

PROYECTO DE EJECUCIÓN

# ADECUACIÓN DE UN ITINERARIO PEATONAL ACCESIBLE EN LA AVENIDA ESTELLA, EN EL ENTORNO DEL PORTAL NUEVO, EN TAFALLA (NAVARRA)

PROMOTOR:

**Ayuntamiento de Tafalla**

EQUIPO REDACTOR:

**D. Jesús María Ibáñez Aldaz**, arquitecto  
COAVN nº 1848

**D. Javier Ignacio Pérez Heras**, arquitecto  
COAVN nº 4207

FECHA:

**Mayo 2026**

MEMORIA y ANEJOS

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

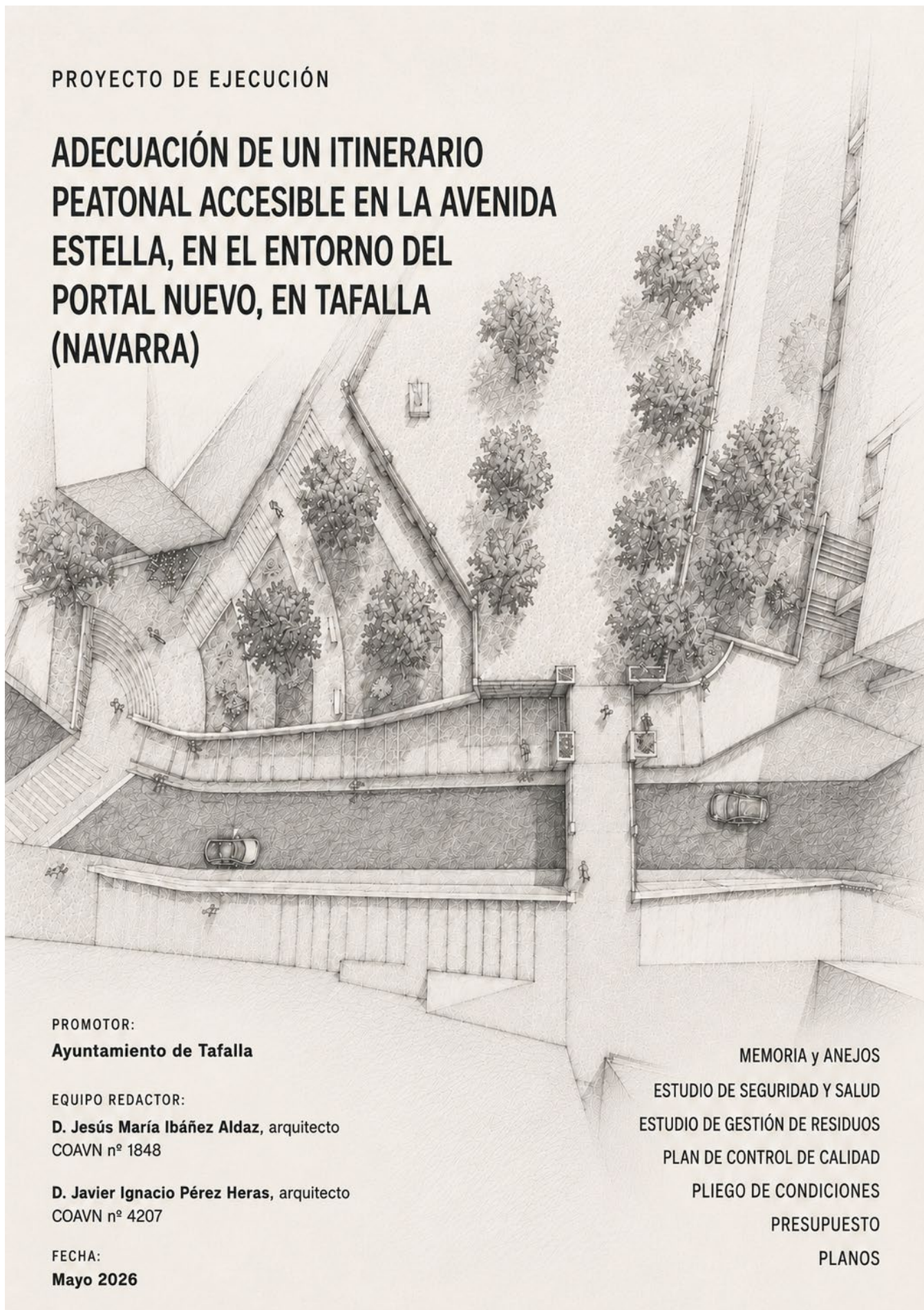
ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

PLIEGO DE CONDICIONES

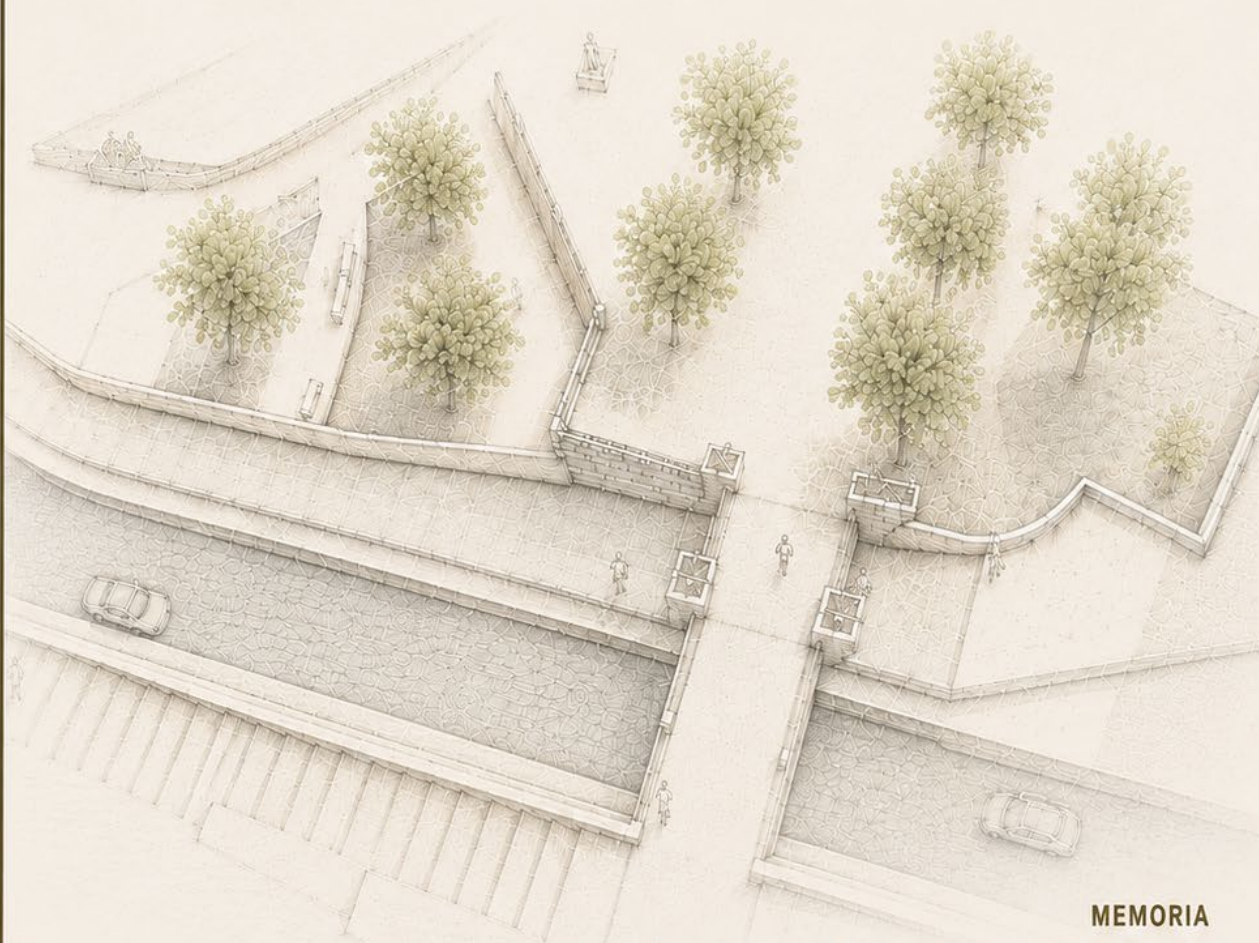
PRESUPUESTO

PLANOS



# MEMORIA Y ANEJOS

01



## MEMORIA

ANEJO 01. MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL Y CIMENTACIÓN

ANEJO 02. JUESTIFICACIÓN DE ACCESIBILIDAD

ANEJO 03. JUSTIFICACIÓN DE SISTEMA DE DRENAJE

Tafalla- Mayo 2026

## MEMORIA GENERAL

### 1. OBJETO DEL PROYECTO

El presente documento tiene por objeto la redacción **del Proyecto de Ejecución para la adecuación de un itinerario peatonal accesible en la Avenida Estella, en el entorno del Puente del Portal Nuevo, en Tafalla (Navarra)**, promovido por el Ayuntamiento de Tafalla.

El proyecto desarrolla a nivel de ejecución la solución previamente definida en la memoria valorada redactada con anterioridad , incorporando la definición constructiva, estructural y de instalaciones necesarias para su correcta materialización.

La redacción del presente proyecto se realiza en virtud de la adjudicación del contrato de servicios para la “Redacción del proyecto de itinerario peatonal en Av. Estella entorno del puente Portal Nuevo y, en su caso, dirección facultativa de las obras”, formalizada mediante resolución municipal.

El ámbito de actuación comprende la apertura de un paso peatonal en el margen izquierdo del puente, la ejecución de una rampa accesible y la adecuación del entorno urbano afectado, con el fin de mejorar las condiciones de accesibilidad, seguridad y estabilidad del conjunto.

### 2. AGENTES INTERVINIENTES

**Promotor:**

Ayuntamiento de Tafalla, provisto del CIF P 3122700 B , con domicilio en Plaza de Navarra nº 5, Tafalla (Navarra).

**Redactores del proyecto:**

D. Jesús María Ibáñez Aldaz, arquitecto- COAVN nº 1848, DNI 18199855 R

D. Javier Ignacio Pérez Heras, arquitecto-COAVN nº 4207, DNI 72679637 M

**Dirección facultativa:**

D. Jesús María Ibáñez Aldaz, arquitecto- COAVN nº 1848, DNI 18199855 R

D. Javier Ignacio Pérez Heras, arquitecto-COAVN nº 4207, DNI 72679637 M

D. Jesús Monreal Moreno, arquitecto técnico- COAAT Navarra nº 1192, DNI 52447189 J,

con domicilio profesional en Tafalla, Calle Tubal, 34 y en régimen de participación conjunta, conforme a la adjudicación del contrato de servicios aprobada mediante Resolución de Alcaldía nº 2105 de fecha de 14 de noviembre de 2025.

## MEMORIA GENERAL

### 3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

#### 3.1 CONTEXTO URBANO

La localidad de Tafalla se estructura en torno a dos ejes viarios principales de carácter perpendicular, que organizan la movilidad y el desarrollo urbano.

Por un lado, el eje norte-sur conecta las localidades de Pamplona y Olite, constituyendo el principal elemento vertebrador de la ciudad. Por otro, el eje este-oeste articula la conexión entre el Casco Antiguo y los desarrollos urbanísticos más recientes situados en el sector sureste.

El Puente del Portal Nuevo se sitúa en un punto estratégico de intersección de estos sistemas, en continuidad con la Avenida Estella, configurándose como un paso obligado tanto para el tráfico rodado como para los desplazamientos peatonales.

**Esta posición le confiere un papel determinante en la conectividad urbana y en la permeabilidad entre distintas áreas de la ciudad.**

#### 3.2 PROBLEMÁTICA EXISTENTE

El análisis del ámbito de actuación pone de manifiesto una problemática compleja, de carácter funcional, urbano y estructural.

##### *Estrangulamiento del tráfico rodado*

La geometría del puente, resuelta mediante una bóveda de cañón de directriz curva, genera una reducción efectiva de la sección viaria en el punto de cruce.

Esta configuración obliga a los vehículos de mayor tamaño a circular por la zona central del tablero, reduciendo la capacidad de cruce simultáneo, disminuyendo la visibilidad y provocando situaciones de conflicto en la circulación.

Como consecuencia, **se produce un efecto de estrangulamiento** que limita la funcionalidad del eje este-oeste y reduce su eficiencia como vía de conexión urbana.

##### *Deficiencia del itinerario peatonal*

Las condiciones actuales de tránsito peatonal resultan claramente insuficientes:

- ✓ **Aceras de anchura reducida**, del orden de 0,55 m en el margen derecho y aproximadamente 1,00 m en el margen izquierdo.
- ✓ **Ausencia de condiciones de accesibilidad universal.**
- ✓ **Convivencia directa con tráfico rodado** en condiciones de riesgo.

## MEMORIA GENERAL

- ✓ Alternativas peatonales basadas en **recorridos con escaleras**, incompatibles con personas con movilidad reducida.

En consecuencia, **no existe un itinerario peatonal accesible continuo** que permita la conexión entre ambos lados del puente en condiciones de seguridad y comodidad, incumpléndose los criterios establecidos en la normativa vigente en materia de accesibilidad en espacios públicos urbanizados.

### *Patología estructural del entorno*

El margen izquierdo del puente presenta un estado de conservación deficiente, especialmente en el muro de mampostería existente, donde se identifican diversas patologías:

- ✓ **Fisuración horizontal** asociada a empujes de tierras.
- ✓ **Grietas en coronación** que evidencian pérdida de continuidad estructural.
- ✓ **Desplazamientos** del paramento.
- ✓ Presencia generalizada de **humedades**.

Tal y como se recoge en la memoria valorada original, estas patologías tienen su origen principal en la **deficiente evacuación de las aguas en el trasdós del muro**, lo que provoca la acumulación de agua y el consiguiente incremento de la presión hidrostática.

Esta situación **compromete la estabilidad del conjunto** y pone de manifiesto la necesidad de una intervención que no se limite a actuaciones superficiales, sino que aborde de manera integral las causas del problema.

### 3.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INTERVENCIÓN

A la vista de la problemática descrita, la actuación proyectada responde a la necesidad de dar una solución integral a las deficiencias detectadas, actuando de manera coordinada sobre los aspectos funcionales, urbanos y estructurales del ámbito.

La intervención se justifica por:

- ✓ La necesidad de **garantizar un** itinerario peatonal accesible, continuo y seguro, conforme a la normativa vigente.
- ✓ **La mejora de la seguridad vial**, reduciendo situaciones de conflicto entre peatones y vehículos.
- ✓ La corrección de las **deficiencias estructurales existentes**, mediante la estabilización de los elementos de contención.

## MEMORIA GENERAL

- ✓ La resolución adecuada del **sistema de drenaje**, eliminando las causas que han originado las patologías detectadas.
- ✓ La **mejora de la calidad urbana del entorno**, reforzando la conexión entre distintas áreas de la ciudad.

### 3.4 CRITERIOS DE ACTUACIÓN

La solución proyectada se fundamenta en los siguientes criterios técnicos:

- ✓ **Intervención integral**, abordando simultáneamente accesibilidad, estructura y drenaje.
- ✓ **Actuación preventiva** sobre las causas, priorizando la resolución del drenaje frente a soluciones superficiales.
- ✓ **Compatibilidad con la estructura existente del puente**, evitando afecciones a la bóveda.
- ✓ **Integración urbana y paisajística**, mediante el empleo de materiales acordes con el entorno.
- ✓ **Viabilidad constructiva**, considerando la ejecución en un entorno urbano con tráfico rodado activo.
- ✓ **Prioridad peatonal**, garantizando condiciones de seguridad, comodidad y accesibilidad.

La intervención prioriza la reutilización de los materiales pétreos procedentes de desmontajes y demoliciones selectivas, integrándolos en la reconstrucción de paramentos y elementos de mampostería. Este criterio favorece la continuidad material y la integración paisajística de la actuación en el entorno del puente y sus márgenes.

## 4. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL

### 4.1 CONFIGURACIÓN GENERAL DEL ÁMBITO

El ámbito de actuación se sitúa en el entorno del Puente del Portal Nuevo, en la Avenida Estella, configurando un punto singular de conexión entre distintas cotas urbanas.

El puente salva el paso inferior mediante una bóveda de cañón de fábrica, con desarrollo longitudinal en el sentido del eje viario. A ambos lados del mismo se disponen muros de contención que resuelven la transición entre las cotas del terreno natural y la rasante de la carretera.

## MEMORIA GENERAL

El margen izquierdo, objeto principal de la intervención, **presenta una configuración más compleja**, con un desarrollo longitudinal en pendiente que conecta el entorno del Rincón de Mencos con la zona situada más allá del puente, en la Calle Cuatropea.

### 4.2 SISTEMA ESTRUCTURAL EXISTENTE

El sistema estructural del conjunto se compone fundamentalmente de:

- ✓ **Bóveda de cañón de fábrica**, que constituye el elemento resistente principal del puente.
- ✓ **Muros de mampostería de piedra**, que actúan como elementos de contención de tierras y delimitación del espacio viario.
- ✓ **Rellenos del trasdós**, que transmiten los empujes sobre los muros laterales.

Estos elementos trabajan de forma conjunta, siendo especialmente sensible el equilibrio entre los empujes del terreno y la capacidad resistente de los muros.

### 4.3 ELEMENTOS DE CONTENCIÓN

En el margen izquierdo de la carretera se dispone un muro de mampostería de piedra que cumple funciones de contención del terreno y de definición del límite del espacio urbano.

Este muro presenta:

- ✓ Un desarrollo longitudinal considerable.
- ✓ Variaciones de altura en función de la topografía.
- ✓ Encuentros con otros elementos constructivos en el entorno del puente.

Su configuración constructiva responde a soluciones tradicionales, sin que se aprecien sistemas de drenaje eficaces en el trasdós.

### 4.4 PATOLOGÍAS OBSERVADAS

El análisis visual del estado actual permite identificar diversas patologías que afectan tanto al muro de mampostería como al entorno inmediato.

#### *Fisuración*

Se observan **fisuras horizontales en el desarrollo del muro**, especialmente en su arranque, compatibles con la acción de empujes de tierras y sobrecargas en el trasdós.

## MEMORIA GENERAL

Asimismo, se detectan **grietas en coronación**, algunas de ellas de carácter pasante, que indican una pérdida de continuidad estructural del elemento.

### *Desplazamientos*

Se aprecia un **desplazamiento del paramento del muro hacia el exterior**, evidenciado por la apertura de juntas y por la separación entre el antepecho y el firme de la acera.

Este fenómeno es indicativo de un comportamiento activo del muro frente a los empujes del terreno.

### *Humedades*

El muro presenta **humedades generalizadas**, especialmente en las zonas inferiores y en los encuentros con el terreno.

Estas humedades ponen de manifiesto la presencia de agua en el trasdós y la ausencia de un sistema de drenaje eficaz que permita su evacuación.

### *Degradación del entorno inmediato*

Como consecuencia de las patologías descritas, se observa:

- ✓ **Deterioro del pavimento** en contacto con el muro.
- ✓ Aparición de **deformaciones locales**.
- ✓ **Presencia de testigos** de control de fisuración, que evidencian la preocupación por la evolución del estado del muro.

