

**ANEJO N° 8**  
**ESTRUCTURAS**



LKS INGENIERÍA, S.COOP.



## Anejo 08. Cálculo de Estructuras

Proyecto  
**PROYECTO DE TRAZADO DEL ACCESO AL CAMPUS DEL PARQUE  
TECNOLÓGICO DE EZKERRALDEA / MEATZALDEA.**

Promotor  
**Parque Tecnológico, S.A y Diputación Foral de Bizkaia**

Fecha  
**Febrero 2018**

Autor  
**Azucena Marquinez**  
Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN ..... 3

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... 3

2.1. VIADUCTOS ..... 4

2.2. MUROS..... 5

2.2.1. Muros de Hormigón Armado Prefabricados ..... 5

2.2.2. Muros de Escollera ..... 5

2.3. AMPLIACION PASO INFERIOR..... 6

3. CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS ..... 7

3.1. NORMATIVA UTILIZADA ..... 7

3.2. VIDA ÚTIL ..... 7

3.3. CRITERIOS DE COMPROBACIÓN ..... 7

3.3.1. Estados Límites de Servicio ..... 7

3.3.2. Estados Límites Últimos..... 7

3.4. ACCIONES DE CÁLCULO ..... 8

3.4.1. Valores característicos de las acciones..... 8

3.4.2. Valores representativos de las acciones .....13

3.4.3. Valores de cálculo de las acciones.....14

3.4.4. Combinación de acciones .....15

3.5. MATERIALES .....17

3.5.1. Hormigón .....17

3.5.2. Acero .....17

3.5.3. Parámetros de cálculo utilizados en el pretensado.....17

3.6. NIVELES DE CONTROL .....17

3.7. DURABILIDAD .....17

3.7.1. Recubrimientos de armaduras en el hormigón .....17

3.7.2. Apertura máxima de fisura en elementos de hormigón .....18

3.8. PINTURAS.....18

3.8.1. Pintura zonas de hormigón .....18

3.8.2. Pintura zonas metálicas (incluidos pretilas):.....18

4. CONSIDERACIONES FINALES .....18

## 1. INTRODUCCIÓN

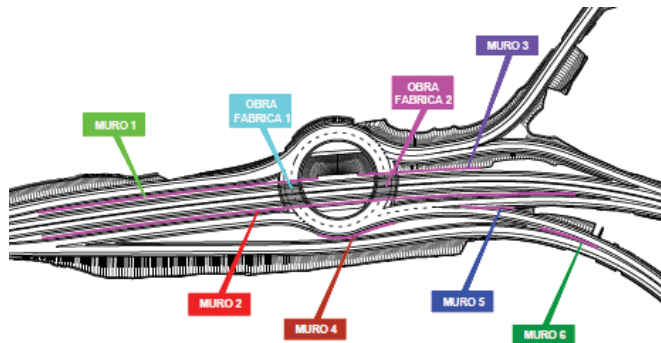
El objeto del presente Anejo es la descripción y definición de las estructuras existentes en el Proyecto de Trazado de los Accesos al Parque Tecnológico de Ezkerraldea.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

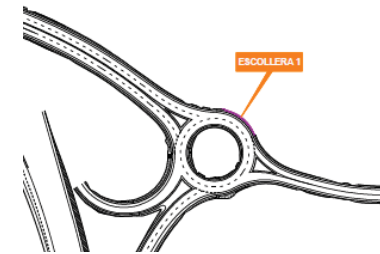
El proyecto contempla la ejecución de una nueva rotonda elevada, que supondrá la estructura principal de acceso al nuevo parque tecnológico, junto con diversos ramales de conexión a las carreteras existentes.

La rotonda elevada se proyecta mediante dos estructuras igualmente elevadas de tablero independiente apoyadas en estribos corridos en ambas márgenes del perímetro exterior de la carretera N-639.

La construcción de la citada rotonda, implicará la remodelación de los ramales de acceso/salida desde Santander, Bilbao y Gallarta. La regeneración de nuevos ramales elevados que conectarán con la rotonda, implicará la ejecución de muros de contención con alturas medias de unos 4,0 m, evitando así la invasión de los derrames de terraplén a las calzadas circundantes. La mayor parte de las obras de fábrica se concentran por tanto en la zona de la rotonda elevada:



El proyecto también incluye la regeneración de la intersección actual localizada al Norte, en la conexión con ramal de salida de la A-8 desde Bilbao, donde se ejecutará una nueva rotonda y se realizará una ligera adaptación (ensanche) de los distintos viales que conectan con ella. La rotonda Norte se construirá próxima a la cota actual de la intersección, por lo que únicamente se prevé la generación de un muro de escollera de poca altura:



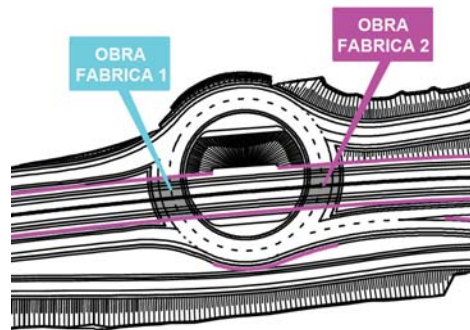
Por otro lado, para la construcción de uno de los ramales en la A-8 resulta necesario ampliar un paso inferior existente que da servicio a una vía ciclista (bidegorri), ya que los nuevos derrames generados invaden un área de la vía. Adicionalmente se generará un muro de escollera en la zona superior al paso para contener el terreno en la zona:



A continuación se realiza una breve descripción de las estructuras presentes en el proyecto de trazado, que serán objeto de dimensionado y cálculo en el proyecto de ejecución.

## 2.1.VIADUCTOS

La rotonda se proyecta mediante dos estructuras elevadas de tablero independiente apoyadas en estribos corridos:



Para la definición de las estructuras de la rotonda elevada existen una serie de condicionantes a tener en cuenta:

- Mantener el tráfico abierto en la carretera N-639.
- Cara a realizar ramales lo más cortos posibles, manteniendo los radios de acuerdo verticales dentro de los límites admisibles, además del mantenimiento de un gálibo en la N-639, fuerza a una elevación para la glorieta que permite un espesor máximo para la misma de 1,10m (incluyendo la capa de firme).
- Trazado en curva de pequeño radio (30m de radio).
- Trazado sin aceras, con sobre-anchos a ser invadidos por vehículos pesados, y con pretil en los extremos.
- Vano isostático a salvar de 18,50 m de longitud entre apoyos.
- Búsqueda de una solución con un bajo coste de mantenimiento/conservación.

