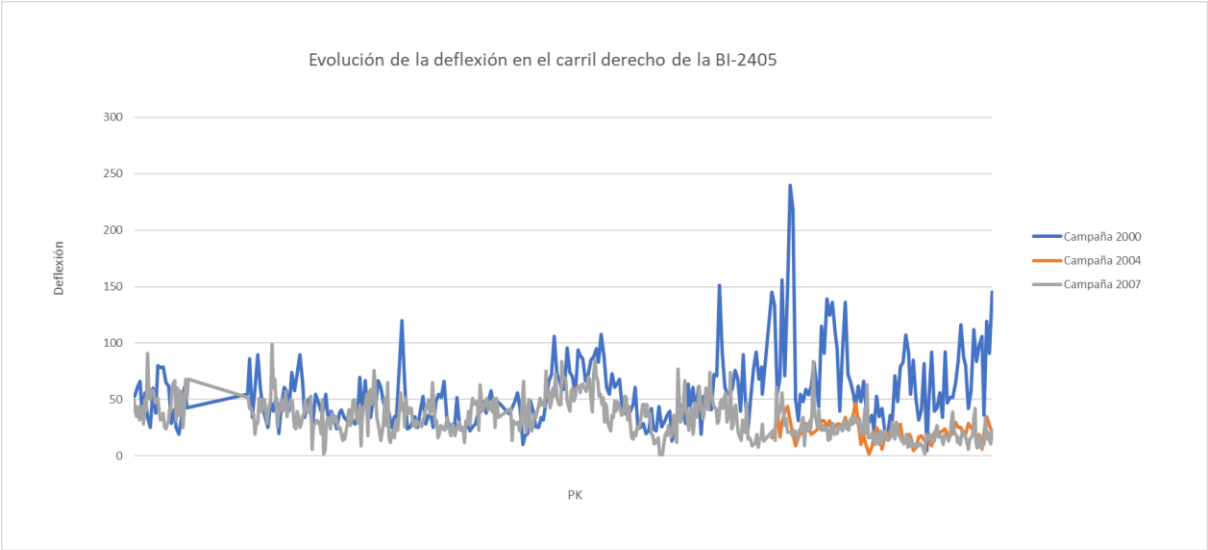
# 8 Aprovechamiento de firmes

Al tratarse éste de un proyecto de rectificación de trazado de una carretera, uno de los aspectos a analizar es la posibilidad de aprovechamiento del firme existente.

Una parte importante del trazado se desarrolla sobre la plataforma existente, bien sea de forma completa o parcial, por lo que se podría aprovechar en parte el firme existente. Para ello, es necesario conocer el estado de las capas del firme existente para comprobar si es posible su aprovechamiento.

Según el procedimiento estándar, se ha realizado un estudio de las deflexiones en base a los datos disponibles de la Diputación Foral de Bizkaia. En la carretera BI-2504 se disponen datos de tres campañas: año 2000, 2004 y 2007. La últimos datos disponibles son de hace casi 15 años, por lo que una extrapolación de estos datos considerando una degradación mínima de los firmes no parece un análisis muy realista.

Para conocer el estado del firme de la carretera BI-2405 con el paso de los años se analiza la evolución de las deflexiones disponibles, tanto en el carril derecho, como en el izquierdo:



Como se puede observar en las gráficas anteriores, las deflexiones con el paso de los años decrecen. Esto es debido a las labores de los servicios de conservación y mantenimiento de carreteras que realizan campañas periódicas. Estas labores de mantenimiento se han continuado durante los últimos años, por lo que se estima que el estado del firme es bueno y que es posible su aprovechamiento.

Por lo tanto, se propone aplicar las siguientes soluciones en función del espesor de solape entre la carretera existente y la nueva carretera. Estas soluciones consisten en general en una eliminación parcial del firme existente o un recrecimiento sobre el pavimento existente. En aquellos tramos donde no haya solape entre plataformas se ejecutará el paquete de firmes completo según la sección tipo definida en apartados anteriores.

TABLA 1. APROVECHAMIENTOS DE FIRME

|                                                   |                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CASO 1<br>$e < 3 \text{ cm.}$                     | (Fresado hasta conseguir 3cm)<br>3 cm. BBTM 11A (F-10)                                                                   |
| CASO 2<br>$3 \text{ cm} \leq e < 11 \text{ cm.}$  | Fresado hasta conseguir 9cm.<br>3 cm. BBTM 11A<br>**RESTO AC 22 bin D (D-20 caliza)                                      |
| CASO 3<br>$11 \text{ cm} \leq e < 24 \text{ cm.}$ | Fresado hasta conseguir 19cm.<br>3 cm. BBTM 11A<br>8 cm. AC 22 bin D (D-20 caliza)<br>**RESTO AC 22 base S (S-20 caliza) |
| CASO 4<br>$24 \text{ cm} \leq e < 29 \text{ cm.}$ | 3 cm. BBTM 11A<br>8 cm. AC 22 bin D (D-20 caliza)<br>**RESTO AC 22 base S (S-20 caliza)                                  |
| CASO 5<br>$e \geq 29 \text{ cm.}$                 | 3 cm. BBTM 11A<br>8 cm. AC 22 bin D (D-20 caliza)<br>9 cm. AC 22 base S (S-20 caliza)<br>**RESTO ZAHORRA                 |

(\*\*) SE EXTENDERÁ EN EL NÚMERO DE CAPAS QUE SEA NECESARIO EN FUNCIÓN DE LOS ESPESORES RESULTANTES.