## 4.5 DIAGNÓSTICO TÉCNICO

A partir de las patologías observadas, se establece el siguiente diagnóstico:

### *Deficiencia del sistema de drenaje*

La causa principal de las patologías identificadas es la deficiente evacuación del agua en el trasdós del muro, lo que provoca:

- ✓ **Acumulación de agua** en el terreno.
- ✓ Incremento de la **presión hidrostática**.
- ✓ **Reducción de la resistencia** efectiva del terreno.

## MEMORIA GENERAL

### *Incremento de empujes sobre el muro*

La presencia de agua en el trasdós genera un aumento significativo de los empujes actuantes:

- ✓ Empuje activo del terreno.
- ✓ Empuje hidrostático adicional.

Este incremento de solicitaciones supera la capacidad resistente del muro de mampostería existente.

### *Comportamiento estructural inestable*

Como consecuencia de lo anterior, el muro presenta:

- ✓ **Tendencia al vuelco.**
- ✓ **Desplazamientos progresivos.**
- ✓ **Fisuración estructural.**

Todo ello indica un estado límite de servicio ampliamente superado, con riesgo de evolución hacia estados más desfavorables si no se actúa.

### *Insuficiencia de las soluciones existentes*

La configuración actual del sistema de contención no permite:

- ✓ Controlar los empujes del terreno de forma eficaz.
- ✓ Garantizar la estabilidad a largo plazo.
- ✓ Resolver adecuadamente la evacuación de aguas.

Por tanto, cualquier intervención debe contemplar una actuación integral sobre el sistema de contención y drenaje, no siendo viable una reparación puntual.

## 5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

### 5.1 CRITERIO GENERAL DE LA INTERVENCIÓN

La solución adoptada responde a la necesidad de resolver de forma conjunta las deficiencias funcionales, estructurales y urbanas detectadas en el entorno del Puente del Portal Nuevo.

La actuación se plantea mediante la **creación de un itinerario peatonal accesible** en el margen izquierdo del puente, permitiendo conectar el entorno del Rincón de Mencos con la

## MEMORIA GENERAL

Calle Cuatropea mediante un recorrido continuo, seguro y adaptado a las condiciones de accesibilidad exigibles.

De forma simultánea, **la intervención actúa sobre los problemas estructurales y de drenaje** existentes en los elementos de contención, incorporando una nueva solución estructural y un sistema de evacuación de aguas destinado a corregir las patologías detectadas y mejorar la estabilidad global del ámbito.

La propuesta **evita afecciones directas sobre los elementos principales de la fábrica histórica del puente**, compatibilizando la mejora funcional del espacio urbano con el respeto a la configuración existente

### 5.2 ACTUACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL

La actuación se plantea con criterios de integración urbana, durabilidad y compatibilidad con el entorno existente, empleando materiales y soluciones constructivas acordes con el carácter del ámbito.

Se prioriza la reutilización de los materiales pétreos procedentes de desmontajes y demoliciones selectivas, integrándolos en la reconstrucción de paramentos y elementos de mampostería visibles. Asimismo, la intervención incorpora nuevos elementos de protección, iluminación y urbanización destinados a mejorar la seguridad, accesibilidad y percepción espacial del recorrido peatonal, especialmente en el ámbito de paso bajo el puente.

La actuación comprende, de forma general:

- ✓ la ejecución del nuevo sistema de contención,
- ✓ la apertura parcial de los elementos existentes necesarios para el paso peatonal,
- ✓ la construcción de la rampa accesible,
- ✓ la implantación del sistema de drenaje superficial y profundo,
- ✓ y la adecuación urbana de los espacios afectados por las obras.

## 6. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA DE LA ACTUACIÓN

### 6.1 CONFIGURACIÓN GENERAL DEL RECORRIDO

La actuación se desarrolla en el margen izquierdo de la Avenida Estella, en el entorno del Puente del Portal Nuevo, configurando un itinerario peatonal continuo entre el entorno del Rincón de Mencos y la Calle Cuatropea.

## MEMORIA GENERAL

El recorrido se resuelve mediante **una rampa longitudinal paralela a la carretera**, adaptada a la geometría existente y al desnivel entre las distintas cotas urbanas conectadas.

La actuación incluye asimismo **la apertura de un paso peatonal lateral bajo el puente**, permitiendo independizar el tránsito peatonal respecto al tráfico rodado en el punto de cruce.

La geometría de la intervención se adapta a las condiciones existentes del ámbito, **minimizando afecciones sobre los elementos estructurales y urbanos preexistentes**.

### 6.2. RAMPA ACCESIBLE

La rampa proyectada forma parte integrante del itinerario peatonal accesible definido en la actuación y se diseña conforme a los **criterios establecidos en la normativa vigente en materia de accesibilidad**. El recorrido salva un desnivel aproximado de 4,96 m mediante un desarrollo longitudinal continuo de aproximadamente 72,68 m, organizado en tramos de rampa y zonas intermedias de descanso.

La anchura libre de paso se establece en 3,00 m, permitiendo condiciones adecuadas de circulación, cruce y utilización por personas con movilidad reducida.

La solución adoptada garantiza:

- ✓ pendientes compatibles con la normativa de accesibilidad,
- ✓ continuidad del itinerario sin barreras,
- ✓ disposición de zonas de descanso,
- ✓ incorporación de elementos de apoyo y protección,
- ✓ y condiciones adecuadas de seguridad y utilización.

La justificación detallada de las condiciones geométricas y normativas se desarrolla en el Anejo de Accesibilidad.

### 6.3 PASO PEATONAL BAJO EL PUENTE

La actuación incorpora un paso peatonal lateral bajo el puente, ejecutado mediante **la apertura parcial controlada de los elementos existentes en el margen izquierdo**.

Este paso permite separar el recorrido peatonal del tráfico rodado en el punto de menor sección del puente, mejorando las condiciones de seguridad, accesibilidad y percepción espacial del ámbito.

## MEMORIA GENERAL

La solución adoptada mantiene la continuidad geométrica y funcional del itinerario peatonal, resolviendo adecuadamente las transiciones de rasante y la conexión con los espacios urbanos existentes.

### 6.4 ENCUENTROS Y TRANSICIONES

En los puntos de inicio y final de la rampa, así como en la zona de paso bajo el puente, se resuelven las transiciones con los espacios urbanos existentes mediante:

- ✓ Ajustes de rasante que garantizan la continuidad del itinerario.
- ✓ Adaptación de los pavimentos a las condiciones del entorno.
- ✓ Integración con los recorridos peatonales existentes.

En los puntos de encuentro entre los pavimentos y los canales transversales de drenaje se garantizará la continuidad del itinerario accesible, disponiendo rejillas antideslizantes, enrasadas con el pavimento y con aberturas compatibles con el tránsito peatonal y el paso de sillas de ruedas.

## 7. DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA

### 7.1 SISTEMA DE CONTENCIÓN Y ESTABILIDAD

La estabilidad del ámbito se resuelve mediante un nuevo sistema estructural de contención ejecutado en el margen izquierdo del puente, concebido para **absorber los empujes del terreno y corregir las patologías detectadas** en los elementos existentes.

La solución estructural se organiza longitudinalmente en distintos tramos, adaptándose a las condiciones geométricas y resistentes de cada zona de la actuación.

En todo el recorrido de la rampa se dispone una **alineación estructural de micropilotes ejecutados “in situ”**, vinculados mediante vigas de coronación de hormigón armado y concebidos como elemento principal de contención del terreno.

En el ámbito correspondiente al nuevo paso bajo el puente, **el sistema incorpora una segunda alineación enfrentada de micropilotes**, destinada a absorber las solicitaciones asociadas a la apertura lateral y a los empujes existentes en el entorno inmediato de la fábrica histórica.

## MEMORIA GENERAL

En esta zona, ambas alineaciones quedan arriostradas superiormente mediante la losa estructural de hormigón armado que conforma el paso superior y, adicionalmente, mediante una solera inferior rigidizada de mayor espesor y armado, correspondiente al ámbito de paso bajo el puente.

En el tramo intermedio de la rampa, donde desaparecen los elementos de arriostramiento transversal asociados al paso inferior y aumentan las solicitaciones derivadas de la altura de contención, **el sistema se complementa mediante micropilotes inclinados** dispuestos de forma alterna con los pilotes verticales, mejorando la estabilidad global y el control de desplazamientos.

En el tramo final de la actuación, donde disminuyen las exigencias estructurales asociadas a la contención, el sistema **se resuelve mediante micropilotes verticales vinculados mediante viga de coronación continua**.

El sistema estructural proyectado se concibe como **una solución autónoma respecto a la fábrica histórica del puente**, minimizando la transmisión de esfuerzos sobre la bóveda existente y evitando afecciones directas sobre sus elementos resistentes principales.

Asimismo, la intervención incorpora un sistema de drenaje en trasdós destinado a reducir las acciones hidrostáticas sobre los elementos de contención y mejorar las condiciones de estabilidad y durabilidad del conjunto.

Las excavaciones y demoliciones necesarias para la ejecución de la obra se realizan **de forma secuencial y controlada**, adoptando las medidas necesarias para preservar la estabilidad de los elementos existentes durante todas las fases de ejecución.

La disposición escalonada y arriostrada del sistema estructural permite adaptar la solución a las distintas condiciones geométricas y resistentes del recorrido, optimizando el comportamiento global de la contención y minimizando las afecciones sobre el entorno existente.

La definición geométrica, hipótesis de cálculo y justificación estructural de la solución adoptada se desarrollan en el Anejo de Cálculo Estructural.

## MEMORIA GENERAL

### 7.2 APERTURA DEL PUENTE

La apertura del nuevo paso peatonal bajo el puente se ejecuta **una vez completado el sistema estructural previo de estabilización**, formado por las dos alineaciones enfrentadas de micropilotes y la losa superior de arriostramiento que vincula ambas líneas de contención.

Con carácter previo a las demoliciones y excavaciones necesarias para la apertura, se adoptan las **medidas provisionales de apeo, control y protección necesarias para preservar la estabilidad del puente y de los elementos del entorno histórico** durante todas las fases de ejecución.

La actuación se desarrolla mediante un vaciado controlado del terreno contenido entre ambas alineaciones estructurales, ejecutado de forma secuencial y minimizando afecciones sobre los elementos existentes.

Una vez conformado el espacio correspondiente al nuevo paso inferior, se completa el sistema resistente mediante **la ejecución de la solera inferior de hormigón armado**, concebida como elemento de rigidización y arriostramiento inferior del conjunto estructural.

La solución adoptada permite generar un paso peatonal independiente del tráfico rodado, manteniendo la estabilidad del ámbito y garantizando la correcta transmisión de cargas hacia el nuevo sistema estructural proyectado.

### 7.3 FORMACIÓN DE LA RAMPA Y PAVIMENTACIÓN

La rampa peatonal se ejecuta sobre una plataforma estabilizada y adaptada a las condiciones geométricas y resistentes de la actuación, garantizando la correcta transmisión de cargas y la durabilidad del conjunto.

La formación del recorrido requiere **la adecuación previa del terreno mediante excavación, regularización y compactación**, disponiendo las capas necesarias para asegurar la homogeneidad y estabilidad del apoyo.

Sobre esta base se ejecuta una solera de hormigón que actúa como soporte continuo del pavimento y como elemento de rigidización general de la actuación. En el ámbito correspondiente al paso bajo el puente, dicha solera presenta un mayor espesor y armado, colaborando estructuralmente en el arriostramiento inferior del sistema de contención.

## MEMORIA GENERAL

El pavimento de la rampa se resuelve mediante **adoquín prefabricado de hormigón de acabado antideslizante**, dispuesto sobre capa de asiento adecuada y adaptado a las condiciones de uso peatonal y mantenimiento previstas.

La solución constructiva incorpora las juntas y encuentros necesarios para absorber movimientos diferenciales y garantizar la durabilidad del pavimento, especialmente en los puntos de contacto con muros, elementos de drenaje y cambios de pendiente.

El conjunto se diseña garantizando la continuidad del itinerario peatonal accesible, la estabilidad superficial del pavimento y la correcta evacuación de las aguas pluviales.

### 7.4 SISTEMA DE DRENAJE

La actuación incorpora un sistema de drenaje destinado tanto a la evacuación de las aguas pluviales superficiales como al control hidrostático de los terrenos y elementos de contención existentes.

El drenaje del trasdós de los muros se resuelve mediante una **cámara drenante continua** asociada al nuevo sistema estructural, permitiendo captar y evacuar el agua infiltrada en el terreno y reduciendo las presiones hidrostáticas sobre los elementos de contención.

El sistema incorpora **material granular drenante**, elementos filtrantes y conducciones de recogida conectadas al sistema general de evacuación, garantizando la independización hidráulica entre el terreno y los paramentos visibles de la actuación.

La evacuación superficial de las aguas de la rampa se realiza mediante **canales lineales de drenaje** dispuestos transversalmente al itinerario peatonal, evitando pendientes transversales significativas y favoreciendo la continuidad del recorrido accesible.

Las aguas recogidas son conducidas mediante sumideros, bajantes y conducciones conectadas al **sistema de drenaje existente en la travesía**.

Los elementos de recogida superficial se disponen enrasados con el pavimento y adaptados al tránsito peatonal, garantizando condiciones adecuadas de accesibilidad y seguridad de utilización.

El sistema de drenaje proyectado constituye además una medida esencial para la mejora de la estabilidad y durabilidad del conjunto, reduciendo la presencia de agua en contacto

## MEMORIA GENERAL

permanente con los elementos de contención y limitando los empujes hidrostáticos sobre el terreno.

La definición detallada y justificación hidráulica del sistema proyectado se desarrollan en el Anejo de Drenaje.

### 7.5 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y ACABADOS

La actuación incorpora los elementos de protección necesarios para garantizar la seguridad y accesibilidad del itinerario peatonal, integrándose de forma coherente en el conjunto urbano y constructivo de la intervención.

En los bordes de la rampa y en las zonas con riesgo de caída se disponen **barandillas metálicas de protección**, diseñadas conforme a las condiciones de seguridad y resistencia exigibles para espacios públicos urbanizados.

El itinerario incorpora asimismo **sistemas continuos de pasamanos a doble altura**, dispuestos en ambos lados del recorrido y adaptados a las condiciones de accesibilidad y utilización previstas.

En los puntos necesarios se dispone **rodapié de protección**, evitando la salida accidental de ruedas, bastones u otros elementos auxiliares hacia las zonas de desnivel.

Los elementos metálicos se resuelven mediante sistemas resistentes y duraderos, protegidos frente a la corrosión y compatibles con las condiciones ambientales y de mantenimiento del entorno.

Los paramentos visibles y elementos de acabado se integran mediante soluciones acordes con el carácter del ámbito, priorizando la reutilización de materiales pétreos procedentes de desmontajes y la utilización de revestimientos y acabados compatibles con el entorno existente.

Asimismo, la actuación **incorpora sistemas de iluminación integrados** en el recorrido peatonal y especialmente reforzados en el ámbito del paso bajo el puente, mejorando las condiciones de seguridad, orientación y percepción espacial del conjunto.

## MEMORIA GENERAL

### 8. INSTALACIONES

#### 8.1. RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS

La actuación incorpora las instalaciones necesarias para la recogida y evacuación de las aguas pluviales procedentes de la rampa y de los sistemas de drenaje asociados a los elementos de contención.

El sistema se compone de:

- ✓ **Canales lineales de drenaje con rejilla**, dispuestos transversalmente al itinerario peatonal, que recogen las aguas de escorrentía superficial.
- ✓ **Sumideros puntuales**, ubicados junto al muro del lado de la carretera, que reciben el agua procedente de los canales.
- ✓ **Bajantes verticales**, que conducen el agua desde la cota de la rampa hasta el nivel de la carretera.
- ✓ **Conducciones de evacuación**, que atraviesan el muro y permiten la conexión con el cauz existente.

Los elementos de drenaje se integran en la geometría del itinerario peatonal, manteniendo la continuidad del recorrido accesible y evitando interferencias con las condiciones de uso y seguridad previstas.

La definición detallada del sistema se desarrolla en el Anejo de Drenaje y en la documentación gráfica del proyecto.

#### 8.2. ALUMBRADO E ILUMINACIÓN

La actuación contempla la adaptación y mejora del alumbrado del ámbito con el fin de garantizar condiciones adecuadas de visibilidad, orientación y seguridad en el itinerario peatonal proyectado.

Se prevé la reposición de los elementos de alumbrado público afectados por las obras, así como la incorporación de iluminación integrada en barandillas y pasamanos y el refuerzo lumínico del ámbito correspondiente al paso bajo el puente.

## MEMORIA GENERAL

Las instalaciones se diseñan conforme a criterios de durabilidad, eficiencia energética y adecuación al entorno urbano, integrándose de forma coordinada con el resto de elementos constructivos de la actuación.

### 9. URBANIZACIÓN Y ACABADOS

La actuación proyectada incluye la adecuación integral del espacio urbano afectado, garantizando su correcta integración con el entorno existente y la coherencia material y funcional del conjunto.

#### 9.1. PAVIMENTACIÓN Y TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Los elementos verticales visibles se resuelven mediante soluciones compatibles con el carácter del entorno urbano y constructivo existente.

Los muros y paramentos de mampostería se reconstruyen reutilizando, siempre que resulta posible, materiales pétreos procedentes de desmontajes y demoliciones selectivas, favoreciendo la continuidad material y paisajística de la actuación.

Los nuevos elementos estructurales visibles se integran mediante revestimientos y acabados acordes con las características del ámbito.

Asimismo, las barandillas, pasamanos y elementos metálicos de protección se diseñan de forma coordinada con el conjunto de la intervención, compatibilizando funcionalidad, durabilidad e integración urbana.

#### 9.2. PARAMENTOS Y ELEMENTOS VERTICALES

Los elementos verticales visibles se resuelven con criterios de integración con el entorno:

- ✓ **Muros de mampostería de piedra**, reconstruidos con material procedente del desmontaje, respetando la estética original.
- ✓ **Aplacados de piedra natural**, en los paramentos de nueva ejecución, con características similares a los existentes.
- ✓ **Muros de hormigón armado**, tratados en las zonas visibles para su adecuada integración.

## MEMORIA GENERAL

Asimismo, las barandillas, pasamanos y elementos metálicos de protección se diseñan de forma coordinada con el conjunto de la intervención, compatibilizando funcionalidad, durabilidad e integración urbana

### 9.3 ADECUACIÓN DEL ENTORNO URBANO

La actuación contempla las operaciones necesarias para la reposición y adaptación de los espacios urbanos afectados por las obras, incluyendo pavimentos, elementos de urbanización, alumbrado y encuentros con las zonas colindantes.

Las soluciones adoptadas garantizan la continuidad funcional del espacio público y la adecuada conexión entre el nuevo itinerario peatonal y los recorridos existentes.

### 9.4 INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

La intervención se plantea con criterios de integración paisajística y respeto al entorno urbano consolidado, procurando compatibilizar la incorporación de nuevos elementos contemporáneos con la preservación del carácter existente del ámbito.

La selección de materiales, acabados y soluciones constructivas responde a criterios de durabilidad, mantenimiento e integración visual, favoreciendo una percepción unitaria y coherente del conjunto de la actuación.