Una vez descartadas las alternativas que no encajan dentro de los condicionantes expuestos (bien sea debido a su afección al tráfico, al canto que requieren o a la imposibilidad de ser ejecutados en curva), existen tres tipologías de estructuras a considerar para la ejecución de la rotonda elevada:

- 1.- Losa Pretensada: Para su construcción es necesario instalar una cimbra porticada, que no supone un inconveniente para mantener el tráfico en la N-639. Solución factible con el 1,10m de canto fijado como máximo para el mantenimiento de gálibo.
- 2.- Vigas prefabricadas (Vigas I): Solución de fácil conservación y factible con el 1,10m de canto fijado como máximo para el mantenimiento de gálibo. La solución no es la mejor estéticamente (al tratarse de una curva cerrada). Al ser "prefabricada" encaja con el mantenimiento en servicio de la carretera N-639.
- 3.- Estructura mixta: Solución que se puede encajar en 1,10m de espesor. Tiene mayor coste económico que la solución de vigas prefabricadas y desde el punto de vista de conservación, la parte de acero necesita repintado periódico (cada 25-30 años). Es una alternativa muy bien valorada estéticamente. Al ser "prefabricada" encaja con el mantenimiento en servicio de la carretera N-639.

Una vez analizadas las tres alternativas consideradas, se elige la opción de losa pretensada sobre las otras opciones, al ser estéticamente preferible sobre la alternativa de vigas prefabricadas y tener un menor coste de mantenimiento que la estructura mixta. Adicionalmente se ha hecho un estudio sobre el montaje de la losa, considerándose viable la ejecución de la misma mediante una cimbra porticada que garantice el mantenimiento del tráfico abierto en la carretera N-639.



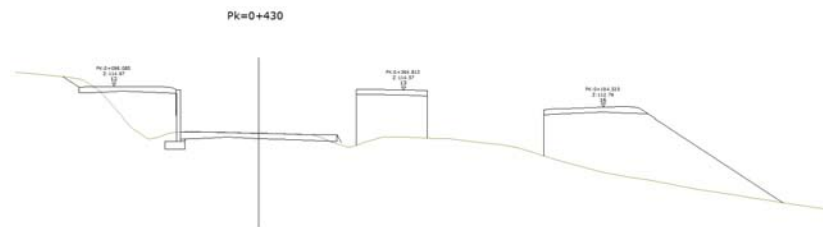
## 2.2.MUROS

Para la generación de nuevos ramales elevados que conectarán con la rotonda (también elevada), resulta necesaria la ejecución de muros de contención de tierras con alturas medias de unos 4,00m, que en alguno de los casos pueden llegar a los 6,50m de altura máxima.

La definición de la cimentación de los muros se ve limitada en planta por el mantenimiento del tráfico abierto en la carretera N-639 (igual condicionante que para los viaductos), por lo que los talones de cimentación de los muros hacia el lado de la carretera se definirán del menor tamaño posible.

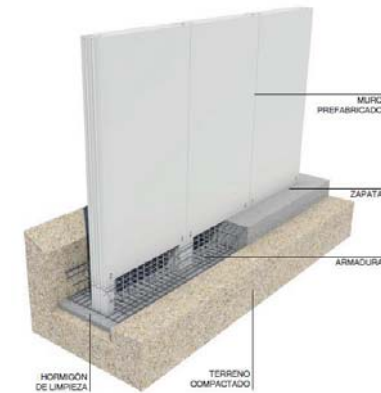
Teniendo en cuenta las aturas de terreno y de su posición, así como de la necesidad del mantenimiento del tráfico en la carretera N-639, se optará por muros de hormigón armado prefabricados (en las zonas con muros de gran altura) y por muros de escollera (en los muros de pequeña altura). Las mayores alturas se encuentran en la zona de la rotonda elevada, mientras que en la rotonda norte y sobre el la ampliación del paso del bidegorri se ha optado por situación de muros de escollera.

En la mayor parte de los casos, los rellenos a ser contenidos se van a ejecutar a posteriori, para la definición de los ramales elevados, no existiendo por tanto grandes taludes de terreno en fase de obra.



### 2.2.1. Muros de Hormigón Armado Prefabricados

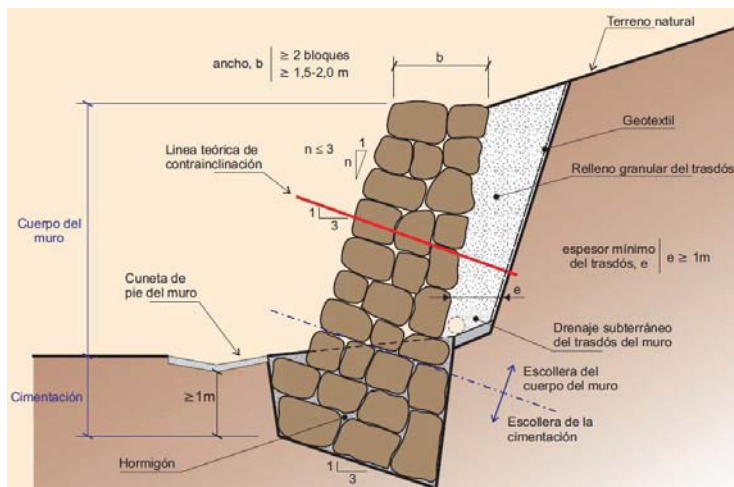
Tal como se ha comentado, dentro de los muros de hormigón armado se ha optado por la opción de muros prefabricados, al permitir estos mayor flexibilidad en fase de obra, y un mejor acabado (componente estética) sobre los muros ejecutados in-situ. En cualquier caso la zapata se ejecutará in-situ.



### 2.2.2. Muros de Escollera

Para zonas de baja altura, el uso de muros de escollera puede ser una opción viable. Los muros de escollera son muros formados por grandes bloques de roca, de peso superior a 250kg de forma más o menos prismática. Sus principales ventajas respecto a los muros de hormigón son:

- Ahorro económico importante, en algunos casos superior al 30%.
- Eliminación del empuje del agua debido a su capacidad de drenaje.
- Adaptación a los movimientos diferenciales del terreno sin sufrir daño estructural alguno.
- Reducción del Impacto Ambiental, consecuencia de la utilización de productos naturales y de la posibilidad de introducir vegetación.