## 10. CUMPLIMIENTO NORMATIVO

### 10.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El presente proyecto se redacta conforme a la **normativa vigente de aplicación en materia de urbanización, accesibilidad, seguridad estructural, salubridad y seguridad de utilización**, atendiendo a las características específicas de la actuación proyectada y de su entorno urbano.

La documentación técnica del proyecto incorpora los anejos y justificaciones necesarias para acreditar el cumplimiento de las disposiciones reglamentarias aplicables.

### 10.2 SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Las soluciones estructurales proyectadas se desarrollan conforme a los criterios establecidos en el **Código Técnico de la Edificación y en el Código Estructural**, garantizando la estabilidad, resistencia y durabilidad de los elementos proyectados.

## MEMORIA GENERAL

La actuación contempla la ejecución de sistemas de contención, micropilotaje, vigas de coronación, elementos estructurales de refuerzo y losas de rigidización adecuadamente dimensionados para absorber las acciones derivadas del terreno, las cargas de uso y las acciones hidrostáticas previstas.

La justificación estructural, hipótesis de cálculo y comprobaciones correspondientes se desarrollan en el Anejo de Cálculo Estructural.

### 10.3 ACCESIBILIDAD Y SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

La actuación configura un itinerario peatonal accesible conforme a los criterios establecidos en la normativa vigente en materia de accesibilidad en espacios públicos urbanizados, y en particular en la **Orden TMA/851/2021**.

La solución adoptada garantiza condiciones adecuadas de accesibilidad, continuidad peatonal, seguridad de utilización y protección frente a caídas, incorporando los elementos de apoyo, protección e iluminación necesarios para el correcto uso del recorrido proyectado.

La justificación detallada de las condiciones geométricas y funcionales se desarrolla en el Anejo de Accesibilidad.

### 10.4 SALUBRIDAD Y DRENAJE

La actuación incorpora soluciones de drenaje superficial y profundo destinadas a garantizar la correcta evacuación de las aguas pluviales y reducir las acciones hidrostáticas sobre los sistemas de contención y elementos constructivos.

El diseño del sistema favorece la durabilidad de la intervención y minimiza el riesgo de reproducción de las patologías detectadas en el estado actual.

La definición y justificación del sistema se desarrollan en el Anejo de Drenaje.

### 10.5 OTRAS DISPOSICIONES DE APLICACIÓN

Asimismo, en la redacción y ejecución de las obras se tendrán en cuenta las disposiciones vigentes en materia de:

- ✓ prevención de riesgos laborales,
- ✓ gestión de residuos de construcción y demolición,
- ✓ protección ambiental,

## MEMORIA GENERAL

- ✓ control de calidad,
- ✓ y normativa municipal de aplicación.

Las condiciones específicas correspondientes se desarrollan en los documentos y anejos integrantes del presente proyecto.

## 11. JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 11.1 CRITERIOS GENERALES

La solución estructural adoptada tiene por objeto garantizar la estabilidad del ámbito de actuación, resolviendo las deficiencias detectadas en los sistemas de contención existentes y permitiendo la implantación del nuevo itinerario peatonal accesible en condiciones adecuadas de seguridad y durabilidad.

El diseño estructural se plantea atendiendo a las características geométricas y geotécnicas del entorno, así como a la necesidad de minimizar afecciones sobre la fábrica histórica del puente y sobre los espacios urbanos colindantes.

La actuación se concibe de forma coordinada con el sistema de drenaje proyectado, reduciendo las acciones hidrostáticas sobre el terreno y mejorando el comportamiento global del conjunto.

### 11.2 SISTEMA ESTRUCTURAL ADOPTADO

La solución estructural se articula mediante un sistema de contención ejecutado mediante micropilotaje, vigas de coronación y elementos de rigidización de hormigón armado.

En el ámbito correspondiente a la apertura del paso bajo el puente, el sistema incorpora dos alineaciones enfrentadas de micropilotes, vinculadas superiormente mediante la losa estructural que conforma el paso superior e inferiormente mediante la solera rigidizada del ámbito de paso.

Esta configuración permite absorber las solicitaciones derivadas de los empujes del terreno y de la apertura lateral del puente, garantizando la estabilidad del conjunto y el control de desplazamientos.

## **MEMORIA GENERAL**

En los tramos intermedios de la rampa, el sistema estructural se complementa mediante micropilotes inclinados alternados con pilotes verticales, mejorando las condiciones de estabilidad en las zonas de mayor altura de contención y menor arriostramiento transversal.

En el tramo final de la actuación, el sistema se resuelve mediante alineaciones de micropilotes verticales vinculados mediante vigas de coronación continuas.

El conjunto estructural proyectado constituye el principal sistema resistente frente a los empujes del terreno, quedando los elementos de mampostería visibles limitados a funciones de acabado, integración urbana y contención secundaria.

### **11.3 INTERACCIÓN CON EL PUENTE EXISTENTE**

El nuevo sistema estructural se concibe como una solución autónoma e independiente respecto a la bóveda y a los elementos resistentes principales del puente, evitando transmitir nuevas solicitaciones significativas sobre la estructura existente.

Las operaciones de apertura, excavación y demolición se ejecutan de forma secuencial y controlada, incorporando las medidas provisionales de apeo, estabilización y seguimiento necesarias durante todas las fases de obra.

### **11.4 JUSTIFICACIÓN Y ANEJO DE CÁLCULO**

La definición geométrica, hipótesis de cálculo, criterios de dimensionado y comprobaciones estructurales correspondientes se desarrollan en el Anejo de Cálculo Estructural, redactado conforme a la normativa vigente y a las características específicas de la actuación proyectada.

El cálculo estructural se desarrolla considerando la singularidad de la intervención, correspondiente a una actuación de urbanización y contención ejecutada mediante micropilotaje y elementos de hormigón armado, adaptándose los modelos de cálculo y comprobaciones generales a las condiciones reales de la obra y al comportamiento específico del sistema resistente proyectado.

## **MEMORIA GENERAL**

### **12. GESTIÓN DE RESIDUOS**

La gestión de los residuos generados durante la ejecución de las obras se desarrolla en el correspondiente Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, redactado como documento independiente e integrante del presente proyecto.

Dicho estudio define las operaciones necesarias para la correcta identificación, clasificación, reutilización, valorización, transporte y gestión final de los residuos previstos, conforme a la normativa vigente de aplicación.

Asimismo, se establecen las medidas destinadas a favorecer la reutilización de materiales procedentes de desmontajes y demoliciones selectivas, especialmente en relación con los elementos pétreos integrados posteriormente en la actuación proyectada

### **13. SEGURIDAD Y SALUD**

Las condiciones de seguridad y salud aplicables durante la ejecución de las obras se desarrollan en el correspondiente Estudio de Seguridad y Salud, redactado como documento independiente e integrante del presente proyecto.

En dicho documento se analizan los riesgos asociados a las distintas fases de ejecución y se definen las medidas preventivas, protecciones colectivas, procedimientos de trabajo y medios auxiliares necesarios para garantizar unas condiciones adecuadas de seguridad durante el desarrollo de la obra.

Se presta especial atención a las condiciones derivadas de la ejecución en un entorno urbano con presencia de tráfico rodado y peatonal, así como a las actuaciones previstas en las proximidades del puente existente y de los elementos de contención afectados por la intervención

### **14. CONTROL DE CALIDAD**

Durante la ejecución de las obras se desarrollarán las operaciones de control necesarias para verificar que los materiales, sistemas constructivos y procesos de ejecución se ajustan a las prescripciones definidas en el presente proyecto y en la normativa vigente de aplicación.

## MEMORIA GENERAL

El control de calidad comprenderá, entre otros aspectos:

- ✓ la comprobación de las características de los materiales empleados,
- ✓ el control de ejecución de los elementos estructurales y sistemas de contención,
- ✓ la verificación de compactaciones y apoyos,
- ✓ el control de los sistemas de drenaje y evacuación de aguas,
- ✓ y la correcta ejecución de pavimentos, juntas, encuentros y elementos de protección.

Asimismo, se prestará especial atención a las fases de ejecución vinculadas a las actuaciones sobre el entorno del puente existente, adoptando las medidas de seguimiento y control necesarias para garantizar la estabilidad y correcta evolución de la intervención durante la obra.

Las condiciones y procedimientos específicos de control se desarrollarán conforme a las prescripciones establecidas en el pliego de condiciones y en la documentación técnica del proyecto.

## 15. CONCLUSIÓN

El presente Proyecto de Ejecución define las actuaciones necesarias para la adecuación de un itinerario peatonal accesible en el entorno del Puente del Portal Nuevo, en Tafalla, dando respuesta a las deficiencias funcionales, urbanas y estructurales existentes en el ámbito de intervención.

La solución adoptada permite mejorar las condiciones de accesibilidad y seguridad peatonal mediante la implantación de un recorrido continuo e independiente del tráfico rodado, resolviendo al mismo tiempo las patologías existentes en los sistemas de contención y las deficiencias asociadas a la evacuación de aguas.

La intervención se desarrolla mediante soluciones estructurales, constructivas y urbanas compatibles con las características del entorno, minimizando las afecciones sobre la fábrica histórica del puente y favoreciendo la integración paisajística y funcional del conjunto.

El proyecto incorpora las medidas necesarias en materia de accesibilidad, estabilidad, drenaje, seguridad y durabilidad, quedando las soluciones adoptadas justificadas mediante los correspondientes anejos y documentos técnicos integrantes del proyecto.

## MEMORIA GENERAL

En consecuencia, se considera que la actuación proyectada reúne las condiciones técnicas necesarias para su ejecución, permitiendo mejorar de forma significativa la funcionalidad, accesibilidad y estabilidad de este ámbito urbano estratégico de la ciudad de Tafalla.

Tafalla, mayo de 2026

Fdo. Jesús María Ibáñez Aldaz  
Arquitecto COAVN nº 1848

Fdo. Javier Ignacio Pérez Heras  
Arquitecto COAVN nº 4207

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

## ANEJO 01. MEMORIA DE CÁLCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACION

### ÍNDICE

- 1. MEMORIA DESCRIPTIVA**
  - 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
  - 1.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL
- 2. MEMORIA CONSTRUCTIVA**
  - 2.1. SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO
  - 2.2. SISTEMA ESTRUCTURAL
- 3. CUMPLIMIENTO DEL CTE (CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN)**
  - 3.1. SEGURIDAD ESTRUCTURAL (DB SE)
  - 3.2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (DB SE-AE)
  - 3.3. CIMENTOS (DB SE-C)
  - 3.4. CUMPLIMIENTO DEL CODIGO ESTRUCTURAL ACERO
  - 3.5. CUMPLIMIENTO DEL CODIGO ESTRUCTURAL (INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL)
  - 3.6. CUMPLIMIENTO DE LA NCSE-02 (NORMA SISMORESISTENTE)

DESCRIPCIÓN DEL METODO DE CÁLCULO UTILIZADO POR EL PROGRAMA CYPECAD

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

---

#### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

El proyecto se adapta a la urbanización actual de acceso al puente, generando un paso inferior peatonal paralelo al actual vial de tráfico rodado.

El presente documento se refiere a la estructura de forjado para acceso al puente y a las pantallas de micropilotes de contención de los jardines terreno para la realización del paso peatonal inferior del puente, así como todos los elementos de contención que separan esta zona peatonal de las zonas ajardinadas y del vial de tráfico rodado.

#### 1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL:

##### CIMENTACIÓN:

De acuerdo a la información indicada en el estudio geotécnico (REF. INFORME: ES/GE005/0126 GEEA geólogos) adjunto a este proyecto, se plantean dos elementos diferenciados de cimentación:

- Zapatas corridas para elementos de contención de la vía peatonal respecto a la de tráfico rodado, y respecto a los jardines bajos. Se con una tensión mínima de cálculo de  $1\text{ kg/cm}^2$ .
- Pantalla de contención de micropilotes, empotrados en roca, según está indicado en los planos de proyecto, para la contención del terreno de los jardines superiores respecto al nuevo vial peatonal proyectado.

El apoyo de las zapatas se llevará hasta la zona elegida mediante un relleno de hormigón en masa HM-20 de tal forma que se asegure que ninguna zapata descarga sobre terreno blando. Si es necesario la realización de pozos de cimentación se realizarán de esta forma también.

Una vez realizada la excavación de las zapatas se deberá proceder continuamente y con celeridad a la cimentación no permitiendo la variación de las características geotécnicas de los materiales por fenómenos climáticos o de otra naturaleza.

##### ESTRUCTURA PORTANTE Y HORIZONTAL:

La estructura para dar acceso al actual puente existente se resuelve mediante losa armada de canto 25cm, descargando en las dos líneas de micropilotes según está indicado en los planos de proyecto. Las dimensiones y armaduras de todos estos elementos se indican en los planos de proyecto.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

---

#### 2.1. SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO

##### ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO Y TRABAJOS PREVIOS

Para poder realizar la cimentación del edificio se excavará hasta la cota indicada en los planos de cimentación.

Dadas las características de terreno se retirará la parte de terreno vegetal necesario, para proceder a la realización de la excavación de las zapatas y/o pozos de cimentación.

Los taludes se realizarán de forma que no puedan ocasionar desprendimientos en la realización de los pozos de cimentación.

#### 2.2. SISTEMA ESTRUCTURAL:

##### 2.2.1 DATOS E HIPÓTESIS DE PARTIDA:

Se consideran las acciones sobre la estructura que describe el CTE en el documento DB SE-AE.

En acciones gravitatorias se diferencian el peso propio, las cargas muertas y la sobrecarga de uso. Dentro de las cargas muertas están los elementos de cobertura de planta sobre forjados y pavimentos.

La sobrecarga de uso será la correspondiente a publica concurrencia y sobrecarga debida de bomberos.

En el apartado de justificación del DB SE-AE se cuantifican las acciones consideradas en el cálculo.

##### 2.2.2 BASES DE CALCULO Y MÉTODOS EMPLEADOS PARA TODO EL SISTEMA ESTRUCTURAL:

En el cálculo de la estructura se emplean métodos de cálculo aceptados por la normativa vigente. El procedimiento de cálculo consiste en establecer las acciones actuantes sobre la obra, definir los elementos estructurales (dimensiones transversales, alturas, luces, disposiciones, etc.) necesarios para soportar esas acciones, fijar las hipótesis de cálculo y elaborar uno o varios modelos de cálculo lo suficientemente ajustados al comportamiento real de la obra y finalmente, la obtención de los esfuerzos, tensiones y desplazamientos necesarios para la posterior comprobación de los correspondientes estados límites últimos y de servicio.

En la comprobación del estado límite último, que consiste en limitar que el efecto de las acciones exteriores ponderadas por unos coeficientes, sea inferior a la respuesta de la estructura, minorando las resistencias de los materiales.

Las hipótesis de cálculo contempladas en el análisis estructural se desarrollan en el punto 3.1.2 de este anejo correspondiente a la justificación del DB SE.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 2.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES QUE INTERVIENEN:

#### A) HORMIGÓN Y ACERO DE ARMAR:

| CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN ARMADO |                                                             |                                | CIMENTACION                                  | FORJADOS Y MUROS         |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|
| Hormigón:                           | Cemento RC-16                                               | Tipo /Resistencia              | EN 197-1- CEM I 42,5 N                       | EN 197-1- CEM I 42,5 N   |
|                                     | Agua Art. 29                                                | Contenido máx. del ión cloruro | < 2 gr./litro                                | < 2 gr./litro            |
|                                     | Áridos Art. 30                                              | Clase                          | Triturado (de machaqueo)                     | Triturado (de machaqueo) |
|                                     |                                                             | Tamaño máx.                    | 20 mm                                        | 20 mm                    |
|                                     | Consistencia Art. 33.5                                      |                                | Blanda<br>(asentamiento 50-90 mm)            | Fluida                   |
|                                     | Ambiente (clases de exposición)<br>Tabla 27.1.a y 27.1.b    |                                | XC2                                          | XC4                      |
|                                     | Recubrimiento mínimo armaduras.<br>Tabla 44.2.1.1.a/b       |                                | 20+10mm+horm.limp.<br>70mm (sin horm. limp.) | 20+10 mm                 |
|                                     | Contenido mínimo cemento Tabla 43.2.1.a                     |                                | XC2=275 Kg                                   | XC4=300 Kg               |
|                                     | Relación máxima agua/cemento. Tabla 43.2.1.a                |                                | XC2=0,60                                     | XC1=0,55                 |
|                                     | Compactación                                                |                                | Vibrado                                      |                          |
| Acero:                              | Tipo Acero Tabla 34.2.a<br>Límite Elástico Tabla 34.2.a     |                                | B 500 S<br>500 N/mm <sup>2</sup>             |                          |
|                                     | Mallas electrosol. Tabla 34.3<br>Límite Elástico Tabla 34.3 |                                | B 500T<br>500 N/mm <sup>2</sup>              |                          |

Las características de los materiales de los forjados unidireccionales se describen en el punto 3.7.6 de este documento.

#### ESPECIFICACIONES DE CÁLCULO Y CONTROL DE CALIDAD

| ESPECIFICACIONES DE CÁLCULO Y CONTROL DE CALIDAD                         |                                                                                                                         |                                               |                                                       |                         |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                          | Tipo                                                                                                                    | Coeficiente parcial de seguridad              | Nivel Control de la ejecución                         | Forma elaboración       |
| Hormigones                                                               | HA-25/B/20/XC2<br>HA-30/F/20/XC4                                                                                        | 1,5                                           | Normal                                                | Central                 |
| Acero                                                                    | B 500 S                                                                                                                 | 1,15                                          | Normal                                                | Instalación de ferralla |
| Coef. Mayorac. acciones                                                  |                                                                                                                         | C. Permanentes<br>1,35<br>C. Variables<br>1,5 |                                                       |                         |
| control de calidad del acero                                             | Armaduras en posesión de distintivo de calidad oficialmente reconocido según Art. 18 (CODIGO ESTRUCTURAL) o Marcado CE. |                                               | Control de acero según ANEJO 4 del CODIGO ESTRUCTURAL |                         |
| Control de calidad del hormigón (Art. 17 CODIGO ESTRUCTURAL) ESTADÍSTICO | Nº Lotes                                                                                                                |                                               | Según Tabla 57.5.4.1                                  |                         |
|                                                                          | Nº Amasadas                                                                                                             |                                               | según Tabla 57.5.4.1                                  |                         |
|                                                                          | Nº Probetas                                                                                                             |                                               | Dos por amasada                                       |                         |

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

La justificación de las cuantías mínimas exigibles a los elementos de hormigón armado y los recubrimientos elegidos en función de la clase de exposición se realiza en el apartado dedicado a la justificación de la CODIGO ESTRUCTURAL.

### B) ACERO DE ESTRUCTURA METALICAS:

Los aceros empleados en este proyecto se corresponden con los indicados en la norma UNE EN 10025: Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general.

Las características comunes a todos los aceros son:

|                                                             |                                         |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| -Módulo de elasticidad longitudinal (E):                    | 210.000 N/mm <sup>2</sup>               |
| -Módulo de elasticidad transversal o módulo de rigidez (G): | 81.000 N/mm <sup>2</sup>                |
| -Coeficiente de Poisson (ν):                                | 0.30                                    |
| -Coeficiente de dilatación térmica (α):                     | 1,2·10 <sup>-5</sup> (°C) <sup>-1</sup> |
| -Densidad (δ):                                              | 78.5 kN/m <sup>3</sup>                  |

Características de los aceros empleados

| LOCALIZACION | DESIGNACION | Tensión de limite elástico<br>$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Tensión de rotura<br>$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|              | N-80        | 541                                                      | 675                                             |

Los coeficientes parciales de seguridad utilizados para la minoración de la resistencia son:

$\gamma_{M0}$  = 1,05 coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$\gamma_{M1}$  = 1,05 coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad.

$\gamma_{M2}$  = 1,25 coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 3. CUMPLIMIENTO DEL CTE (CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN):

#### PRESCRIPCIONES APLICABLES CONJUNTAMENTE CON DB-SE

El DB-SE constituye la base para los Documentos Básicos siguientes y se utilizará conjuntamente con ellos:

|                    | apartado |                            | Procede                             | No<br>procede                       |
|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| DB-SE              | 3.1      | Seguridad estructural:     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| DB-SE-AE           | 3.2      | Acciones en la edificación | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| DB-SE-C            | 3.3      | Cimentaciones              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| CODIGO ESTRUCTURAL | -        | Estructuras de acero       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| CODIGO ESTRUCTURAL | 3.5      | Estructuras de hormigón    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| DB-SE-F            | -        | Estructuras de fábrica     | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| DB-SE-M            | 3.4      | Estructuras de madera      | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |

Las estructuras de hormigón y acero están reguladas por el CODIGO ESTRUCTURAL y se aplica conjuntamente con el DB-SE y con el DB SE-AE.

Deberá tenerse en cuenta, además las especificaciones de la normativa de construcción sismorresistente:

|         |     |                                         |                                     |                          |
|---------|-----|-----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| NCSR-02 | 3.6 | Normativa Construcción Sismorresistente | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|---------|-----|-----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|

REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.(  
BOE núm. 74,martes 28 marzo 2006)

#### **Artículo 10. Exigencias básicas de seguridad estructural (SE).**

1. El objetivo del requisito básico «Seguridad estructural» consiste en asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.
2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, fabricarán, construirán y mantendrán de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
3. Los Documentos Básicos «DB SE Seguridad Estructural», «DB-SE-AE Acciones en la edificación», «DBSE-C Cimientos», «DB-SE-A Acero», «DB-SE-F Fábrica» y «DB-SE-M Madera», especifican parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad estructural.
4. Las estructuras de hormigón están reguladas por la Instrucción de Hormigón Estructural vigente.

**10.1 Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad:** la resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

**10.2 Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio:** la aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

## **ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL**

La estructura se diseña y se calcula para que cumpla las exigencias básicas de seguridad estructural (resistencia, estabilidad y aptitud al servicio) y la exigencia básica de resistencia estructural al incendio, que consiste en comprobar que la estructura portante mantiene su resistencia al fuego durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse el resto de las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 3.1. SEGURIDAD ESTRUCTURAL (DB SE)

#### 3.1.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DIMENSIONADO

La estructura se ha analizado y dimensionado frente a los estados límite, que son aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido.

Se ha verificado que para las diferentes situaciones de dimensionado (persistentes, transitorias y extraordinarias) no se han sobrepasado los estados límite.

#### SE 1. RESISTENCIA Y ESTABILIDAD (ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS):

La estructura se ha calculado frente a los estados límite últimos, que son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo. En general se han considerado los siguientes:

a) pérdida del equilibrio del edificio, o de una parte estructuralmente independiente, considerado como un cuerpo rígido;

b) fallo por deformación excesiva, transformación de la estructura o de parte de ella en un mecanismo, rotura de sus elementos estructurales (incluidos los apoyos y la cimentación) o de sus uniones, o inestabilidad de elementos estructurales incluyendo los originados por efectos dependientes del tiempo (corrosión, fatiga).

Las verificaciones de los estados límite últimos que aseguran la capacidad portante de la estructura, establecidas en el DB-SE 4.2, son las siguientes:

Se ha comprobado que hay suficiente *resistencia de la estructura portante*, de todos los elementos estructurales, secciones, puntos y uniones entre elementos, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$E_d \leq R_d$  siendo:

$E_d$  valor de cálculo del efecto de las acciones

$R_d$  valor de cálculo de la resistencia correspondiente

Se ha comprobado que hay suficiente *estabilidad del conjunto del edificio y de todas las partes independientes* del mismo, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$  siendo:

$E_{d,dst}$  valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras

$E_{d,stb}$  valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

#### SE 2. APTITUD AL SERVICIO (ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO):

La estructura se ha calculado frente a los estados límite de servicio, que son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción.

Los estados límite de servicio pueden ser reversibles e irreversibles. La reversibilidad se refiere a las consecuencias que excedan los límites especificados como admisibles, una vez desaparecidas las acciones que las han producido. En general se han considerado los siguientes:

a) las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones;

b) las vibraciones que causen una falta de confort de las personas, o que afecten a la funcionalidad de la obra;

c) los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

### ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Se han verificado en la estructura las flechas de los distintos elementos de acuerdo con lo expuesto en punto 4.3.3.1 del DB SE y el desplome local y total de acuerdo con lo expuesto en 4.3.3.2 de dicho documento.

Para el cálculo de las flechas en los elementos flectados, vigas y forjados, se tienen en cuenta tanto las deformaciones instantáneas como las diferidas, calculándose las inercias equivalentes de acuerdo a lo indicado en la norma.

En la obtención de los valores de las flechas se considera el proceso constructivo, las condiciones ambientales y la edad de puesta en carga, de acuerdo a unas condiciones habituales de la práctica constructiva en la edificación convencional. Por tanto, a partir de estos supuestos se estiman los coeficientes de flecha pertinentes para la determinación de la flecha activa, suma de las flechas instantáneas más las diferidas producidas con posterioridad a la construcción de las tabiquerías.

Se establecen los siguientes límites de deformación de la estructura:

| Flechas relativas para los siguientes elementos           |                                |                   |                     |                |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|----------------|
| Tipo de flecha                                            | Combinación                    | Tabiques frágiles | Tabiques ordinarios | Resto de casos |
| Integridad de los elementos constructivos (flecha activa) | Característica G+Q             | 1 / 500           | 1 / 400             | 1 / 300        |
| Confort de usuarios (flecha instantánea)                  | Característica de sobrecarga Q | 1 / 350           | 1 / 350             | 1 / 350        |
| Apariencia de la obra (flecha total)                      | Casi permanente $G + \psi_2 Q$ | 1 / 300           | 1 / 300             | 1 / 300        |

| Desplazamientos horizontales                                       |                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Local                                                              | Total                                                                   |
| Desplome relativo a la altura entre plantas:<br>$\delta/h < 1/250$ | Desplome relativo a la altura total del edificio:<br>$\Delta/H < 1/500$ |

También se ha comprobado que la frecuencia de excitación se aparta suficientemente de las frecuencias propias de la estructura.

Para asegurar que la influencia de acciones químicas, físicas o biológicas a las que esta sometido el edificio no compromete su capacidad portante, se ha empleado el método implícito que utiliza medidas preventivas (detalles constructivos, características de materiales, sistemas de protección...).

#### 3.1.2. MODELO PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL:

Se realiza un cálculo espacial por métodos matriciales, considerando todos los elementos que definen la estructura: zapatas, vigas de cimentación, pilares, vigas, forjados unidireccionales y losas macizas.

Se establece la compatibilidad de desplazamientos en todos los nudos, considerando seis grados de libertad y utilizando la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta (diafragma rígido), para modelar el comportamiento del forjado.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

A los efectos de obtención de las distintas respuestas estructurales (solicitaciones, desplazamientos, tensiones, etc.) se supone un comportamiento lineal de los materiales, realizando por tanto un cálculo estático para acciones no sísmicas. Para la consideración de la acción sísmica se realiza un análisis modal espectral.

En las estructuras de hormigón armado, para la comprobación de las secciones en Estado Límite Último se considera un diagrama tensión-deformación del tipo elástico-plástico para las armaduras, y del tipo parábola-rectángulo para el hormigón.

### 3.1.3. COMBINACIÓN DE ACCIONES Y COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD PARA LAS ACCIONES:

#### A) HORMIGÓN ARMADO:

De acuerdo con las acciones determinadas en función de su origen, y teniendo en cuenta tanto si el efecto de las mismas es favorable o desfavorable, así como los coeficientes de ponderación se realizará el cálculo de las combinaciones posibles del modo siguiente:

#### A) E.L.U. DE ROTURA. HORMIGÓN EN ESTRUCTURA: CODIGO ESTRUCTURAL/CTE

##### ▪ Situaciones no sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

##### ▪ Situaciones sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

| Situación Persistente o transitoria |                                                  |              |                                        |                             |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------|-----------------------------|
|                                     | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                                     | Favorable                                        | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G)                | 1.00                                             | 1.35         | 1.00                                   | 1.00                        |
| Sobrecarga (Q)                      | 0.00                                             | 1.50         | 1.00                                   | 0.70                        |
| Viento (Q)                          | 0.00                                             | 1.50         | 1.00                                   | 0.60                        |
| Nieve (Q)                           | 0.00                                             | 1.50         | 1.00                                   | 0.50                        |
| Sismo (A)                           |                                                  |              |                                        |                             |

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

| Situación 2: Sísmica |                                                  |              |                                        |                             |
|----------------------|--------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------|-----------------------------|
|                      | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                      | Favorable                                        | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G) | 1.00                                             | 1.00         | 1.00                                   | 1.00                        |
| Sobrecarga (Q)       | 0.00                                             | 1.00         | 0.30                                   | 0.30                        |
| Viento (Q)           | 0.00                                             | 1.00         | 0.00                                   | 0.00                        |
| Nieve (Q)            | 0.00                                             | 1.00         | 0.00                                   | 0.00                        |
| Sismo (A)            | -1.00                                            | 1.00         | 1.00                                   | 0.30(*)                     |

(\*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

### B) E.L.U. DE ROTURA. HORMIGÓN EN CIMENTACIONES: CODIGO ESTRUCTURAL/CTE

#### ▪ Situaciones no sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

#### ▪ Situaciones sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

| Situación: Persistente o transitoria |                                                  |              |                                        |                             |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------|-----------------------------|
|                                      | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                                      | Favorable                                        | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G)                 | 1.00                                             | 1.60         | 1.00                                   | 1.00                        |
| Sobrecarga (Q)                       | 0.00                                             | 1.60         | 1.00                                   | 0.70                        |
| Viento (Q)                           | 0.00                                             | 1.60         | 1.00                                   | 0.60                        |
| Nieve (Q)                            | 0.00                                             | 1.60         | 1.00                                   | 0.50                        |
| Sismo (A)                            |                                                  |              |                                        |                             |

**ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL**

| Situación 2: Sísmica |                                                  |              |                                        |                             |
|----------------------|--------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------|-----------------------------|
|                      | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                      | Favorable                                        | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G) | 1.00                                             | 1.00         | 1.00                                   | 1.00                        |
| Sobrecarga (Q)       | 0.00                                             | 1.00         | 0.30                                   | 0.30                        |
| Viento (Q)           | 0.00                                             | 1.00         | 0.00                                   | 0.00                        |
| Nieve (Q)            | 0.00                                             | 1.00         | 0.00                                   | 0.00                        |
| Sismo (A)            | -1.00                                            | 1.00         | 1.00                                   | 0.30(*)                     |

(\*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### C) E.L.U. DE ROTURA. ACERO CONFORMADO Y LAMINADO: CTE DB-SE A

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

▪ **Situaciones no sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

▪ **Situaciones sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

| Situación: Persistente o transitoria |                                                  |              |                                        |                             |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------|-----------------------------|
|                                      | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                                      | Favorable                                        | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_p$ ) |
| Carga permanente (G)                 | 0.80                                             | 1.35         | 1.00                                   | 1.00                        |
| Sobrecarga (Q)                       | 0.00                                             | 1.50         | 1.00                                   | 0.70                        |
| Viento (Q)                           | 0.00                                             | 1.50         | 1.00                                   | 0.60                        |
| Nieve (Q)                            | 0.00                                             | 1.50         | 1.00                                   | 0.50                        |
| Sismo (A)                            |                                                  |              |                                        |                             |

| Situación 2: Sísmica |                                                  |              |                                        |                             |
|----------------------|--------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------|-----------------------------|
|                      | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                      | Favorable                                        | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G) | 1.00                                             | 1.00         | 1.00                                   | 1.00                        |
| Sobrecarga (Q)       | 0.00                                             | 1.00         | 0.30                                   | 0.30                        |
| Viento (Q)           | 0.00                                             | 1.00         | 0.00                                   | 0.00                        |
| Nieve (Q)            | 0.00                                             | 1.00         | 0.00                                   | 0.00                        |
| Sismo (A)            | -1.00                                            | 1.00         | 1.00                                   | 0.30(*)                     |

(\*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### D) ACCIONES CARACTERÍSTICAS

Para comprobar **tensiones sobre el terreno** (tensiones en zapatas, vigas y losas de cimentación) y **desplazamientos**.

- **Situaciones no sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- **Situaciones sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

| Situación 1: Acciones variables sin sismo |                                                  |              |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------|
|                                           | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              |
|                                           | Favorable                                        | Desfavorable |
| Carga permanente (G)                      | 1.00                                             | 1.00         |
| Sobrecarga (Q)                            | 0.00                                             | 1.00         |
| Viento (Q)                                | 0.00                                             | 1.00         |
| Nieve (Q)                                 | 0.00                                             | 1.00         |
| Sismo (A)                                 |                                                  |              |

| Situación 2: Sísmica |                                                  |              |
|----------------------|--------------------------------------------------|--------------|
|                      | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              |
|                      | Favorable                                        | Desfavorable |
| Carga permanente (G) | 1.00                                             | 1.00         |
| Sobrecarga (Q)       | 0.00                                             | 1.00         |
| Viento (Q)           | 0.00                                             | 0.00         |
| Nieve (Q)            | 0.00                                             | 1.00         |
| Sismo (A)            | -1.00                                            | 1.00         |

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 3.2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (DB SE-AE)

#### 3.2.1 ACCIONES GRAVITATORIAS. SEGÚN CTE SE-AE

##### A) LOSA 1

Losa armada , h=25cm

|                        |                                   |
|------------------------|-----------------------------------|
| Peso propio forjado    | 6,25 kN/m <sup>2</sup>            |
| Pavimento              | 1,60 kN/m <sup>2</sup>            |
| Elementos de cobertura | variable: 4 a 8 kN/m <sup>2</sup> |
| Sobrecarga uso         | 5,00 kN/m <sup>2</sup>            |
| Sobrecarga bomberos    | 20,00 kN/m <sup>2</sup>           |
| Sobrecarga nieve       | 0,65 kN/m <sup>2</sup>            |

NOTA: las sobrecargas nos son concomitantes entre sí.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 3.2.2.-ACCIÓN DEL VIENTO SEGÚN CTE SE-AE

La acción del viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto (presión estática  $q_e$ ), se obtiene en función de la geometría del edificio, la zona eólica y grado de aspereza del entorno de proyecto, y la altura sobre el punto considerado.

En este caso dada la ubicación del forjado , y del entorno global de la urbanización, no es necesario considerar la acción del viento.

### 3.2.3.- ACCIONES TÉRMICA SEGÚN CTE SE-AE

Para la evaluación de la acción térmica se ha tenido en cuenta el artículo art. 3.4 de CTE SE-AE y además los siguientes factores:

- La forma y tamaño del edificio.
- Las temperaturas de referencia de construcción del edificio.
- Las temperaturas máxima y mínima, de verano e invierno respectivamente.
- El efecto de la radiación solar.

En este caso, dada la pequeña envergadura de la obra no es necesario la realización de juntas de dilatación.

#### **Acción térmica considerada SEGÚN art. 3.4 de CTE SE-AE**

### 3.2.4.- NIEVE

Se consideran los valores representados en el punto 3.2.1 de este documento.

### 3.2.5.-INCENDIO:

Se toma como efecto de la acción del incendio únicamente el derivado del efecto de la temperatura en la resistencia del elemento estructural.

### 3.3. CIMENTACIONES (DB SE-C)

El comportamiento de la cimentación **en relación a la capacidad portante** (resistencia y estabilidad) se ha comprobado frente a los estados límite últimos asociados con el colapso total o parcial del terreno o con el fallo estructural de la cimentación.

En general se han considerado los siguientes:

- a) pérdida de la capacidad portante del terreno de apoyo de la cimentación por hundimiento, deslizamiento o vuelco;
- b) pérdida de la estabilidad global del terreno en el entorno próximo a la cimentación;
- c) pérdida de la capacidad resistente de la cimentación por fallo estructural; y
- d) fallos originados por efectos que dependen del tiempo (durabilidad del material de la cimentación, fatiga del terreno sometido a cargas variables repetidas).

Las verificaciones de los estados límite últimos, que aseguran la capacidad portante de la cimentación, son las siguientes:

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

- En la comprobación de estabilidad, el equilibrio de la cimentación (estabilidad al vuelco o estabilidad frente a la subpresión) se ha verificado, para las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:

$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$  siendo:

$E_{d,dst}$  el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras;

$E_{d,stab}$  el valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

- En la comprobación de resistencia, la resistencia local y global del terreno se ha verificado, para las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:

$E_d \leq R_d$  siendo:

$E_d$  el valor de cálculo del efecto de las acciones;

$R_d$  el valor de cálculo de la resistencia del terreno.

- La comprobación de la resistencia de la cimentación como elemento estructural se ha verificado cumpliendo que el valor de cálculo del efecto de las acciones del edificio y del terreno sobre la cimentación no supera el valor de cálculo de la resistencia de la cimentación como elemento estructural.

El comportamiento de la cimentación **en relación a la aptitud al servicio** se ha comprobado frente a los estados límite de servicio asociados con determinados requisitos impuestos a las deformaciones del terreno por razones estéticas y de servicio. En general se han considerado los siguientes:

a) los movimientos excesivos de la cimentación que puedan inducir esfuerzos y deformaciones anormales en el resto de la estructura que se apoya en ellos, y que aunque no lleguen a romperla afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones; límites según artículo 2.4.3 del DB C.

b) las vibraciones que al transmitirse a la estructura pueden producir falta de confort en las personas o reducir su eficacia funcional;

c) los daños o el deterioro que pueden afectar negativamente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

La verificación de los diferentes estados límite de servicio que aseguran la aptitud al servicio de la cimentación, es la siguiente:

El comportamiento adecuado de la cimentación se ha verificado, para las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:

$E_{ser} \leq C_{lim}$  siendo:

$E_{ser}$  el efecto de las acciones;

$C_{lim}$  el valor límite para el mismo efecto.

Los diferentes tipos de cimentación requieren, además, las siguientes comprobaciones y criterios de verificación, relacionados más específicamente con los materiales y procedimientos de construcción empleados:

### CIMENTACIONES DIRECTAS.

En el comportamiento de las cimentaciones directas se ha comprobado que el coeficiente de seguridad disponible con relación a las cargas que producirían el agotamiento de la resistencia del terreno para cualquier mecanismo posible de rotura, es adecuado. Se han considerado los estados límite últimos siguientes: a) hundimiento; b) deslizamiento; c) vuelco; d) estabilidad global; y e) capacidad estructural del cimiento; verificando las comprobaciones generales expuestas.