### 2.3.AMPLIACION PASO INFERIOR

Para la construcción de uno de los ramales en la A-8 resulta necesario ampliar el paso inferior existente que da servicio a una vía ciclista (bidegorri) en 1.5m aproximadamente, ya que los nuevos derrames generados invaden un área de la vía. A continuación se muestra una foto tomada del paso inferior a ser ampliado:



El paso inferior existente actualmente es de tipo arco, por lo que se pretende ampliar dicho elemento manteniendo su geometría. La ampliación se realizará mediante la conexión del elemento existente y el nuevo elemento, replicando su geometría, para garantizar un correcto comportamiento así como la estanqueidad del mismo (que se garantizará con una correcta impermeabilización de la unión).

Para la ejecución de la ampliación del paso, se prevé el cierre temporal de ese tramo de vía ciclista por cuestiones de seguridad.

### 3. CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS

#### 3.1. NORMATIVA UTILIZADA

En el proyecto de las estructuras del presente documento se seguirán las siguientes Normas:

- ❑ Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera, IAP-11. Ministerio de Fomento, 2011.
- ❑ Eurocodigo 2 - Proyecto de estructuras de Hormigón. Parte: Puentes de Hormigón. ENV 1992-2 Septiembre de 1996.
- ❑ Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08. Ministerio de Fomento.
- ❑ Eurocodigo 2 – Proyecto de estructuras de Hormigón. Parte 1-1. Reglas generales y reglas para edificación. ENV 1992.
- ❑ Nota técnica sobre aparatos de apoyo para puentes de carretera. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 1995.
- ❑ Norma UNE-EN 1337. Apoyos estructurales.
- ❑ Eurocódigo 3 - Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
- ❑ Eurocódigo 3 - Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-2: Puentes de acero.
- ❑ Eurocódigo 4 - Proyecto de estructuras mixtas. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
- ❑ Eurocódigo 4 - Proyecto de estructuras mixtas. Parte 2: Reglas generales y reglas para puentes.
- ❑ Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera. Ministerio de Fomento, 1999.
- ❑ Guía de cimentaciones en obras de carretera. Ministerio de Fomento 2002.
- ❑ Norma de construcción sismorresistente, NCSE-02. Parte general y edificación.
- ❑ Norma de construcción sismorresistente: Puentes, NCSP-07.
- ❑ Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera.

Adicionalmente para el presente proyecto de trazado se han seguido las recomendaciones del documento “Obras de paso de nueva construcción” publicado por la Dirección General de Carreteras.

#### 3.2.VIDA ÚTIL

Para todo puente de carretera de acuerdo a la norma IAP-11 se establece una vida útil de proyecto de cien (100) años.

#### 3.3.CRITERIOS DE COMPROBACIÓN

La comprobación de la estructura se planteará de acuerdo con la teoría de los Estados Límites, que son de dos tipos:

- Estados Límites de Servicio
- Estados Límites Últimos

##### 3.3.1. Estados Límites de Servicio

Se considerarán los siguientes Estados Límites de Servicio:

- ❑ E.L.S. de fisuración que afecta a la durabilidad o estética del paso.
- ❑ E.L.S. de deformación que afecta a la apariencia o funcionalidad de la obra, o que cause daño a elementos no estructurales.
- ❑ E.L.S. de plastificaciones en zonas localizadas de la estructura que puedan provocar daños o deformaciones irreversibles.

##### 3.3.2. Estados Límites Últimos

Se considerarán los siguientes Estados Límites Últimos:

- ❑ E.L.U. de equilibrio, por pérdida de estabilidad estática de una parte o del conjunto de la estructura, considerada como cuerpo rígido.
- ❑ E.L.U. de rotura, por agotamiento resistente o deformación plástica excesiva.
- ❑ E.L.U. de inestabilidad o pandeo, local o general, de una parte o del conjunto de la estructura.
- ❑ E.L.U. de adherencia, por deslizamiento entre los elementos que trabajen solidariamente debido a esta propiedad.

### 3.4. ACCIONES DE CÁLCULO

#### 3.4.1. Valores característicos de las acciones

En el caso de puentes y obras de paso para carretera las acciones independientes utilizadas para el dimensionamiento de las estructuras serán las recogidas en la *Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11)*, indicada en el apartado anterior.

Los coeficientes de mayoración de acciones estarán también de acuerdo con dichas instrucciones para los distintos estados límites a considerarse.

Para la aplicación de dichas Instrucciones se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

#### a) Acciones permanentes

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de los distintos elementos que forman parte del puente. Comprenden el peso propio y las cargas muertas.

##### Peso propio

Es el que corresponde a los elementos estructurales. Se deduce de las dimensiones de los elementos especificadas en planos tomando para el hormigón armado una densidad de 25,0 kN/m<sup>3</sup> y para el acero una densidad de 78,5 kN/m<sup>3</sup>.

##### Carga muerta

En los viaductos se considerarán, en general, las siguientes cargas muertas:

- **Pavimento:** se tomará una densidad de 23 kN/m<sup>3</sup> (correspondiente a pavimentos de mezcla bituminosa), obteniendo el valor nominal de la carga a partir del espesor teórico definido en proyecto. Este valor nominal se considerará como valor inferior y además se considerará un valor superior, incrementando el nominal en un cincuenta por ciento (50 %).

- **Barreras + Impostas:** se adoptará una carga por cada una de las barreras metálicas + Impostas de 10 kN/m

#### b) Acciones permanentes de valor no constante

##### Acciones reológicas

Los coeficientes de retracción y fluencia utilizados en las estructuras de hormigón se calcularán de acuerdo con la instrucción EHE.

La consideración de estas acciones se realiza automáticamente por el programa, que realiza un análisis no lineal evolutivo en el tiempo, en el que influye la reología de los materiales.

Los coeficientes de fluencia y retracción se han calculado en base a las formulaciones del CEB-FIB 1990 para cada elemento.

- Humedad relativa del 70%.
- Espesor eficaz de cada una de las secciones se calcula por el programa en función del perímetro en contacto con la atmósfera y el área.

##### Acciones del terreno sobre elementos de estructura

Se considerarán las acciones originadas por el terreno, natural o de relleno, sobre los muros, hastiales y cimentación. La acción del terreno tendrá dos componentes:

- El peso sobre elementos horizontales: Se determinará aplicando el volumen de terreno que gravite sobre la superficie del elemento horizontal, el peso específico del relleno vertido y compactado.
- El empuje sobre elementos verticales: se determinará en función de las características del terreno y de la interacción terreno-estructura.