En el comportamiento de las cimentaciones directas se ha comprobado que las tensiones transmitidas por las cimentaciones dan lugar a deformaciones del terreno que se traducen en asentamientos, desplazamientos horizontales y giros de la estructura que no resultan excesivos y que no podrán originar una pérdida de la funcionalidad, producir fisuraciones, agrietamientos, u otros daños. Se han considerado los estados límite de servicio siguientes: a) los movimientos del terreno

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

son admisibles para el edificio a construir; y b) los movimientos inducidos en el entorno no afectan a los edificios colindantes; verificando las comprobaciones generales expuestas y las comprobaciones adicionales del DB-SE-C 4.2.2.3.

**DIMENSIONES Y ARMADO:** Las dimensiones y armados se indican en los planos de estructura. Se han dispuesto armaduras que cumplen con las cuantías mínimas indicadas en la tabla 42.3.5 de la CODIGO ESTRUCTURAL atendiendo al elemento estructural considerado.

**CONDICIONES DE EJECUCION:** Sobre la superficie de excavación del terreno se debe extender una capa de hormigón de regularización llamada solera de asiento (hormigón de limpieza) que tiene un espesor mínimo de 10cm y sirve de base a la cimentación. Esta capa podrá no colocarse siempre y cuando se tomen 2 precauciones:

- Se aumentará el canto del elemento de cimentación (losa, zapata, viga, etc.) en 5cm, manteniendo la cota de rasante de la cara superior del elemento según queda definida en los planos de proyecto.
- Los separadores o calzos de las armaduras inferiores serán de 8cm., para garantizar impedir la agresión del elemento estructural por parte del terreno.

### ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.

En las excavaciones se han tenido en cuenta las consideraciones del DB-SE-C 7.2 y en los estados límite últimos de los taludes se han considerado las configuraciones de inestabilidad que pueden resultar relevantes; en relación a los estados límite de servicio se ha comprobado que no se alcanzan en las estructuras, viales y servicios del entorno de la excavación.

En el diseño de los rellenos, en relación a la selección del material y a los procedimientos de colocación y compactación, se han tenido en cuenta las consideraciones del DB-SE-C 7.3, que se deberán seguir también durante la ejecución.

### CIMENTACIONES PROFUNDAS.

En el comportamiento de las cimentaciones profundas se han considerado los estados límite últimos siguientes: a) estabilidad global; b) hundimiento; c) rotura por arrancamiento; d) rotura horizontal del terreno bajo cargas del pilote; e) capacidad estructural del pilote; verificando las comprobaciones generales expuestas.

En el comportamiento de las cimentaciones profundas se ha comprobado que las tensiones transmitidas por las cimentaciones dan lugar a deformaciones del terreno que se traducen en asentamientos, desplazamientos horizontales y giros de la estructura que no resultan excesivos y que no podrán originar una pérdida de la funcionalidad, producir fisuraciones, agrietamientos, u otros daños. Se han considerado los estados límite de servicio siguientes: a) los movimientos del terreno son admisibles para el edificio a construir; y b) los movimientos inducidos en el entorno no afectan a los edificios colindantes; verificando las comprobaciones generales expuestas y analizando los problemas indicados en DB-SE-C 5.3.3.

### PANTALLA DE MICROPILOTES ARRIOSTRADA

- Características de los micropilotes:  
Los micropilotes proyectados para el sostenimiento de tierras tienen las siguientes características:
  - o Diámetro de perforación: 200 mm.
  - o Materiales: Lechada o mortero  $f_{ck,28} = 25 \text{ N/mm}^2$  (3)  
Armadura tubular  $f_{yk} = 540 \text{ N/mm}^2$

La lechada no se ha tenido en cuenta en los cálculos a efecto de la determinación de la capacidad estructural de los micropilotes, con lo que la resistencia característica a 28 días es un valor orientativo, pudiendo darse de forma puntual valores inferiores de dicha resistencia.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

La condición para verificar la resistencia de la pantalla frente a los efectos o solicitaciones producidas por los esfuerzos actuantes es:

$$\sigma_d = \frac{N_d}{A_s} + \frac{M_d}{W} \leq \sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

-  $A_s$ : área de la armadura.

-  $W$ : módulo resistente de la armadura.

-  $\gamma_s = 1,05$ : coeficiente de seguridad parcial de acero (acero garantizado).

El coeficiente de seguridad utilizado para la mayoración de acciones es  $\gamma_f = 1,50$ . Además por la presencia de las roscas de la armadura tubular se minora la resistencia con un coeficiente de 0,85.

En cuanto a la durabilidad de los micropilotes, de acuerdo a las clases de exposición general (XC2) y específica (XA1), a expensas de los análisis de agresividad del terreno que actualmente no está indicado en el Informe Geotécnico, se prevé un recubrimiento superior a 25 mm, empleándose para la lechada un cemento CEM I / 32,5N / MR.

Nota: El tipo de cemento podrá variar respecto a lo indicado en el presente documento, siempre y cuando se respete la clase resistente del mismo y la resistencia frente al ataque por sulfatos.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 3.4. ACERO (CODIGO ESTRUCTURAL/CTE)

#### 3.4.1. BASES DE CÁLCULO

Para verificar el cumplimiento del apartado 3.2 del Documento Básico SE, se ha comprobado:  
La estabilidad y la resistencia (estados límite últimos) y la aptitud para el servicio (estados límite de servicio):

##### Estados límite últimos

La determinación de la resistencia de las secciones se hace de acuerdo a lo especificado en el Código Estructural, partiendo de las esbelteces, longitudes de pandeo y esfuerzos actuantes para todas las combinaciones definidas en la presente memoria, teniendo en cuenta la interacción de los mismos y comprobando que se cumplen los límites de resistencia establecidos para los materiales seleccionados.

##### Estados límite de servicio

Se comprueba que todas las barras cumplen, para las combinaciones de acciones establecidas en el apartado 4.3.2 del Documento Básico SE, con los límites de deformaciones, flechas y desplazamientos horizontales.

#### 3.4.2. DURABILIDAD

Los perfiles de acero están protegidos de acuerdo a las condiciones de uso y ambientales y a su situación, de manera que se asegura su resistencia, estabilidad y durabilidad durante el periodo de vida útil, debiendo mantenerse de acuerdo a las instrucciones de uso y plan de mantenimiento correspondiente.

Se han considerado las estipulaciones del apartado 3 del DB-SE-A, y que se recogen en el presente proyecto en los planos de arquitectura y construcción, y en el apartado de pliego de condiciones técnicas. A tal efecto:

- Se prevé la corrosión del acero mediante una estrategia global que considere en forma jerárquica al edificio en su conjunto (situación, uso, etc.), la estructura (exposición, ventilación, etc.), los elementos (materiales, tipos de sección, etc.) y especialmente, los detalles, evitando:
  - La existencia de sistemas de evacuación de aguas no accesibles para su conservación que puedan afectar a elementos estructurales.
  - La formación de rincones, en nudos y en uniones a elementos no estructurales, que favorezcan el depósito de residuos o suciedad.
  - El contacto directo con otros metales (el aluminio de las carpinterías de cerramiento, muros cortina, etc.)
  - El contacto directo con yesos.
- En el proyecto de edificación se indicarán las protecciones adecuadas a los materiales para evitar su corrosión, de acuerdo con las condiciones ambientales internas y externas del edificio. A tal fin se utilizará la norma UNE-ENV 1090-1:1997, tanto para la definición de ambientes, como para la definición de las especificaciones a cumplir por las pinturas y barnices de protección, axial como por los correspondientes sistemas de aplicación.
- Los materiales protectores se almacenarán y utilizarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante y su aplicación se realizará dentro del periodo de vida útil del producto y en el tiempo indicado para su aplicación, de modo que la protección quede terminada en dichos plazos.
- A los efectos de la preparación de las superficies a proteger y del uso de las herramientas adecuadas se utilizará la norma UNE-ENV 1090-1:1997

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

- Las superficies que no se pueden limpiar por chorreado, se someterán a un cepillado metálico que elimine la cascarilla de laminación y después se limpiarán para quitar el polvo, el aceite o grasa.
- Todos los abrasivos utilizados en la limpieza y preparación de las superficies a proteger serán compatibles con los productos de protección a emplear.
- Los métodos de recubrimiento : metalización, galvanización y pintura se especificarán y ejecutarán de acuerdo con la normativa específica al respecto y las instrucciones del fabricante. Se utilizará la norma UNE-ENV 1090-1:1997.
- Se definirán y cuidarán especialmente las superficies que deban transmitir esfuerzos por rozamiento, superficies de soldaduras y para el soldeo, superficies inaccesibles y expuestas exteriormente, superficies en contacto con el hormigón, la terminación de las superficies de aceros resistentes a la corrosión atmosférica, el sellado de los espacios en contacto con ambiente agresivo y el tratamiento de los elementos de fijación. Para todo ello se utilizará la norma UNE-ENV1090-1:1997.
- En aquellas estructuras que, como consecuencia de las consideraciones ambientales indicadas, sea necesario revisar la protección de las mismas, el proyecto prevé la inspección y mantenimiento de las protecciones, asegurando, de modo permanente los accesos y el resto de condiciones físicas necesarias para ello.

### 3.4.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El análisis estructural se ha realizado con el modelo descrito en el Código estructural, discretizándose las barras de acero con las propiedades geométricas obtenidas de las bibliotecas de perfiles de los fabricantes o calculadas de acuerdo a la forma y dimensiones de los perfiles.

Las secciones a efectos de dimensionamiento se clasifican de acuerdo a la tabla 5.1 del Documento Básico SE A, aplicando los métodos de cálculo descritos en la tabla 5.2 y los límites de esbeltez de las tablas 5.3, 5.4, y 5.5 del mencionado documento.

La traslacionalidad de la estructura se contempla aplicando los métodos descritos en el apartado 5.3.1.2 del Documento Básico SE A teniendo en consideración los correspondientes coeficientes de amplificación.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 3.5. HORMIGON, CUMPLIMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN CODIGO ESTRUCTURAL

#### 3.5.1. BASES DE CÁLCULO:

La vida útil nominal considerada para la estructura proyectada es de 50 años.

Durante este periodo se debe satisfacer los requisitos siguientes:

- Seguridad y funcionalidad estructural: consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que la estructura tenga un comportamiento mecánico inadecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto, considerando la totalidad de su vida útil.
- Seguridad en caso de incendio: consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de la estructura sufran daños derivados de un incendio de origen accidental.
- Higiene, salud y protección del medio ambiente: consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que se provoquen impactos inadecuados sobre el medio ambiente como consecuencia de la ejecución de las obras.

Para asegurar la fiabilidad requerida a la estructura, Ésta se ha comprobado mediante cálculo frente a los estados límite últimos y de servicio que se consideran en el DB-SE y que se desarrollan en el punto 3.1 y frente al estado límite de durabilidad.

Además de las exigencias que establece el CTE en el documento DB-SE comentadas en el punto 3.1 de esta memoria, las estructuras de hormigón tienen que cumplir como exigencia de aptitud al servicio una limitación en las aberturas características de fisura según la tabla 5.1.1.2 del CODIGO ESTRUCTURAL y que se justifica en este apartado.

#### 3.5.2. BASES DE CÁLCULO ADICIONALES ORIENTADAS A LA DURABILIDAD:

La CODIGO ESTRUCTURAL, define un estado límite, de Durabilidad, que consiste en verificar que el tiempo necesario para que el agente agresivo produzca un ataque o degradación significativa es mayor que el valor de cálculo de la vida útil del edificio.

Para poder realizar la comprobación del estado límite de durabilidad, se define el tipo de ambiente al que está sometido cada elemento estructural, definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto. El tipo de ambiente se define según la tabla 8.2.2 (clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras) y la tabla 8.2.3.a (clases de exposición relativas a otros procesos del deterioro distintos de la corrosión).

Para que la estructura cumpla con el estado límite de durabilidad se ha seguido una estrategia que considera todos los posibles mecanismos de degradación, y se han adoptado medidas específicas en función de la agresividad a la que se encuentra sometido cada elemento.

### ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

#### 3.5.2.1. JUSTIFICACIÓN DE LAS CLASES DE EXPOSICIÓN CONSIDERADAS PARA LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA:

| Elemento estructural | Clase general de exposición | Clase específica de exposición | justificación                                                                                                                                                 |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cimentación          | <b>XC2</b>                  | -                              | Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente en contacto con agua o enterradas en suelos no agresivos (por ejemplo, cimentaciones).              |
| Forjados y muros     | <b>XC4</b>                  | -                              | Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, expuestos al contacto con el agua, de forma no permanente (por ejemplo, la procedente de la lluvia) |

#### 3.5.2.2. ESTRATEGIA PARA LA DURABILIDAD:

a) Se han seleccionado las **formas estructurales adecuadas**, de acuerdo con lo indicado en el artículo 43.1 del CODIGO ESTRUCTURAL.

b) **Calidad** adecuada del **hormigón** de acuerdo con lo indicado en el artículo 44 del CODIGO ESTRUCTURAL.

Requisitos generales:

Contenido mínimo de cemento, tabla 43.2.1.a:

Máxima relación a/c, tabla 43.2.1.a:

|                                       |
|---------------------------------------|
| -ambiente XC2= 275 kg/m <sup>3</sup>  |
| -ambiente XC4 = 300 kg/m <sup>3</sup> |
| - ambiente XC2 = 0,60                 |
| ambiente XC4 = 0,55                   |

c) Espesor de **recubrimiento** adecuado para la protección de las armaduras, según art. 44.2.1.

| Clase de exposición: | Tipo de cemento: | Resist. característica del hormigón: | Vida útil: | Recubrimiento mínimo: | Recubrimiento nominal: |
|----------------------|------------------|--------------------------------------|------------|-----------------------|------------------------|
| XC2                  | CEM I            | 25Mpa                                | 50         | 20                    | 30                     |
| XC4                  | CEM I            | 30Mpa                                | 50         | 20                    | 30                     |

d) Control de la **abertura máxima de fisura**, según art. 27.2.

| Clase de exposición: | Tipo de hormigón: | Ancho de fisura: |
|----------------------|-------------------|------------------|
| XC2                  | Hormigón armado   | 0,3              |
| XC4                  | Hormigón armado   | 0,3              |

#### 3.5.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL:

Los coeficientes de minoración de los materiales son los correspondientes a un *control de ejecución de la estructura normal* según la tabla A19.2.1 del Anejo 19 del CODIGO ESTRUCTURAL.

El análisis global de la estructura se realiza mediante un análisis lineal con redistribución del 15% de momentos negativos en vigas, y con el método simplificado para la redistribución de esfuerzos en forjados, según el CODIGO ESTRUCTURAL.

El análisis con redistribución limitada solamente se utiliza para comprobaciones en estado límite último.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 3.5.4. CUANTÍAS GEOMÉTRICAS:

Serán como mínimo las fijadas por el CODIGO ESTRUCTURAL en el apartado 9.2.1.1.

### 3.5.5. LÍMITES DE DEFORMACIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO:

#### 3.5.5.1. LIMITACIÓN DE LAS FLECHAS EN ELEMENTOS FLECTADOS:

Para el cálculo de las flechas en los elementos flectados, vigas y forjados, se tendrán en cuenta tanto las deformaciones instantáneas como las diferidas, calculándose las inercias equivalentes de acuerdo a lo indicado en la norma.

Para el cálculo de las flechas se ha tenido en cuenta tanto el proceso constructivo, como las condiciones ambientales, edad de puesta en carga, de acuerdo a unas condiciones habituales de la práctica constructiva en la edificación convencional. Por tanto, a partir de estos supuestos se estiman los coeficientes de fluencia pertinentes para la determinación de la flecha activa, suma de las flechas instantáneas más las diferidas producidas con posterioridad a la construcción de las tabiquerías.

El dimensionado se ha realizado satisfaciendo las limitaciones de flecha máxima relativa admisible que vienen en el código técnico de la edificación (art. 4.3.3.1) y que se detallan en la tabla siguiente:

En general:

| Elemento                                                      | Total diferida                | Activa |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------|
| Jácena de apeo de muros de carga de fábrica de ladrillo       | L/1000                        | -      |
| Jácena de apeo de estructuras de pilares y jácenas            | L/750                         | -      |
| Pisos con tabiques frágiles                                   | -                             | L/500  |
| Pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas | Menor de L/250<br>y L/500+1cm | L/400  |
| Resto de los casos                                            | -                             | L/300  |

Siendo L la luz del vano.

#### 3.5.5.2. LIMITACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES:

|                                                          |                      |
|----------------------------------------------------------|----------------------|
| Desplome local (relativo a la altura entre plantas)      | $\delta / h < 1/250$ |
| Desplome total (relativo a la altura total del edificio) | $\delta / H < 1/500$ |

### 3.6. ACCIÓN SÍSMICA (NCSE-02)

En la determinación de las acciones sísmicas se ha considerado la Norma de Construcción Sismorresistente.

|                                   |                                                                  |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Localidad/Provincia               | Tafalla/Navarra                                                  |
| Clasificación de la construcción: | Construcción de importancia normal                               |
| Tipo de Estructura:               | Elementos de hormigón armado                                     |
| Aceleración Sísmica Básica (ab):  | $Ab < 0.04 \text{ g}$ , (siendo g la aceleración de la gravedad) |

### NO ES DE APLICACIÓN. (\*)

(\*) De acuerdo al punto 1.2.3 Criterios de aplicación de la Norma de la NCSE-02:

La aplicación de esta Norma es obligatoria en las construcciones recogidas en el artículo 1.2.1, excepto:  
— En las construcciones de importancia moderada.

## **ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL**

- En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$  sea inferior a  $0,04g$ , siendo  $g$  la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$  (art. 2.1) sea inferior a  $0,08g$ .

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### ANEXO 01:

#### DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO EMPLEADO POR EL PROGRAMA CYPECAD:

##### A: ESTRUCTURA:

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura: pilares, pantallas H.A., muros, vigas y forjados.

Se establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando 6 grados de libertad, y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento rígido del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo (diafragma rígido). Por tanto, cada planta sólo podrá girar y desplazarse en su conjunto (3 grados de libertad).

La consideración de diafragma rígido para cada zona independiente de una planta se mantiene aunque se introduzcan vigas y no forjados en la planta.

Cuando en una misma planta existan zonas independientes, se considerará cada una de éstas como una parte distinta de cara a la indeformabilidad de esa zona, y no se tendrá en cuenta en su conjunto. Por tanto, las plantas se comportarán como planos indeformables independientes. Un pilar no conectado se considera zona independiente.

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático, (excepto cuando se consideran acciones dinámicas por sismo, en cuyo caso se emplea el análisis modal espectral), y se supone un comportamiento lineal de los materiales y, por tanto, un cálculo de primer orden, de cara a la obtención de desplazamientos y esfuerzos.

##### A.1: Discretización de la estructura

La estructura se discretiza en elementos tipo barra, emparillados de barras y nudos, y elementos finitos triangulares de la siguiente manera:

- **1. Pilares:** Son barras verticales entre cada planta, definiendo un nudo en arranque de cimentación o en otro elemento, como una viga o forjado, y en la intersección de cada planta, siendo su eje el de la sección transversal. Se consideran las excentricidades debidas a la variación de dimensiones en altura. La longitud de la barra es la altura o distancia libre a cara de otros elementos.
- **2. Vigas:** se definen en planta fijando nudos en la intersección con las caras de soportes (pilares, pantallas o muros), así como en los puntos de corte con elementos de forjado o con otras vigas. Así se crean nudos en el eje y en los bordes laterales y, análogamente, en las puntas de voladizos y extremos libres o en contacto con otros elementos de los forjados. Por tanto, una viga entre dos pilares está formada por varias barras consecutivas, cuyos nudos son las intersecciones con las barras de forjados. Siempre poseen tres grados de libertad, manteniendo la hipótesis de diafragma rígido entre todos los elementos que se encuentren en contacto. Por ejemplo, una viga continua que se apoya en varios pilares, aunque no tenga forjado, conserva la hipótesis de diafragma rígido. Pueden ser de hormigón armado o metálicas en perfiles seleccionados de biblioteca.
- **3. Vigas de cimentación:** son vigas flotantes apoyadas sobre suelo elástico, discretizadas en nudos y barras, asignando a los nudos la constante de muelle definida a partir del coeficiente de balasto (ver anexo de Losas y vigas de cimentación).

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

- **4. Vigas inclinadas:** Se definen como barras entre dos puntos que pueden estar en un mismo nivel o planta o en diferentes niveles, creándose dos nudos en dichas intersecciones. Cuando una viga inclinada une dos zonas independientes no produce el efecto de indeformabilidad del plano con comportamiento rígido, ya que poseen seis grados de libertad sin coartar.
- **5. Forjados unidireccionales:** Las viguetas son barras que se definen en los paños huecos entre vigas o muros, y que crean nudos en las intersecciones de borde y eje correspondientes de la viga que intersectan. Se puede definir doble y triple vigueta, que se representa por una única barra con alma de mayor ancho. La geometría de la sección en **T** a la que se asimila cada vigueta se define en la correspondiente ficha de datos del forjado.
- **6. Forjados de Placas Aligeradas.** Son forjados unidireccionales discretizados por barras cada 40 cm. Las características geométricas y sus propiedades resistentes se definen en una ficha de características del forjado, que puede introducir el usuario, creando una biblioteca de forjados aligerados. Se pueden calcular en función del proceso constructivo de forma aproximada, modificando el empotramiento en bordes, según un método simplificado.
- **7. Losas macizas:** La discretización de los paños de losa maciza se realiza en mallas de elementos tipo barra de tamaño máximo de 25 cm y se efectúa una condensación estática (método exacto) de todos los grados de libertad. Se tiene en cuenta la deformación por cortante y se mantiene la hipótesis de diafragma rígido. Se considera la rigidez a torsión de los elementos.
- **8. Losas de cimentación:** son losas macizas flotantes cuya discretización es idéntica a las losas normales de planta, con muelles cuya constante se define a partir del coeficiente de balasto. Cada paño puede tener coeficientes diferentes.
- **9. Forjados reticulares:** la discretización de los paños de forjado reticular se realiza en mallas de elementos finitos tipo barra cuyo tamaño es de un tercio del intereje definido entre nervios de la zona aligerada, y cuya inercia a flexión es la mitad de la zona maciza, y la inercia a torsión el doble de la de flexión. La dimensión de la malla se mantiene constante tanto en la zona aligerada como en la maciza, adoptando en cada zona las inercias medias antes indicadas. Se tiene en cuenta la deformación por cortante y se mantiene la hipótesis de diafragma rígido. Se considera la rigidez a torsión de los elementos.
- **10. Pantallas H.A.:** Son elementos verticales de sección transversal cualquiera, formada por rectángulos múltiples entre cada planta, y definidas por un nivel inicial y un nivel final. La dimensión de cada lado es constante en altura, pudiendo disminuirse su espesor. En una pared (o pantalla) una de las dimensiones transversales de cada lado debe ser mayor que cinco veces la otra dimensión, ya que si no se verifica esta condición no es adecuada su discretización como elemento finito, y realmente se puede considerar un pilar como elemento lineal. Tanto vigas como forjados se unen a las paredes a lo largo de sus lados en cualquier posición y dirección, mediante una viga que tiene como ancho el espesor del tramo y canto constante de 25 cm. No coinciden los nudos con los nudos de la viga.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

- **11. Muros de hormigón armado y muros de sótano:** Son elementos verticales de sección transversal cualquiera, formada por rectángulos entre cada planta, y definidas por un nivel inicial y un nivel final. La dimensión de cada lado puede ser diferente en cada planta, pudiendo disminuirse su espesor en cada planta. En una pared (o muro) una de las dimensiones transversales de cada lado debe ser mayor que cinco veces la otra dimensión, ya que si no se verifica esta condición, no es adecuada su discretización como elemento finito, y realmente se puede considerar un pilar, u otro elemento en función de sus dimensiones. Tanto vigas como forjados y pilares se unen a las paredes del muro a lo largo de sus lados en cualquier posición y dirección.

Todo nudo generado corresponde con algún nodo de los triángulos.

La discretización efectuada es por elementos finitos tipo lámina gruesa tridimensional, que considera la deformación por cortante. Están formados por seis nodos, en los vértices y en los puntos medios de los lados con seis grados de libertad cada uno y su forma es triangular, realizándose un mallado del muro en función de las dimensiones, geometría, huecos, generándose un mallado con refinamiento en zonas críticas que reduce el tamaño de los elementos en las proximidades de ángulos, bordes y singularidades.

### A.2: REDISTRIBUCIONES CONSIDERADAS:

Coeficientes de Redistribución de Negativos. Se acepta una redistribución de momentos negativos en vigas y viguetas de hasta un 30%. Este parámetro puede ser establecido opcionalmente por el usuario, si bien se recomienda un 15% en vigas y un 25% en viguetas (valor por defecto). Esta redistribución se realiza después del cálculo.

Coeficiente de Empotramiento en última planta. De forma opcional se pueden redistribuir los momentos negativos en la unión de la cabeza del último tramo de pilar con extremo de viga; dicho valor estará comprendido entre 0 (articulado) y 1 (empotramiento), aunque se aconseja 0.3 como valor intermedio.

Se realiza una interpolación lineal entre las matrices de rigidez de barras biempotradas y empotradas-articuladas, que afecta a los términos  $\mathbf{E I/L}$  de las matrices:

$$K \text{ definitiva} = \alpha \cdot K \text{ biempotradas} + (1 - \alpha) \cdot K \text{ empot - artic.}$$

siendo  $\alpha$  el valor del coeficiente introducido.

Coeficiente de Empotramiento en cabeza y pie de pilar, en bordes de forjados, vigas; articulaciones en extremos de vigas. Es posible también definir un coeficiente de empotramiento de cada tramo de pilar en su cabeza y/o su pie en la unión (0 = articulado; 1 = empotrado) (valor por defecto). Los coeficientes de cabeza del último tramo de pilar se multiplican por éstos. Esta rótula plástica se considera físicamente en el punto de unión de la cabeza o pie con la viga o forjado tipo losa/reticular que acomete al nudo.

### A.3: RIGIDECES CONSIDERADAS:

Para la obtención de los términos de la matriz de rigidez se consideran todos los elementos de hormigón en su sección bruta.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Para el cálculo de los términos de la matriz de rigidez de los elementos se han distinguido los valores:

**EI/L:** rigidez a flexión

**GJ/L:** rigidez torsional

**EA/L:** rigidez axil

y se han aplicado los coeficientes indicados en la siguiente tabla:

| ELEMENTO                             | (EI <sub>y</sub> )       | (EI <sub>z</sub> ) | (G J)    | (EA)                           |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------|--------------------------------|
| <b>Pilares</b>                       | S.B.                     | S.B.               | S.B. · x | S.B.<br>coef.rigidez<br>z axil |
| <b>Vigas inclinadas</b>              | S.B.                     | S.B.               | S.B. · x | S.B.                           |
| <b>Vigas de hormigón y metálicas</b> | S.B.                     | □                  | S.B. · x | □                              |
| <b>Viguetas</b>                      | S.B./36                  | □                  | S.B. · x | □                              |
| <b>Zuncho de borde</b>               | S.B. · 10 <sup>-15</sup> | □                  | S.B. · x | □                              |
| <b>Apoyo y empot. en muro</b>        | S.B. · 10 <sup>-2</sup>  | □                  | S.B. · x | □                              |
| <b>Pantallas y muros</b>             | S.B.                     | S.B.               | E.P.     | SB ·<br>coef.rig.axil          |
| <b>Losas y reticulares</b>           | S.B.                     | □                  | S.B. · x | □                              |
| <b>Placas Aligeradas</b>             | S.B.                     | □                  | S.B. · x | □                              |

**S.B.:** sección bruta del hormigón

□□: no se considera por la indeformabilidad relativa en planta

**X:** coeficiente reductor de la rigidez a torsión

**E.P.:** elemento finito plano

Coeficientes de Rigidez a Torsión. Existe una opción que permite definir un coeficiente reductor de la rigidez a torsión (**x**), ver tabla anterior, de los diferentes elementos. Esta opción no es aplicable a perfiles metálicos. Cuando la dimensión del elemento sea menor o igual que el valor definido para barras cortas se tomará el coeficiente definido en las opciones. Se considerará la sección bruta (S.B.) para el término de torsión **GJ**, y también cuando sea necesaria para el equilibrio de la estructura.

Coeficiente de Rigidez Axil. Se considera el acortamiento por esfuerzo axil en pilares, muros y pantallas H.A. afectado por un coeficiente de rigidez axil variable entre 1 y 99.99 para poder simular el efecto del proceso constructivo de la estructura y su influencia en los esfuerzos y desplazamiento finales. El valor aconsejable es entre 2 y 3.

### A.3: MOMENTOS MINIMOS:

En las vigas también es posible cubrir un momento mínimo que sea una fracción del supuesto isostático **pL<sup>2</sup>/8**. Este momento mínimo se puede definir tanto para momentos negativos como para positivos con la forma **pL<sup>2</sup>/x**, siendo **x** un número entero mayor que 8. El valor por defecto es 0, es decir, no se aplican.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Se recomienda colocar, al menos, una armadura capaz de resistir un momento  $pl^2/32$  en negativos, y un momento  $pl^2/20$  en positivos. Es posible hacer estas consideraciones de momentos mínimos para toda la estructura o sólo para parte de ella, y pueden ser diferentes para cada viga. Cada norma suele indicar unos valores mínimos.

Análogamente se pueden definir unos momentos mínimos en forjados unidireccionales por paños de viguetas y para placas aligeradas. Se pueden definir para toda la obra o para paños individuales y/o valores diferentes. Un valor de 1/2 del momento isostático ( $= pl^2/16$  para carga uniforme) es razonable para positivos y negativos.

Las envolventes de momentos quedarán desplazadas, de forma que cumplan con dichos momentos mínimos, aplicándose posteriormente la redistribución de negativos considerada.

### A.3: COMPROBACIÓN Y DIMENSIONADO DE ELEMENTOS:

Para el dimensionado de las secciones de hormigón armado en estados límites últimos se emplean el **método de la parábola-rectángulo y el diagrama rectangular**, con los diagramas tensión-deformación del hormigón y para cada tipo de acero, de acuerdo con la normativa vigente.

Se utilizan los límites exigidos por las cuantías mínimas y máximas indicadas por las normas, tanto geométricas como mecánicas, así como las disposiciones indicadas referentes a número mínimo de redondos, diámetros mínimos y separaciones mínimas y máximas.

#### Vigas

Armadura Longitudinal por Flexión. La armadura se determina efectuando un cálculo a flexión simple en, al menos, 14 puntos de cada tramo de viga, delimitado por los elementos que contacta, ya sean viguetas, losas macizas o reticulares. En cada punto, y a partir de las envolventes de momentos flectores, se determina la armadura necesaria tanto superior como inferior (de tracción y compresión según el signo de los momentos) y se comprueba con los valores mínimos geométricos y mecánicos de la norma, tomando el valor mayor. Se determina para las dos envolventes, sísmicas y no sísmicas, y se coloca la mayor cuantía obtenida en ambos.

Otras consideraciones en el armado longitudinal. Dentro de la zona de apoyo del soporte o pilar se considera una variación lineal del canto de la viga (1/3), lo cual conduce a una reducción de la armadura necesaria, que será la mayor obtenida entre las caras de borde del soporte, no teniendo que coincidir con el eje del apoyo, siendo lo más normal próxima o en el borde de apoyo.

En cuanto a las pantallas y muros, dependiendo del ancho del lado al que acomete la viga, se calcula una longitud o luz de cálculo igual a la menor de:

- ☐ la distancia entre ejes de pantallas (o punto medio del eje de viga cortado)
- ☐ la luz libre (entre caras) más dos veces el canto

Con este criterio se obtienen las envolventes dentro de la pantalla y se obtiene la longitud de corte de las armaduras, que no superarán la luz de cálculo más dos cantos.

Si es necesaria la armadura de piel, lo cual se define en opciones debido al canto de la viga, se dispondrá en las caras laterales con el diámetro y separación mínima definida, de acuerdo a la norma y lo indicado en las opciones.

Armadura Longitudinal por Torsión. Conocida la armadura longitudinal por flexión, se calcula la armadura necesaria por torsión, de acuerdo a la norma, en cada sección. Si la armadura real colocada en esquinas es capaz de absorber ese incremento respecto a la necesaria por flexión, cumplirá. En caso contrario, será preciso aumentar la armadura longitudinal y una armadura adicional en las caras laterales, como si de armadura de piel se tratara.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

La comprobación de compresión oblicua por torsión y cortante se efectúa a un canto útil del borde de apoyo de acuerdo a la formulación de cada norma.

**Corte de las Armaduras Longitudinales.** Una vez conocida la envolvente de capacidades necesarias en cada sección, superior e inferior, se determina para cada punto una ley desplazada un canto útil más la longitud neta reducida ( $= \text{longitud de anclaje} \cdot \text{área necesaria} / \text{área real}$ ) en función de su posición (**II** = mala adherencia, **I** = buena adherencia), determinándose la longitud máxima en su zona para cada uno de los grupos de armado dispuesto en la dirección desfavorable o decreciente de los esfuerzos. De forma opcional estas longitudes se ajustan a unos mínimos definidos en función de un porcentaje de la luz y en múltiplos de 5 cm. En los extremos, se ancla la armadura de acuerdo a su terminación en patilla, calculando la rama vertical necesaria, colocando un mínimo si así se indica en las opciones. En apoyos intermedios se ancla la armadura de positivos a cada lado a partir del eje de apoyo, además de un mínimo de diez diámetros medidos desde la cara del soporte.

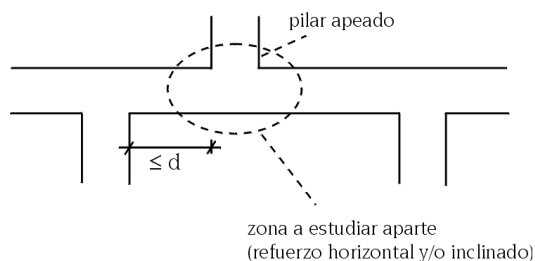
Cuando se genera la longitud máxima de barras, se cortan y se solapan las barras con un valor doble de la longitud de anclaje.

Con sismo, existe una opción en la que se ancla y solapa la armadura fuera de la zona confinada junto a los apoyos.

**Armadura Transversal (Estribos).** Para el dimensionado a esfuerzo cortante se efectúa la comprobación a compresión oblicua realizada en el borde de apoyo directo, y el dimensionado de los estribos a partir del borde de apoyo mencionado o de forma opcional a una distancia en porcentajes del canto útil, del borde de apoyo (Fig. 18). En cuanto al estribado, o refuerzo a cortante, es posible seleccionar los diámetros mínimos y separaciones en función de las dimensiones de la viga, así como simetría en la disposición de los mismos y empleo de distintos calibres según la zona de la viga. Se pueden definir estribos simples (que es siempre el perimetral de la sección), dobles, triples, así como ramas verticales. También se pueden disponer los estribos y ramas juntos, hasta dos y tres en la misma sección.

### Pilares apeados. Cargas próximas a los apoyos. Vigas de gran canto y vigas anchas.

En el caso particular de pilares apeados (sin vinculación exterior) en vigas, se dimensionan los estribos verticales con el valor del cortante en el borde de apoyo en ese tramo. Es importante recordar que, en el caso particular de pilares apeados o cargas puntuales próximos a los apoyos, es decir, a una distancia menor o igual a un canto útil, se produce una transmisión de la carga por bielas inclinadas de compresión y tracción que necesita armadura horizontal, en las mismas condiciones que en una ménsula corta, cuyos criterios de dimensionado no están contemplados en el programa. En este caso se debe realizar una comprobación y armado manual del tramo o tramos en los que esto ocurra, de acuerdo a lo que indique la norma para esos casos, además de complementar los dibujos de planos de vigas con los detalles adicionales correspondientes. También se puede resolver con barras inclinadas.



Comprobación de la fisuración en vigas.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

De forma opcional, se puede establecer un límite del ancho de fisura. La formulación utilizada corresponde al Código Modelo CEB-FIP. La anchura característica se calcula como:

$$W_k = 1.7 \cdot S_m \cdot E_{sm}$$
$$S_m = 2c + 0.25 + K_1 K_2 \frac{\phi A_{c,eficaz}}{A_s}$$
$$E_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[ 1 - \frac{K_3}{2.5 K_1} \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] \leq 0.4 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Donde

c: Recubrimiento de la armadura de tracción

s: Separación entre barras. Si  $s > 15d$ ,  $s = 15d$

$K_1$ : 0.4 (barras corrugadas)

$K_2$ : 0.125 (flexión simple)

$A_s$ : Área total de las barras en el área eficaz

$A_{c, eficaz}$ : Área eficaz que envuelve a las armaduras, en una altura de 1/4 de la altura de la viga.

$\sigma_s$ : Tensión de servicio de la armadura

$\sigma_{sr}$ : Tensión de la armadura en el momento de la figuración

$E_s$ : Módulo de elasticidad del acero  $K_3$ : 0.5

Esta formulación se aplica en general, excepto para la norma NB-1 y Eurocódigo 2 que tienen su formulación específica. Si se activa esta comprobación y no se cumple, se alargan las barras o aumenta la cuantía para cumplir, emitiendo un mensaje de aviso (no es un error) en los errores de vigas.

### **Pilares, Pantallas y muros de hormigón armado**

Pilares. El dimensionado de pilares de hormigón se realiza en flexión-compresión esviada. A partir de la tabla de armado seleccionada para la obra, se comprueban de forma secuencial creciente de cuantía los armados definidos, que pueden ser simétricos a dos caras, a cuatro o en un porcentaje de diferencia, se comprueba si todas las combinaciones posibles cumplen dicho armado en función de los esfuerzos. Se establece la compatibilidad de esfuerzos y deformaciones y se comprueba que con dicho armado no se superan las tensiones del hormigón y del acero ni sus límites de deformación, ya que la posición de las armaduras es conocida por la tabla.