En ningún caso en que su actuación sea desfavorable para el efecto estudiado, el valor del empuje será inferior al equivalente empuje hidrostático de un fluido de peso específico igual a 5 kN/m<sup>3</sup>. Por otro lado la posible presencia de sobrecargas de uso actuando en la coronación de los terraplenes no se incluye en este tipo de acción sino que se considerará como una acción variable.

En general se utilizará el valor del empuje al activo de terrenos sin cohesión para el cálculo de muros en ménsula, mientras que para el cálculo de estribos cerrados se utilizará el empuje al reposo dada su mayor rigidez y por tanto la escasa probabilidad de movilización del empuje activo.

Para la determinación de los empujes se aplicará la teoría de Coulomb. Para un muro de trasdós plano que forma un ángulo  $\alpha$  con la horizontal y superficie de terreno plana que forma talud de ángulo  $\beta$  las expresiones que dan las componentes horizontal ( $p_H$ ) y vertical ( $p_V$ ) de la presión sobre el muro a una profundidad  $z$  contada desde la coronación del muro son:

$$p_H = \gamma \cdot z \cdot \lambda_H$$

$$p_V = \gamma \cdot z \cdot \lambda_V$$

siendo,

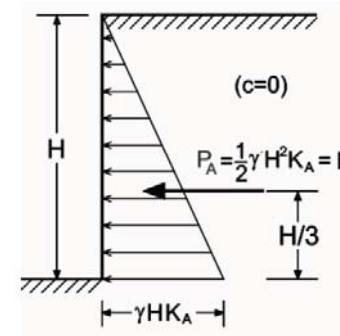
$\gamma$  = peso específico del terreno (según definido en anejo geotécnico)

$\lambda_H$  y  $\lambda_V$ : coeficientes de empuje activo o al reposo

#### - Empuje activo:

$$\lambda_H = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$\lambda_V = \lambda_H \cot(\alpha - \delta)$$



#### - Empuje al reposo:

$$\lambda_H = 1 - \sin \phi$$

$$\lambda_V = \lambda_H \cot(\alpha - \delta)$$

donde,

$\phi$  = ángulo de rozamiento interno del terreno

$\delta$  = ángulo de rozamiento tierras-muro

Las componentes horizontal ( $P_H$ ) y vertical ( $P_V$ ) del empuje total sobre el muro de altura  $h$  por unidad de longitud del mismo, tienen las expresiones:

$$P_H = \gamma \cdot h^2/2 \cdot \lambda_H$$

$$P_V = \gamma \cdot h^2/2 \cdot \lambda_V$$

Estando aplicado dicho empuje a una profundidad desde coronación de  $2/3h$ , como corresponde a una ley triangular.

En general, no se contará con la colaboración del empuje pasivo del terreno ya que para su movilización se requieren desplazamientos considerables contra dicho terreno.

### c) Acciones variables

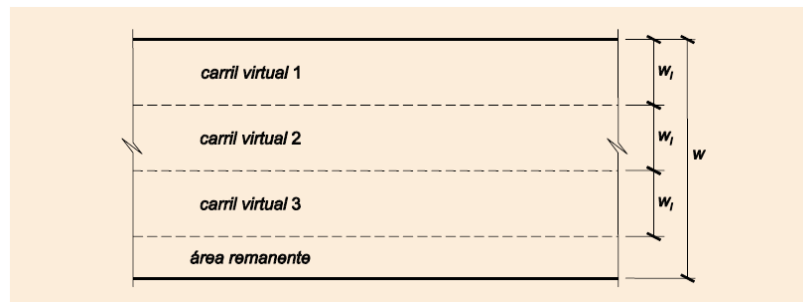
#### Sobrecargas de uso: cargas verticales

Según el apartado 4.1.1 de la IAP-11 es necesario dividir la calzada en uno o más carriles virtuales según la siguiente tabla:

| ANCHURA DE LA PLATAFORMA (w)         | NÚMERO DE CARRILES VIRTUALES ( $n_l$ )        | ANCHURA DEL CARRIL VIRTUAL ( $w_l$ ) | ANCHURA DEL ÁREA REMANENTE |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| $w < 5,4 \text{ m}$                  | $n_l = 1$                                     | 3 m                                  | $w - 3 \text{ m}$          |
| $5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$ | $n_l = 2$                                     | $\frac{w}{2}$                        | 0                          |
| $w \geq 6 \text{ m}$                 | $n_l = \text{ent} \left( \frac{w}{3} \right)$ | 3 m                                  | $w - 3n_l$                 |

En el caso de que la plataforma esté dividida en dos o más partes separadas por una mediana:

- Si en la mediana se dispone una barrera fija e infranqueable, cada parte de la plataforma (incluidos arcones, marcas viales, etc.) se dividirá de forma independiente en carriles virtuales.

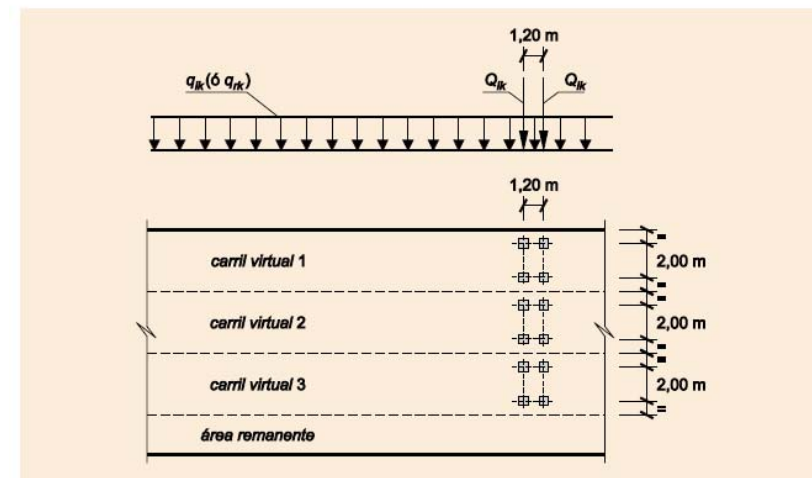


Sobre estos carriles virtuales se van a aplicar las siguientes sobrecargas uniformes y vehículos pesados:

- **Sobrecarga uniforme en plataforma**
- **Vehículo pesado en cada carril**

Se seguirán las reglas de aplicación y valores de estas cargas que se indican en la IAP-11:

| SITUACIÓN                   | VEHÍCULO PESADO $2Q_{rk}$ [kN] | SOBRECARGA UNIFORME $q_k$ (ó $q_{rk}$ ) [kN/m <sup>2</sup> ] |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Carril virtual 1            | $2 \cdot 300$                  | 9,0                                                          |
| Carril virtual 2            | $2 \cdot 200$                  | 2,5                                                          |
| Carril virtual 3            | $2 \cdot 100$                  | 2,5                                                          |
| Otros carriles virtuales    | 0                              | 2,5                                                          |
| Área remanente ( $q_{rk}$ ) | 0                              | 2,5                                                          |



### Sobrecargas de uso: cargas horizontales

Se considerará la actuación de las siguientes cargas horizontales según se indica en el punto 4.1.3 de la IAP-11:

#### **Frenado y arranque**

El frenado, arranque o cambio de velocidad de los vehículos, da lugar a una acción horizontal aplicada en la dirección del eje de la plataforma y actuando a nivel de la superficie del pavimento.