Se considera la excentricidad mínima o accidental, así como la excentricidad adicional de pandeo según la norma, limitando el valor de la esbeltez mecánica  $\lambda$ , de acuerdo a lo indicado en la norma

Pantallas y muros de hormigón armado. Conocido el estado tensional, una vez calculados los esfuerzos y para cada combinación, se comprueban en cada cara de armado tanto en vertical como en horizontal las tensiones y deformaciones del hormigón y del acero para la armadura dispuesta en las tablas, aumentándose de forma secuencial hasta que algún armado cumpla para todas las combinaciones. Asimismo se comprueba en el sentido transversal, calculándose el refuerzo si es necesario. Este proceso se repite para cada uno de los lados de la pantalla o muro.

De acuerdo con la norma de aplicación se realizan las comprobaciones de cuantías mínimas y máximas, separaciones mínimas y máximas, así como las comprobaciones dimensionales de los lados (el ancho de un lado es superior a cinco veces su espesor).

Se comprueban los límites de esbeltez en pantallas para cada lado, no verificándose para muros.

Muros de Fábrica. Se comprueban los límites de tensión en compresión y en tracción (10% de la compresión) con un factor de cumplimiento del 80%.

Recuerde que la hipótesis de diafragma rígido a nivel de planta coarta deformaciones y produce esfuerzos de pico, que a veces son poco representativos, conduciendo a un armado elevado, de

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

ahí la utilidad del factor de cumplimiento, para permitir que unas zonas no penalicen el armado del resto del muro, supuesto un armado común por planta.

### **Forjados Unidireccionales**

El cálculo de los forjados unidireccionales se realiza de forma individualizada para cada vigueta en flexión simple. Se obtiene el valor máximo del momento positivo MF expresado en kp x m (dN x m en S.I.) y por metro de ancho, mayorado.

Dado que en el proyecto se desconoce el forjado definitivo a ejecutar en obra, se debe exigir al suministrador del mismo el cumplimiento de las deformaciones máximas (flechas) en función de su módulo de flecha (EI), así como la verificación a cortante en función del tipo de vigueta a colocar, además del cumplimiento de los momentos positivos y el armado de negativos.

Puesto que se consulta el valor de los momentos positivos, no se hace la comprobación de si es o no necesaria armadura de compresión en vano. Por último, se recuerda que el valor expresado de los cortantes en extremos de viguetas en planos está mayorado y por metro de ancho.

### **Placas Aligeradas**

Proceso de cálculo utilizado. Conocido el momento positivo de cálculo  $M_d$  máximo, se busca en la columna de flexión positiva del forjado, M. ULT., un valor superior al de cálculo. Paralelamente, y en función del ambiente definido para el paño, se busca en la columna de M. SER. (1, 2 ó 3) y con el valor del momento de servicio (obtenido con las combinaciones de desplazamientos), y se comparan, hasta que se encuentre un valor que cumpla. Se elige el tipo de placa que cumpla ambas condiciones. Si no es posible se emite un mensaje advirtiendo que está fuera de tablas.

De la misma manera, y para la placa seleccionada por flexión y ambiente, se comprueba en la columna de cortante de flexión negativa y positiva del forjado si el cortante de cálculo es menor que el resistido por el forjado. Si no cumple se emite un aviso advirtiendo del hecho.

Las longitudes de las barras se determinan en función de la envolvente de momentos, y las longitudes mínimas definidas en las opciones.

Las envolventes se obtienen de acuerdo a los esfuerzos actuantes, redistribución considerada y momentos mínimos aplicados.

Cuando no se hayan definido datos para el cálculo de flecha, ambiente o cortante, no se realiza dicha comprobación.

Proceso constructivo. Puede seleccionar el cálculo con sopandas o como autoportante.

A. Con sopandas. El cálculo que realiza el programa cuando consideramos continuidad, con un valor del coeficiente de empotramiento en bordes=1, es un cálculo estático sometido a la carga total = carga permanente + sobrecarga, lo cual equivale a construir el forjado sobre sopandas, y al retirarlas, queda el forjado sometido a dicha carga total.

B. Como autoportante Los forjados de placas prefabricadas aligeradas se construyen normalmente sin sopandas, por lo que el estado final de esfuerzos se compone de dos estados:

1. La placa sometida al peso propio del forjado p, obteniéndose una ley de esfuerzos isostática ( $M=pl^2/8$ ).
2. El forjado en continuidad sometido a la carga adicional posterior a la ejecución del forjado, formada por las cargas muertas y la sobrecarga de uso.

La superposición de ambos estados conduce a unos esfuerzos, que, en la mayoría de los casos, da mayores momentos positivos que negativos.

En la presente versión no se realiza el cálculo en dos fases, por lo que si el forjado se va a construir sin sopandas (caso B), puede obtener, de forma razonablemente aproximada, unos resultados acordes a lo esperado, modificando los coeficientes de empotramiento de los paños en continuidad.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### **Forjados de Losa Maciza**

Armatura Base. De forma opcional se puede definir una armadura base superior e inferior, longitudinal y transversal, que pueden ser diferentes, definibles y modificables según una tabla de armado. Esta armadura será colaborante siempre si se define. Es posible aumentarla, si por el cálculo es preciso, a flexión, ya sea por trabajo como armadura comprimida o por el cumplimiento de unos mínimos de cuantías especificadas en **Opciones**.

Armatura Longitudinal de Refuerzo. En cada nudo de la malla se conocen los momentos flectores en dos direcciones y el momento torsor. En general, las direcciones principales de la losa no coinciden con las direcciones de armado impuestas para la misma. Aplicando el método de **Wood**, internacionalmente conocido, que considera el efecto de la torsión para obtener el momento de armado en cada dirección especificada, efectuándose un reparto transversal en cada nudo con sus adyacentes a izquierda y a derecha en una banda de un metro, sumándose en cada nudo los esfuerzos del nudo más los del reparto, a partir de los cuales se obtiene el área necesaria superior e inferior en cada dirección, que se especifica por metro de ancho al dividir por el tamaño de la malla o distancia entre nudos, para obtener un valor homogéneo y comparable en todos los nudos.

Se comprueba el cumplimiento de las cuantías geométricas mínimas, tanto superior, como inferior y total, así como las cuantías geométricas y mecánicas de la cara de tracción. También se comprueba que la armadura en una dirección sea un porcentaje de la otra, todo ello de acuerdo a las opciones activas.

Con todo ello se obtienen unas envolventes de cuantías y el área necesaria en cada dirección por metro de ancho y se calculan unos refuerzos longitudinales de acuerdo a las tablas de armado definidas. El punto de corte de las barras se realiza aumentando a dicha longitud la longitud neta reducida de anclaje según su posición (I ó II) y el decalaje de la ley en función del canto útil y según la normativa.

El cumplimiento de los diámetros máximos y separaciones se realiza por medio de las tablas de armado, en las que se especifican los diámetros y separaciones en función de un campo de variación de los cantos. La consideración de la torsión es opcional, aunque se aconseja que se considere siempre.

#### Armatura Transversal

A.-Punzonamiento. En superficies paralelas a los bordes de apoyo, considerando como tales a los pilares, pantallas, muros, vigas y apoyos en muros, y situada a una distancia de medio canto útil ( $0.5 d$ ), se verifica el cumplimiento de la tensión límite de punzonamiento, de acuerdo a la norma. No debe olvidarse que la comprobación de punzonamiento es una comprobación de tensiones tangenciales, que es lo que realiza el programa, obteniendo el valor de las tensiones tangenciales a partir de los cortantes en los nudos próximos, interpolando linealmente en los puntos de corte del perímetro de punzonamiento.

B.-Cortante. A partir de la sección de comprobación a punzonamiento ( $0.5 d$ ) y en superficies paralelas a una distancia de  $0.75 d$ , se realiza la comprobación a cortante en toda la superficie de la losa, hasta encontrarse todas las superficies radiadas a partir de los bordes de apoyo. Si es necesario reforzar, se indica el número y el diámetro de los refuerzos a colocar con la misma tipología que lo indicado para el punzonamiento.

### **Forjados Reticulares**

Los criterios para los forjados reticulares son los mismos que los indicados para las losas macizas, con las siguientes diferencias.

Armatura Base. Se puede definir o no una armadura base, distinguiendo para ello la zona macizada de la zona aligerada.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

A. Armadura Base en Zona Maciza (Ábacos). Por defecto, se considera una armadura base formada por 2 redondos, según unas tablas, que se extiende de borde a borde de ábaco, distribuida entre los ejes de los nervios y que colabora siempre que se considere.

Esta armadura ni se mide ni se dibuja en la versión actual de **CYPECAD**. Por tanto, es el proyectista quien debe suministrar un detalle tipo de dicha armadura base, también llamada «*de montaje de ábacos*», que complemente la información contenida en los planos, aunque en el cuadro de características se describa dicha armadura base.

B. Armadura Base en Nervios. Por defecto no se considera. Por tanto, se debe elegir y determinar en cada dirección. Existen unas tablas de armado que permiten su definición, así como su combinación posible en los refuerzos adicionales a colocar en los nervios. Si se indica en **Opciones** que se detalle, se dibujará y se medirá. En caso contrario, sólo será posible colocar un rótulo a nivel general sin medición ni dibujo en el cuadro de características.

Armadura Longitudinal de Refuerzo. Se aplican los mismos criterios que en el caso de las losas macizas, sólo que el armado se concentra en los nervios. Previamente se deben agrupar las envolventes de los elementos adyacentes al nervio para el cálculo concentrado de la armadura en la posición del nervio.

Armadura Transversal. En la zona de ábacos o zona maciza se efectúa un cálculo idéntico al de las losas macizas frente a cortante y punzonamiento.

En los nervios de la zona aligerada se efectúa la comprobación a cortante en los nervios cada 0.75 d. Si es necesario reforzar, coloca ramas verticales del diámetro necesario a la separación y número que se dibuja en planos y por pantalla.

### A.4: DEFORMACIONES EN VIGAS:

De forma opcional se pueden definir los siguientes límites de flecha:

☐ Flecha instantánea:

Peso propio

Sobrecarga

Total

☐ Flecha total a plazo infinito

☐ Flecha activa

Para cada una de ellas se puede limitar el valor relativo  $L/xxx$  ó  $L/xxx + xx$  cm; o la flecha absoluta en cm.

Cada norma puede establecer diferentes límites, y el usuario puede fijar lo que considere pertinente para cada cálculo.

Lo más habitual es la flecha activa.

Para la determinación de la flecha total a plazo infinito, se ha indicado en las opciones la definición de los coeficientes de fluencia a plazo infinito a aplicar tanto para peso propio como para sobrecarga, que multiplicarán a la flecha instantánea para obtener la flecha diferida.

La flecha total será la suma de la flecha instantánea más la diferida.

Se determina la flecha máxima activa en vigas utilizando el método de la doble integración de curvaturas. Analizando una serie de puntos se obtiene la inercia bruta, homogeneizada, fisurada y el giro por hipótesis, calculado a partir de la ley de variación de curvaturas.

El programa calcula los esfuerzos y desplazamientos por hipótesis, partiendo del valor del módulo de elasticidad longitudinal secante del hormigón, por lo que la reducción de dicho módulo de elasticidad en función del clima, curado, etc. Se deberá corregir por medio de los correspondientes coeficientes de fluencia a aplicar a las deformaciones instantáneas y diferidas.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

La flecha que se obtiene, llamada activa, es la diferida más la instantánea debida a las cargas permanentes (después de construir el tabique) y a las cargas variables. Los coeficientes de fluencia (o multiplicadores de la flecha instantánea) para el cálculo de las deformaciones en vigas se pueden consultar en las opciones generales, así como los valores por defecto.

Se calcula la flecha por el método indicado debido a las cargas permanentes ( $f_G$ ) y las cargas variables ( $f_Q$ ). La flecha activa total será:

$$f_A = Y_g \cdot f_G + Y_q \cdot f_Q$$

siendo

**$Y_g$ :** Coeficiente global de fluencia para las cargas permanentes

**$Y_q$ :** Coeficiente global de fluencia para las cargas variables

Estos valores pueden variarse en función de los porcentajes de cada fracción de las cargas definidas como permanentes y variables en el diálogo de opciones de **Coeficientes de Fluencia-Flecha Activa**, así como de los propios coeficientes que se definan para su efecto instantáneo o diferido.

Se recomienda consultar la normativa de aplicación al respecto, bibliografía específica, y consultar a empresas de control de proyectos para una correcta definición de dichos coeficientes, dado que tanto el proceso constructivo, el grado de humedad y temperatura en la fecha de hormigonado, curado del hormigón, plazo de desencofrado, edad de puesta en carga, etc., son factores determinantes que pueden hacer que el valor de la flecha sea la mitad o el doble, por lo que los valores indicados en el programa son orientativos, y pueden servir para unas condiciones favorables habituales de construcción.

### A.4: DEFORMACIONES ENFORJADOS:

Forjados Unidireccionales. No se comprueba en la versión actual. Por tanto, debe comprobarse manualmente una vez que se conozca el forjado a colocar, en base al módulo de flecha del mismo, conocidos los momentos positivos, negativos y armadura colocada.

Placas Aligeradas. De forma opcional se pueden definir los siguientes límites de flecha:

☐ Flecha instantánea:

Peso propio

Sobrecarga

Total

☐ Flecha total a plazo infinito

☐ Flecha activa

Para cada una de ellas se puede limitar el valor relativo  $L/xxx$  ó  $L/xxx + xx$  cm; o la flecha absoluta en cm.

Cada norma puede establecer diferentes límites, y el usuario puede fijar lo que considere pertinente para cada cálculo.

Lo más habitual es la flecha activa.

Para la determinación de la flecha total a plazo infinito, se ha indicado en las opciones la definición de los coeficientes de fluencia a plazo infinito a aplicar tanto para peso propio como para sobrecarga, que multiplicarán a la flecha instantánea para obtener la flecha diferida.

La flecha total será la suma de la flecha instantánea más la diferida.

Forjados de Losa maciza y Reticulares. Se proporcionan en cualquier nudo de la malla de todas las plantas los valores de los desplazamientos por hipótesis simples (aquellas que se hayan definido en

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

el proyecto: permanentes o peso propio; variables, que incluyen sobrecargas de uso generales, separadas, ...; viento y sismo). En particular, se puede obtener el desplazamiento máximo por hipótesis de cada paño.

Queda a juicio del proyectista la estimación de la flecha activa, con los coeficientes de fluencia que considere oportuno, y a partir de la determinación manual de las flechas instantáneas conocidas, deducidas de los desplazamientos verticales por hipótesis que suministra el programa.

Se recuerda que en una losa los desplazamientos verticales son absolutos, es decir que si consultamos en un nudo junto a un pilar o soporte, veremos que también tienen desplazamientos verticales (según el eje **z**), luego para determinar la flecha entre dos soportes, debemos restar los desplazamientos de los soportes, ya que la flecha es un descenso relativo respecto a los apoyos extremos, o puntos de inflexión en una dirección dada de la deformación. Este efecto es más acusado en las plantas altas de los edificios por el acortamiento elástico de los pilares de hormigón.

Si los desplazamientos de pilares son muy pequeños, se puede estimar la suma de los desplazamientos debidos a las cargas gravitatorias verticales (**peso propio + sobrecargas**) y multiplicadas por un valor entre 2.5 y 3, según el proceso constructivo. De esta forma se obtienen unos valores aproximados en la práctica habitual de cálculo de edificios. Conocida la flecha absoluta, se podrá determinar la flecha relativa (**L/XXX**), observando los apoyos de las zonas adyacentes al punto de máxima flecha absoluta y tomando la luz menor de las posibles contiguas.

Recuerde que en losas macizas y reticulares, se deben respetar unos cantos razonables para las luces habituales y cargas normales de edificación dentro de las esbelteces que suelen indicar las normas (menores si es posible), así como una distribución de soportes con luces compensadas, es la mejor garantía para no tener problemas de deformaciones. Una ejecución adecuada con recubrimientos correctos también nos asegurará un comportamiento bueno frente a deformaciones excesivas.

Utilice los isovalores para visualizar los desplazamientos verticales, con las indicaciones anteriormente mencionadas.

### B: CIMENTACIONES:

En el presente apartado se indican las consideraciones generales tenidas en cuenta para la comprobación y dimensionado de los elementos de cimentación definibles en **CYPECAD** bajo soportes verticales del edificio definidos 'con vinculación exterior'.

#### B.1: ZAPATA AISLADA:

**CYPECAD** efectúa el cálculo de zapatas de hormigón armado. Siendo el tipo de zapatas a resolver los siguientes:

- Zapatas de canto constante
- Zapatas de canto variable o piramidales

En planta se clasifican en:

- Cuadradas
- Rectangulares centradas
- Rectangulares excéntricas (caso particular: medianeras y de esquina)

Cada zapata puede cimentar un número ilimitado de soportes (pilares, pantallas y muros) en cualquier posición.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Las cargas transmitidas por los soportes, se transportan al centro de la zapata obteniendo su resultante. Los esfuerzos transmitidos pueden ser:

N: axil

Mx: momento x

My: momento y

Qx: cortante x

Qy: cortante y

T: torsor

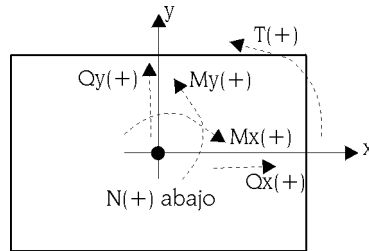


Fig. 22

Las hipótesis consideradas pueden ser: Peso propio, Sobrecarga, Viento, Nieve y Sismo. Los estados a comprobar son:

- Tensiones sobre el terreno
- Equilibrio
- Hormigón (flexión y cortante)

Se puede realizar un dimensionado a partir de las dimensiones por defecto definidas en las opciones del programa, o de unas dimensiones dadas.

También se puede simplemente obtener el armado a partir de una geometría determinada.

La comprobación consiste en verificar los aspectos normativos de la geometría y armado de una zapata.

### Tensiones sobre el terreno

Se supone una ley de deformación plana para la zapata, por lo que se obtendrá en función de los esfuerzos unas leyes de tensiones sobre el terreno de forma trapezoidal. No se admiten tracciones, por lo que, cuando la resultante se salga del núcleo central, aparecerán zonas sin tensión.

La resultante debe quedar dentro de la zapata, pues si no es así no habría equilibrio. Se considera el peso propio de la zapata.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

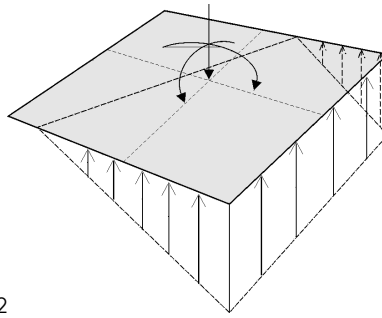


Fig. 2

Se comprueba que:

- La tensión media no supere la del terreno.
- La tensión máxima en borde no supere en un % la media según el tipo de combinación:
  - gravitatoria: 25 %
  - con viento: 33 %
  - con sismo: 50 %

Estos valores son opcionales y modificables.

### Estados de equilibrio

Aplicando las combinaciones de estado límite correspondientes, se comprueba que la resultante queda dentro de la zapata.