El valor característico de esta acción será igual a una fracción del valor de la carga característica vertical que se considere actuando sobre el carril virtual número 1, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q_{1k} = 0,6 \cdot 2Q_{1k} + 0,1 q_{1k} w_1 L$$

Se adoptarán como valores mínimos y máximo para esta acción que puede actuar sobre todo el puente, los siguientes:

- Valor mínimo (kN): 180 kN
- Valor máximo (kN): 900 kN

#### **Fuerza centrífuga:**

La fuerza será calculada de acuerdo con las expresiones de la IAP-11 en las estructuras con trazado en planta curvo, como es el caso:

$$Q_{1k} = 0,2 Q_v \text{ si } r < 200 \text{ m}$$

La fuerza así definida se considerará como una fuerza puntual, en la superficie del pavimento, que actúa horizontalmente en dirección perpendicular al eje del tablero y en cualquier sección del mismo.

Además, al tratarse de un puente de radio menor a 1500m se tendrá en cuenta el efecto del derrape en el frenado tal y como se define en la IAP-11.

### Sobrecargas en terraplenes

A efectos del cálculo de los empujes del terreno sobre elementos de la estructura en contacto con él se considerará actuando en la parte superior del terraplén, en la zona en la que puede actuar el tráfico una sobrecarga uniforme de 10 kN/m².

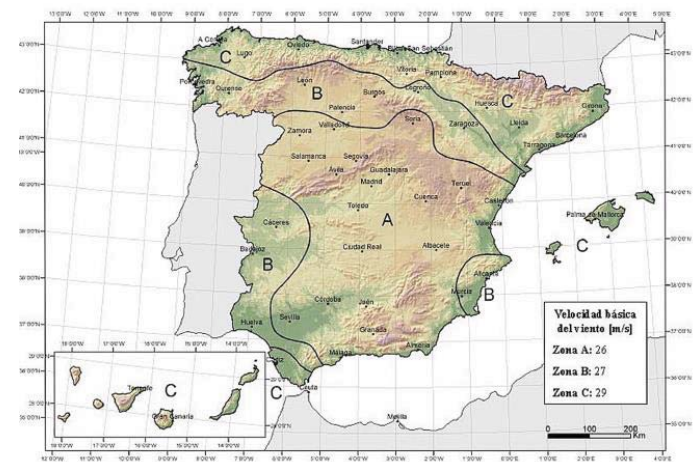
### Acciones climáticas: Viento

El cálculo del empuje del viento sobre el tablero se efectuará según el apartado 4.2 “Viento” de la IAP-11. A efectos de aplicación de la Instrucción, la acción del viento podrá asimilarse en general a una carga estática.

Para situaciones persistentes, a falta de estudios específicos, se considerará un periodo de retorno de 100 años, tal y como se recoge en el punto 4.2.1 de la IAP-11.

Para la aplicación de la carga de viento de acuerdo con la IAP-11 se tendrán en cuenta los siguientes valores.

- Velocidad básica de viento: de acuerdo con el mapa de isotacas se tomará un valor de  $v_b = 29 \text{ m/s}$  (zona C).



- Velocidad de cálculo: se obtendrá mediante la expresión:  $V_m = C_r C_o v_b$

$C_o = 1.0$  (factor de topografía)

$C_r = k_z \ln(z/z_0)$ , en tipo de entorno II,  $k_z = 0,19$ ,  $z_0 = 0,05$  y  $z_{\min} = 2$  m

El cálculo del coeficiente de exposición para cualquiera de los elementos objeto de estudio (tablero y barreras) se deberá realizar para la cota correspondiente al centro de gravedad del área de referencia del elemento, tal y como se recoge en el punto 4.2.3 de la IAP-11.

#### Acciones térmicas

A efectos de aplicación de la Instrucción IAP-11, para evaluar el efecto de la acción térmica se debe clasificar el tablero en función de su tipología (Acero, Mixtos u Hormigón).

Los valores representativos de la acción térmica se evaluarán considerando la componente uniforme de temperatura y las componentes de la diferencia de temperatura vertical y horizontal.

Para situaciones persistentes se considerará un periodo de retorno de 100 años, tal y como se recoge en el punto 4.3.1.1.1 de la IAP-11.

#### Acciones climáticas: Nieve

En general sólo será necesario considerar la sobrecarga de nieve en puentes situados en zona de alta montaña o durante la fase de construcción, tal y como se indica en el apartado 4.4 "Nieve" de la IAP-11.

No se tendrá en cuenta la acción de la carga de nieve ya que sobre todas las estructuras se considera la actuación de la sobrecarga de uso, con valor muy superior a la carga de nieve en la zona. Por tanto no se contemplará esta acción dentro de las combinaciones de cálculo.

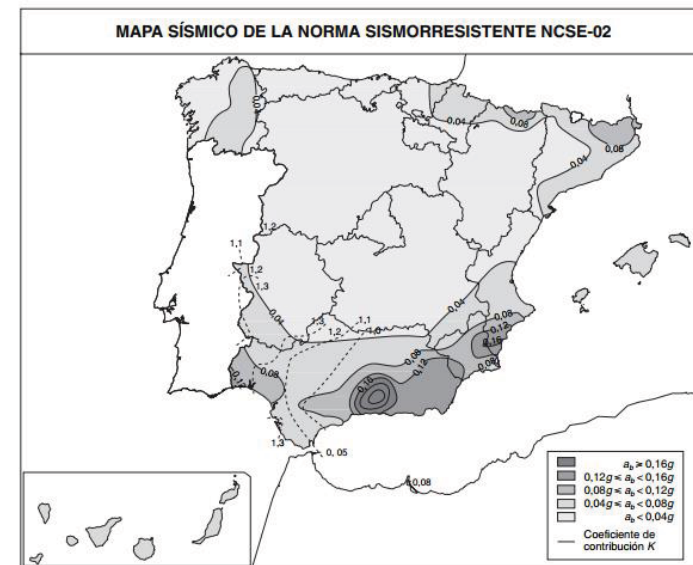
#### **d) Acciones accidentales**

##### Acción sísmica

De acuerdo con la Norma de construcción sismorresistente: Puentes (NCSP-07) en su apartado 2.8. "No será necesaria la consideración de las acciones sísmicas cuando la aceleración sísmica horizontal básica del emplazamiento  $a_b$  definida en el apartado 3.4. cumpla:

$$a_b < 0,04g$$

En nuestro caso el proyecto se localiza en los municipios de Abanto y Zierbena, provincia de Vizcaya, correspondiendo a toda la provincia una aceleración sísmica básica  $a_b$  inferior a  $0,04g$  por lo que no es necesaria la consideración de las acciones sísmicas en las estructuras.



### Impacto contra sistemas de contención de vehículos

El impacto de un vehículo contra el sistema de contención (dispuesto conforme a normativa vigente), se asimilará a una carga estática compuesta por una fuerza horizontal transversal y un momento de eje longitudinal concomitantes, aplicado en la zona de conexión entre el elemento de contención y la estructura.

Se tomará para esa acción el valor nominal de las fuerzas y momentos máximos, que facilitará a estos efectos el fabricante del sistema de contención, definidos según norma vigente (UNE-EN 1317) y determinados mediante cálculos o mediante ensayos específicos. Si no se conociera dicha información, se tomará el valor característico de la resistencia del sistema de anclaje del pretil.

Para el dimensionamiento transversal del tablero, se considerará que, simultáneamente con esta acción accidental, actúa una fuerza vertical debida a la presencia de un vehículo de valor igual al 75% de la carga por eje del vehículo pesado correspondiente al carril virtual 1, aplicada próxima al sistema de contención en la posición más desfavorable. Estas acciones no se combinarán con ninguna otra acción variable.

Además, el fabricante del sistema de contención adoptado deberá garantizar que el sistema de fijación del pretil al tablero dispone de un dispositivo fusible que permita la sustitución o reparación del sistema de contención dañado sin afectar al tablero.

### 3.4.2. Valores representativos de las acciones

El valor representativo de una acción es el valor de la misma utilizado en la comprobación de los Estados Límite.

#### **Acciones permanentes**

Se considerará un único valor representativo coincidente con el valor característico  $G_k$ , excepto en el caso de la acción correspondiente al peso del pavimento, tuberías y otros servicios para los que se considerarán un valor superior y otro inferior (este último coincidente con el nominal).

#### **Acciones permanentes de valor no constante**

Se considerará un único valor representativo coincidente con el valor característico al instante en el que se realiza la comprobación.

#### **Acciones variables**

Las acciones variables tendrán los siguientes valores representativos:

- Valor característico,  $Q_k$ : valor de la acción cuando actúa aisladamente.
- Valor de combinación,  $\psi_0 Q_k$ : valor de la acción cuando actúa con alguna otra acción variable.
- Valor frecuente,  $\psi_1 Q_k$ : valor de la acción que es sobrepasado durante un periodo de tiempo de corta duración respecto a la vida útil del puente (correspondiente a un periodo de retorno de una semana).
- Valor cuasipermanente,  $\psi_2 Q_k$ : valor de la acción que es sobrepasado durante una gran parte de la vida útil del puente.

Los valores de los coeficientes  $\psi$  se recogen en la siguiente tabla de la IAP-11:

| ACCIÓN                      |                                |                          | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$               |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------|----------|------------------------|
| Sobrecarga de uso           | gr 1, Cargas verticales        | Vehículos pesados        | 0,75     | 0,75     | 0                      |
|                             |                                | Sobrecarga uniforme      | 0,4      | 0,4      | 0 / 0,2 <sup>(1)</sup> |
|                             |                                | Carga en aceras          | 0,4      | 0,4      | 0                      |
|                             | gr 2, Fuerzas horizontales     |                          | 0        | 0        | 0                      |
|                             | gr 3, Peatones                 |                          | 0        | 0        | 0                      |
|                             | gr 4, Aglomeraciones           |                          | 0        | 0        | 0                      |
|                             | Sobrecarga de uso en pasarelas |                          | 0,4      | 0,4      | 0                      |
| Viento                      | $F_{wk}$                       | En situación persistente | 0,6      | 0,2      | 0                      |
|                             |                                | En construcción          | 0,8      | 0        | 0                      |
|                             |                                | En pasarelas             | 0,3      | 0,2      | 0                      |
| Acción térmica              | $T_k$                          |                          | 0,6      | 0,6      | 0,5                    |
| Nieve                       | $Q_{Sn,k}$                     | En construcción          | 0,8      | 0        | 0                      |
| Acción del agua             | $W_k$                          | Empuje hidrostático      | 1,0      | 1,0      | 1,0                    |
|                             |                                | Empuje hidrodinámico     | 1,0      | 1,0      | 1,0                    |
| Sobrecargas de construcción | $Q_c$                          |                          | 1,0      | 0        | 1,0                    |

### Acciones accidentales

Se considerará un único valor representativo coincidente con el valor nominal  $A_k$ .

### 3.4.3. Valores de cálculo de las acciones

Los valores de cálculo de las diferentes acciones serán los obtenidos aplicando el correspondiente coeficiente parcial de seguridad,  $\gamma_F$ , a los valores representativos de las acciones definidos en el apartado anterior.

### Estados Límites Últimos (ELU)

| ACCIÓN                                |                                  | EFECTO    |                                               |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------------------------------------------|
|                                       |                                  | FAVORABLE | DESFAVORABLE                                  |
| Permanente de valor constante (G)     | Peso propio                      | 1,0       | 1,35                                          |
|                                       | Carga muerta                     | 1,0       | 1,35                                          |
| Permanente de valor no constante (G*) | Pretensado $P_1$                 | 1,0       | 1,0 / 1,2 <sup>(1)</sup> / 1,3 <sup>(2)</sup> |
|                                       | Pretensado $P_2$                 | 1,0       | 1,35                                          |
|                                       | Otras presolicitaciones          | 1,0       | 1,0                                           |
|                                       | Reológicas                       | 1,0       | 1,35                                          |
|                                       | Empuje del terreno               | 1,0       | 1,5                                           |
|                                       | Asientos                         | 0         | 1,2 / 1,35 <sup>(3)</sup>                     |
|                                       | Rozamiento de apoyos deslizantes | 1,0       | 1,35                                          |
| Variable (Q)                          | Sobrecarga de uso                | 0         | 1,35                                          |
|                                       | Sobrecarga de uso en terraplenes | 0         | 1,5                                           |
|                                       | Acciones climáticas              | 0         | 1,5                                           |
|                                       | Empuje hidrostático              | 0         | 1,5                                           |
|                                       | Empuje hidrodinámico             | 0         | 1,5                                           |
|                                       | Sobrecargas de construcción      | 0         | 1,35                                          |

(1) El coeficiente  $\gamma_{G^*} = 1,2$  será de aplicación al pretensado  $P_1$  en el caso de verificaciones locales tales como la transmisión de la fuerza de pretensado al hormigón en zonas de anclajes, cuando se toma como valor de la acción el que corresponde a la carga máxima (tensión de rotura) del elemento a tesar.

(2) El coeficiente  $\gamma_{G^*} = 1,3$  se aplicará al pretensado  $P_1$  en casos de inestabilidad (pandeo) cuando ésta pueda ser inducida por el axil debido a un pretensado exterior.

(3) El coeficiente  $\gamma_{G^*} = 1,35$  corresponde a una evaluación de los efectos de los asientos mediante un cálculo elasto-plástico, mientras que el valor  $\gamma_{G^*} = 1,2$  corresponde a un cálculo elástico de esfuerzos.

**Estados Límites de Servicio (ELS)**

| ACCIÓN                                |                                  | EFECTO             |                    |
|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|
|                                       |                                  | FAVORABLE          | DESFAVORABLE       |
| Permanente de valor constante (G)     | Peso propio                      | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Carga muerta                     | 1,0                | 1,0                |
| Permanente de valor no constante (G*) | Pretensado $P_1$                 | 0,9 <sup>(1)</sup> | 1,1 <sup>(1)</sup> |
|                                       | Pretensado $P_2$                 | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Otras presolicitaciones          | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Reológicas                       | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Empuje del terreno               | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Asientos                         | 0                  | 1,0                |
|                                       | Rozamiento de apoyos deslizantes | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Sobrecarga de uso                | 0                  | 1,0                |
| Variable (Q)                          | Sobrecarga de uso en terraplenes | 0                  | 1,0                |
|                                       | Acciones climáticas              | 0                  | 1,0                |
|                                       | Empuje hidrostático              | 0                  | 1,0                |
|                                       | Empuje hidrodinámico             | 0                  | 1,0                |
|                                       | Sobrecargas de construcción      | 0                  | 1,0                |

(1) Para la acción del pretensado se tomarán los coeficientes que indique la EHE-08 o normativa que la sustituya. En la tabla figuran los valores que la EHE-08 recoge para el caso de estructuras postesas. En el caso de estructuras pretesas, los coeficientes parciales son 0,95 y 1,05 para efecto favorable y desfavorable, respectivamente.

La aplicación de los coeficientes anteriores se hará de acuerdo con los criterios indicados en la IAP-11.

**Comprobaciones de Equilibrio (EQU)**

| ACCIÓN              |                                    | EFECTO             |                    |
|---------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|
|                     |                                    | ESTABILIZADOR      | DESESTABILIZADOR   |
| Permanente (G y G*) | Peso propio                        | 0,9 <sup>(1)</sup> | 1,1 <sup>(1)</sup> |
|                     | Carga muerta                       | 0,9 <sup>(1)</sup> | 1,1 <sup>(1)</sup> |
|                     | Empuje del terreno                 | 1,0                | 1,5                |
| Variable (Q)        | Sobrecarga de uso                  | 0                  | 1,35               |
|                     | Sobrecarga de uso en terraplenes   | 0                  | 1,5                |
|                     | Acciones climáticas <sup>(2)</sup> | 0                  | 1,5                |
|                     | Empuje hidrostático                | 0                  | 1,5                |
|                     | Empuje hidrodinámico               | 0                  | 1,5                |
|                     | Sobrecargas de construcción        | 0                  | 1,35               |

(1) Los valores de 0,9 y 1,1 podrán sustituirse por 0,95 y 1,05 respectivamente, si se prevé la colocación de sistemas de control que permitan conocer, durante la ejecución de la obra, el valor de las fuerzas de desequilibrio y si se pueden adoptar las medidas correctoras necesarias para mantener este valor dentro de los límites que garanticen la seguridad de todos los elementos de la estructura afectados por esta acción. Los equipos y sistemas de control deberán ser definidos y valorados en los diferentes documentos del proyecto, de forma que sea preceptiva su instalación en la obra, incluyéndose una descripción detallada de las medidas correctoras que deberán adoptarse caso de ser necesarias.

(2) Por acciones climáticas se entiende la acción térmica, el viento y la nieve.

**3.4.4. Combinación de acciones**

Las hipótesis de carga a considerar se formarán combinando los valores de cálculo de las acciones cuya actuación pueda ser simultánea, según se indica en la IAP-98 y se expone a continuación.

**Estados límites últimos**□ *Situaciones persistentes o transitorias*

Las combinaciones de las acciones consideradas en estas situaciones excepto el Estado Límite de Fatiga, se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

donde:

$G_{k,i}$  : valor representativo de cada acción permanente

$G_{k,j}^*$  : valor representativo de cada acción permanente de valore no constante

$Q_{k,1}$  : valor característico de la acción variable dominante

$\psi_{0,i} Q_{k,i}$  : valor representativo de cada acción variable concomitante con la acción variable dominante.

□ *Situaciones accidentales sin sismo*

Las combinaciones de las acciones consideradas en estas situaciones se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} G_{k,m}^* + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} + A_d$$

donde:

$G_{k,i}$  : valor representativo de cada acción permanente

$G_{k,j}^*$  : valor representativo de cada acción permanente de valore no constante

$\psi_{1,1} Q_{k,1}$  : valor frecuente de la acción variable dominante

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$  : valor cuasipermanente de cada acción variable concomitante con la acción variable dominante y la acción accidental.

$A_k$  : valor característico de la acción accidental.

□ *Situaciones accidentales de sismo*

Las combinaciones de las acciones consideradas en estas situaciones se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} G_{k,m}^* + \psi_{2,1} Q_{k,1} + A_{Ed}$$

donde:

$G_{k,i}$  : valor representativo de cada acción permanente

$G_{k,j}$  : valor representativo de cada acción permanente de valore no constante

$\psi_{2,1} Q_{k,1}$  : valor cuasipermanente de la acción relativa a la sobrecarga de uso

$A_k$  : valor característico de la acción sísmica.

**Estados límites de servicio**

Las combinaciones de las acciones consideradas en estas se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

□ *Combinación característica (poco probable o rara):*

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

□ *Combinación frecuente:*

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

□ *Combinación cuasipermanente:*

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Para estos estados no se considerarán las acciones accidentales.

### 3.5. MATERIALES

#### 3.5.1. Hormigón

De acuerdo con la Instrucción EHE las estructuras se sitúan en una zona con clase general de exposición marina aérea, por tanto se proyectarán todas las estructuras con clase general de exposición IIIa, excepto las cimentaciones que, por ser elementos enterrados, se proyectarán con clase general de exposición normal con humedad alta, IIa.

Los hormigones a emplear en los distintos elementos serán:

##### Elementos in-situ:

|                                                 |                 |
|-------------------------------------------------|-----------------|
| - Nivelación y limpieza:                        | HM-15/P/40/I    |
| - Cimentaciones:                                | HA-25/B/20/IIa  |
| - Alzados de pilas, muros y estribos:           | HA-30/B/20/IIIa |
| - Marcos, pórticos y alzados de falsos túneles: | HA-30/B/20/IIIa |
| - Losas armadas:                                | HA-30/B/20/IIIa |
| - Tableros postesados:                          | HP-40/B/20/IIIa |

#### 3.5.2. Acero

Acero en armaduras pasivas: B-500 S

Acero en armaduras activas: Y – 1860 – S7

#### 3.5.3. Parámetros de cálculo utilizados en el pretensado

Los parámetros de cálculo utilizados en el pretensado son los siguientes:

- Coeficiente de rozamiento en curva ( $\mu$ ): 0.21
- Coeficiente de rozamiento parásito, por metro lineal ( $K$ ): 0.00126
- Penetración de cuña ( $a$ ): 5 mm
- Humedad relativa: 80%

### 3.6. NIVELES DE CONTROL

El control de recepción de la calidad del hormigón y de sus materiales componentes; del acero, tanto de las armaduras activas como pasivas; de los anclajes, empalmes, vainas equipos y demás accesorios característicos de la técnica del pretensado; de la inyección, y de la ejecución de la obra, se efectuarán de acuerdo con lo establecido en la Instrucción EHE.

El fin del control es comprobar que la obra terminada tiene las características de calidad especificadas en el proyecto, que serán las generales de la EHE, más las específicas contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

De acuerdo con los niveles de control especificados en la EHE, en el proyecto se adoptarán los siguientes:

|                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| - Hormigón:     | nivel de control estadístico |
| - Acero pasivo: | nivel de control normal      |
| - Ejecución:    | nivel de control intenso     |

### 3.7. DURABILIDAD

#### 3.7.1. Recubrimientos de armaduras en el hormigón

Los recubrimientos nominales de las armaduras tendrán los siguientes valores:

##### Elementos in-situ:

|                                                 |       |
|-------------------------------------------------|-------|
| - Elementos hormigonados contra el terreno:     | 75 mm |
| - Cimentaciones:                                | 30 mm |
| - Alzados de pilas, muros y estribos:           | 40 mm |
| - Marcos, pórticos y alzados de falsos túneles: | 40 mm |
| - Losas armadas:                                | 40 mm |
| - Tableros postesados:                          | 35 mm |

En cualquier caso el recubrimiento deberá ser igual o mayor que el diámetro de las armaduras pasivas principales y que 0,8 veces del tamaño máximo del árido. Adicionalmente, en el caso de armaduras postesas los recubrimientos serán iguales o mayores que el mayor de los siguientes valores: 40 mm, la dimensión horizontal de la vaina o grupo de vainas en contacto, y la mitad de la dimensión vertical de la vaina o grupo de vainas en contacto (sólo en dirección horizontal).

#### 3.7.2. Apertura máxima de fisura en elementos de hormigón

Para las comprobaciones relativas al Estado Límite de Servicio de Fisuración se considerarán los siguientes valores de apertura máxima de fisura:

- Hormigón armado:       clase IIa:     0,3 mm  
                                  Clase IIIa:   0,2 mm
- Hormigón pretensado:   Descompresión

### 3.8. PINTURAS

#### 3.8.1. Pintura zonas de hormigón

Se define un tratamiento superficial para la protección de estructura de hormigón formado por imprimación de silano-siloxano (0,3 kg/m<sup>2</sup>), y dos capas de acabado de metacrilato según RAL elegido (0,55 kg/m<sup>2</sup>).

#### 3.8.2. Pintura zonas metálicas (incluidos pretilos):

Se define un sistema de pintado sobre estructura metálica, previo chorreado de superficies al grado Sa 2 1/2 (ISO-8501), y compuesto por una capa de imprimación de silicato inorgánico de zinc, con un espesor de película seca de 75 micras; capa intermedia de epoxi poliamida hierro micáceo, con un espesor de película seca de 100 micras; y capa de acabado de poliuretano alifático de alto contenido en sólidos, con un espesor de película seca de 75 micras en una sola aplicación (UNE 48-274-97)

### 4. CONSIDERACIONES FINALES

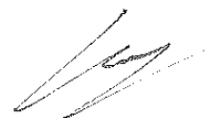
El proyecto contempla la construcción de una rotonda elevada, que implica la remodelación de los ramales de acceso/salida. Mientras que la estructura de los viaductos se va a resolver mediante losa postesada, los muros resultantes de la regeneración de nuevos ramales elevados se van a resolver mediante zapatas de hormigón armado ejecutadas in-situ y muros de hormigón prefabricado.

El proyecto también incluye la regeneración de la intersección actual localizada al Norte, donde se ejecutará una nueva rotonda. Esta rotonda se construirá próxima a la cota actual de la intersección, por lo que únicamente se prevé la generación de un muro de escollera de poca altura.

Por último, para la construcción de uno de los ramales en la A-8 resulta necesario ampliar un paso inferior existente que da servicio a una vía ciclista (bidegorri). La ampliación se realizará mediante la conexión del elemento existente y el nuevo elemento de hormigón armado, replicando su geometría. Adicionalmente se generará un muro de escollera en la zona superior al paso para contener el terreno en la zona.

En Derio, febrero de 2018

Por LKS, S.Coop



Fdo: D. Iñigo Rincón Montaña

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Nº Colegiado 30.291