El exceso respecto al coeficiente de seguridad se expresa mediante el concepto % de reserva de seguridad:

$$\left( \frac{0.5 \cdot \text{ancho zapata}}{\text{excentricidad resultante}} - 1 \right) \cdot 100$$

Si es cero, el equilibrio es el estricto, y si es grande indica que se encuentra muy del lado de la seguridad respecto al equilibrio.

### Estados de hormigón

Se debe verificar la flexión de la zapata y las tensiones tangenciales.

Momentos flectores. En el caso de pilar único, se comprueba con la sección de referencia situada a 0.15 la dimensión el pilar hacia su interior.

Si hay varios soportes, se hace un barrido calculando momentos en muchas secciones a lo largo de toda la zapata. Se efectúa en ambas direcciones x e y, con pilares metálicos y placa de anclaje, en el punto medio entre borde de placa y perfil.

Cortantes. La sección de referencia se sitúa a un canto útil de los bordes del soporte. Si hay varios podrían solaparse las secciones por proximidad, emitiéndose un aviso.

Anclaje de las armaduras. Se comprueba el anclaje en sus extremos de las armaduras, colocando las patillas correspondientes en su caso, y según su posición.

Cantos mínimos. Se comprueba el canto mínimo que especifique la norma.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

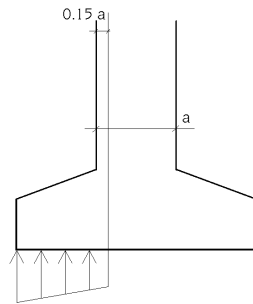


Fig. 24

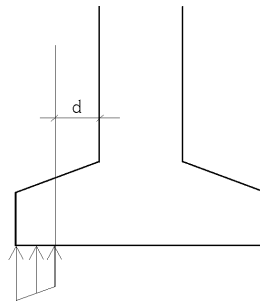


Fig. 25

Separación de armaduras. Se comprueba las separaciones mínimas entre armaduras de la norma, que en caso de dimensionamiento se toma un mínimo práctico de 10 cm.

Cuantías mínimas y máximas. Se comprueba el cumplimiento de las cuantías mínimas, mecánicas y geométricas que especifique la norma.

Diámetros mínimos. Se comprueba que el diámetro sea al menos los mínimos de la norma.

Dimensionado. El dimensionado a flexión obliga a disponer cantos para que no sea necesaria armadura de compresión. El dimensionado a cortante, lo mismo, para no tener que colocar refuerzo transversal.

Comprobación a compresión oblicua. Se realiza en el borde de apoyo, no permitiendo superar la tensión en el hormigón por rotura a compresión oblicua. Dependiendo del tipo de soporte, se pondera el axil del soporte por:

- Soportes interiores: 1.15
- Soportes medianeros: 1.4
- Soporte esquina: 1.5

Para tener en cuenta el efecto de la excentricidad de las cargas.

Se dimensionan zapatas rígidas siempre, aunque en comprobación solamente se avisa de su no cumplimiento en su caso ( $\text{vuelo/canto} \leq 2$ ).

En dimensionamiento de zapatas de varios soportes, se limita la esbeltez a 8, siendo la esbeltez la relación entre la luz entre soportes dividido por el canto de la zapata. Se dispone de unas opciones de dimensionamiento de manera que el usuario pueda escoger la forma de crecimiento de la zapata, o fijando alguna dimensión, en función del tipo de zapata. Los resultados lógicamente pueden ser diferentes según la opción seleccionada.

Cuando la ley de tensiones no ocupe toda la zapata, pueden aparecer tracciones en la cara superior por el peso de la zapata en voladizo, colocándose una armadura superior si fuese necesario.

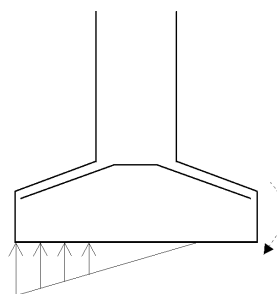


Fig. 26

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

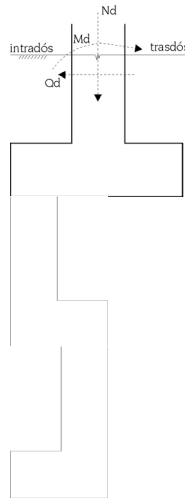
### B.2: ZAPATA CORRIDA BAJO MURO:

El programa calcula zapatas corridas de hormigón armado bajo muro.

Este tipo de zapata corrida bajo muro se puede utilizar en muros de contención y muros de sótano de edificios o muros portantes.

Hay tres tipos de zapatas:

- con vuelos a ambos lados
- con vuelo a la izquierda
- con vuelo a la derecha



Se utiliza como cimentación de muros de hormigón armado y muros de fábrica.

Se dimensiona y comprueba de la misma forma que las zapatas rectangulares (consúltelo en el apartado **Zapatas Aisladas**), por tanto tiene sus mismas posibilidades (inclusión de pilares próximos en la misma) y sus mismos condicionantes.

La única diferencia radica en la forma de aplicar las cargas.

Mientras que en un pilar las cargas se aplican en su centro-eje geométrico, ya sea cuadrado o rectangular alargado, en un muro se convierte en una ley de cargas a lo largo del muro de forma discreta, es como convertir una resultante en una ley de tensiones aplicadas a lo largo de la base del muro, discretizada en escalones que internamente realiza el programa según sus dimensiones. De una forma sencilla, expresándolo gráficamente:

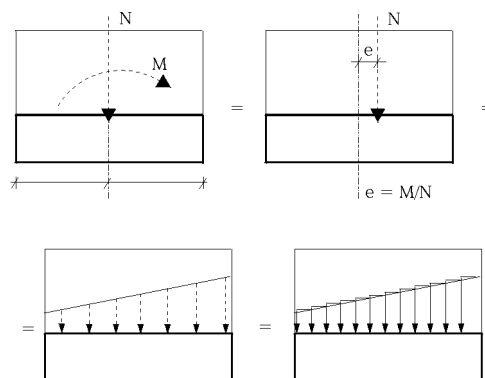
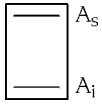


Fig. 27

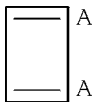
### B.3: VIGAS CENTRADORAS:

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

El programa calcula vigas centradoras de hormigón armado entre cimentaciones. Las vigas centradoras se utilizan para el centrado de zapatas y encepados. Existen dos tipos:



- momentos negativos:  $A_s > A_i$



- momentos positivos: armado simétrico

Existen unas tablas de armado para cada tipo, definibles y modificables.

Los esfuerzos sobre las vigas centradoras son:

- Momentos y cortantes necesarios para su efecto de centrado.
- No admite cargas sobre ella ni se considera su peso propio. Se supone que las transmiten al terreno sin sufrir esfuerzos.
- Los esfuerzos que reciben, cuando son varias, un elemento zapata o encepado son proporcionales a sus rigideces.
- Pueden recibir esfuerzos sólo por un extremo o por ambos.

Si su longitud es menor de 25 cm, se emite un aviso de viga corta.

Existe una tabla de armado para cada tipo, comprobándose su cumplimiento para los esfuerzos a la que se encuentra sometida.

Se realizan las siguientes comprobaciones:

- diámetro mínimo de la armadura longitudinal
- diámetro mínimo de la armadura transversal
- cuantía geométrica mínima de tracción
- cuantía mecánica mínima (se acepta reducción)
- cuantía máxima de armadura longitudinal
- separación mínima entre armaduras longitudinales
- separación mínima entre cercos
- separación máxima de la armadura longitudinal
- separación máxima de cercos
- ancho mínimo de vigas ( $\geq 1/20$  luz)
- canto mínimo de vigas ( $\geq 1/20$  luz)
- comprobación a fisuración (0.3 mm)
- longitud anclaje armadura superior
- longitud anclaje armadura de piel
- longitud anclaje armadura inferior

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

- comprobación a flexión (no tener armadura de compresión)
- comprobación a cortante (hormigón + estribos resisten el cortante)

Se admite una cierta tolerancia en el ángulo de desvío de la viga centradora cuando entra por el borde de la zapata ( $15^\circ$ ).

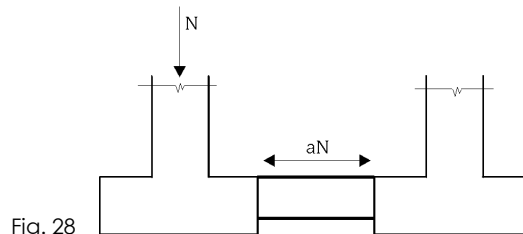
Existe una opción que permite fijar una cuantía geométrica mínima de tracción.

Hay unos criterios para disponer la viga respecto a la zapata, en función el canto relativo entre ambos elementos, enrasándola por la cara superior o inferior.

Para todas las comprobaciones y dimensionado se utilizan las combinaciones de vigas centradoras como elemento de hormigón armado, excepto para fisuración que se utilizan las de tensiones sobre el terreno.

### B.4: VIGAS DE ATADO:

El programa calcula vigas de atado entre cimentaciones de hormigón armado.



Las vigas de atado sirven para arriostrar las zapatas, absorbiendo los esfuerzos horizontales por la acción del sismo.

A partir del axil máximo, se multiplica por la aceleración sísmica de cálculo 'a' (no menor que 0.05), y estos esfuerzos se consideran de tracción y compresión ( $a \cdot N$ ).

De forma opcional se dimensionan a flexión para una carga uniforme  $p$  (1 T/ml ó 10 kN/ml) producida por la compactación de las tierras y solera superior. Se dimensionan para un momento  $pl^2/12$  positivo y negativo y un cortante  $pl/2$ , siendo  $l$  la luz de la viga.

Para el dimensionado se utilizan las combinaciones llamadas de Vigas Centradoras como elemento de hormigón armado.

**Se utilizan unas tablas de armado con armado simétrico en las caras.**

Se hacen las siguientes comprobaciones:

- diámetro mínimo de la armadura longitudinal
- diámetro mínimo de la armadura transversal
- cuantía geométrica mínima de la armadura de tracción (si se ha activado la carga de compactación)
- cuantía geométrica mínima de la armadura de compresión (si se ha activado la carga de compactación)
- armadura mecánica mínima
- separación mínima entre armaduras longitudinales
- separación máxima entre armaduras longitudinales
- separación mínima entre cercos
- separación máxima entre cercos
- ancho mínimo de vigas ( $1/20$  luz)
- canto mínimo de vigas ( $1/12$  luz)

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

- fisuración (0.3 mm, no considerando el sismo)
- longitud de anclaje armadura superior
- longitud de anclaje armadura piel
- longitud de anclaje armadura inferior
- comprobación a cortante (sólo con carga de compactación)
- comprobación a flexión (sólo con carga de compactación)
- comprobación a axil

Existen opciones para extender el estribado hasta la cara de la zapata o hasta el soporte. También son opcionales la posición de la viga con enrase superior o inferior con la zapata en función de sus cantos relativos.

### B.5: ENCEPADOS (SOBRE PILOTES):

El programa calcula encepados de hormigón armado sobre pilotes de sección cuadrada o circular de acuerdo a las siguientes tipologías:

- Encepado de 1 pilote. (A)
- Encepado de 2 pilotes. (B)
- Encepado de 3 pilotes. (C)
- Encepado de 4 pilotes. (D)
- Encepado lineal. Puede elegir el número de pilotes. Por defecto son 3. (B)
- Encepado rectangular. Puede elegir el número de pilotes. Por defecto son 9. (D)
- Encepado rectangular sobre 5 pilotes (uno central). (D)
- Encepado pentagonal sobre 5 pilotes. (C)
- Encepado pentagonal sobre 6 pilotes. (C)
- Encepado hexagonal sobre 6 pilotes. (C)
- Encepado hexagonal sobre 7 pilotes (uno central) (C)

**Nota:** Con **CYPECAD** es posible definir varios soportes sobre un mismo encepado

### *Criterios de cálculo*

Los encepados tipo A se basan en el modelo de cargas concentradas sobre macizos. Se arman con cercos verticales y horizontales (opcionalmente con diagonales).

Los encepados tipo B se basan en modelos de bielas y tirantes. Se arman como vigas, con armadura longitudinal inferior, superior y piel, además de cercos verticales.

Los encepados tipo C se basan en modelos de bielas y tirantes. Se pueden armar con vigas laterales, diagonales, parrillas inferiores y superiores, y armadura perimetral de zunchado.

Los encepados tipo D se basan en modelos de bielas y tirantes. Se pueden armar con vigas laterales, diagonales (salvo el rectangular), parrillas inferiores y superiores.

Cualquier encepado se puede comprobar o dimensionar.

La comprobación consiste en verificar los aspectos geométricos y mecánicos con unas dimensiones y armadura dadas. Pueden definirse o no cargas. El dimensionado necesita cargas, y a partir de unas dimensiones mínimas que toma el programa (dimensionado completo) o de unas dimensiones iniciales que aporta el usuario (dimensiones mínimas), se obtiene (si es posible) una geometría y armaduras de acuerdo a la norma y opciones definidas.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Siendo la norma CODIGO ESTRUCTURAL-98 la que mayor información y análisis suministra para el cálculo de encepados, se ha adoptado como norma básica para los encepados, siempre rígidos, y en aquellos casos en los que ha sido posible para otras normas tales como la ACI-318/95, CIRSOC, NB-1, EH-91, bibliografía técnica como el libro de 'Estructuras de cimentación' de Marcelo da Cunha Moraes, y criterios de **CYPE Ingenieros**, se ha aplicado dichos principios. En los listados de comprobación se hace referencia a la norma aplicada y artículos.

### Criterio de signos

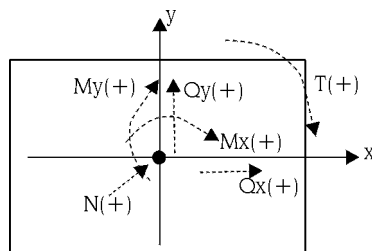


Fig. 29

### Consideraciones de cálculo y geometría

Al definir un encepado, necesita también indicar los pilotes, tipo, número y posición. Es un dato del pilote su capacidad portante, es decir la carga de servicio que es capaz de soportar (sin mayorar).

Previamente será necesario calcular la carga que reciben los pilotes, que serán el resultado de considerar el peso propio del encepado, las acciones exteriores y la aplicación de la fórmula clásica de Navier:

$$P_i = \frac{N}{n^{\circ} \text{ pilotes}} + M_x \cdot \frac{x_i}{\sum x_i^2} + M_y \cdot \frac{y_i}{\sum y_i^2}$$

con las combinaciones de tensiones sobre el terreno.

El pilote más cargado se compara en su capacidad portante y si la supera se emite un aviso.

Cuando se define un pilote, se pide la distancia mínima entre pilotes. Este dato lo debe proporcionar el usuario (valor por defecto 1.00 m) en función del tipo de pilote, diámetro, terreno, etc.

Al definir un encepado de más de un pilote, debe definir las distancias entre ejes de pilotes (1.00 m por defecto). Se comprueba que dicha distancia sea superior a la distancia mínima.

La comprobación y dimensionado de pilotes se basa en la carga máxima del pilote más cargado aplicando las combinaciones de Hormigón seleccionadas a las cargas por hipótesis definidas.

Si quiere que todos los encepados de una misma tipología tengan una geometría y armado tipificado para un mismo tipo de pilote, disponer de una opción en encepados, que se llama **Cargas por pilote**, que al activarla permite unificar los encepados, de manera que pueda dimensionar el encepado para la capacidad portante del pilote. En este caso defina un coeficiente de mayor ración de la capacidad portante (coeficiente de seguridad para considerarlo como una combinación más) denominado **Coeficiente de Aprovechamiento del Pilote** (1.5 por defecto). Si no quiere considerar toda la capacidad portante del pilote, puede definir un porcentaje de la misma, que se ha llamado Fracción de cargas de pilotes, variable entre 0 y 1 (1 por defecto). En este caso, el programa determinará el máximo entre el valor anterior que es función de la capacidad portante, y el máximo de los pilotes por las cargas exteriores aplicadas.

En algunas zonas y países es práctica habitual, pues se obtiene un único encepado por diámetro y número de pilotes, simplificando la ejecución. Esta opción está desactivada por defecto.

Respecto a los esfuerzos, se realizan las siguientes comprobaciones:

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

- aviso de tracciones en los pilotes: tracción máxima  $\square$  10% compresión máxima
- aviso de momentos flectores: será necesario disponer vigas centradoras
- aviso de cortantes excesivos: si el cortante en alguna combinación supera el 3% del axil con viento, o en otras combinaciones de la conveniencia de colocar pilotes inclinados.
- aviso de torsiones si existen tales definidos en las cargas

Si se introducen vigas centradoras, dichas vigas absorberán los momentos en la dirección en la que actúen. En encepados de 1 pilote son siempre necesarias en ambas direcciones. En encepados de 2 pilotes y lineales lo son en la dirección perpendicular a la línea de pilotes.

El programa no considera ninguna excentricidad mínima o constructiva, aunque suele ser habitual considerar para evitar replanteos incorrectos de los pilotes o del propio encepado un 10% del axil. Incremente los momentos en esta cantidad  $0.10 \times N$  en las hipótesis de cargas correspondientes si lo considera necesario.

Si actuara más de una viga centradora en la misma dirección, se repartirá proporcionalmente a sus rigideces el momento. Comprobaciones que realiza:

- Comprobaciones generales:
  - aviso de pantalla
  - aviso de soportes muy separados (en **CYPECAD**)
  - aviso que no hay soportes definidos
  - vuelo mínimo desde el perímetro del pilote
  - vuelo mínimo desde el eje del pilote
  - vuelo mínimo desde el pilar
  - ancho mínimo pilote
  - capacidad portante del pilote

- Comprobaciones particulares:

Para cada tipo de encepado se realizan las comprobaciones geométricas y mecánicas que indica la norma. Le recomendamos que realice un ejemplo de cada tipo y obtenga el listado de comprobación, en donde puede verificar todas y cada una de las comprobaciones realizadas, avisos emitidos y referencias a los artículos de la norma o criterio utilizado por el programa.

De los encepados puede obtener listados de los datos introducidos, medición de los encepados, tabla de pilotes, y listado de comprobación.

En cuanto a los planos, podrá obtener gráficamente la geometría y armaduras obtenidas así como un cuadro de medición y resumen.

**Nota importante:** Como se ha mencionado anteriormente, es posible definir varios soportes en un mismo encepado, tipo pilar o pantalla, por lo que se han impuesto algunas restricciones geométricas en forma de aviso en cuanto a las distancias de los soportes al borde o a los pilotes.

Cuando existen varios soportes sobre un encepado, se obtiene la resultante de todos ellos aplicada al centro del encepado, utilizando el método de bielas y tirantes, y suponiendo rígido el encepado, por lo que debe asumir la validez de dicho método, que según el caso particular de

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

que se trate pudiera quedar fuera del campo de aplicación de dicho método, por lo que deberá hacer las correcciones manuales y cálculos complementarios necesarios si sale fuera del campo de validez de dicho método e hipótesis consideradas.

### B.6: CIMENTACIONES FLOTANTES:

#### LOSAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN

Discretización. La discretización efectuada para losas y vigas de cimentación es la misma que en forjados:

- ☐ **losas:** malla de elementos tipo barra de tamaño 0.25 x 0.25 m (emparrillado con muelles en los nudos).
- ☐ **vigas:** elementos lineales tipo barra, definiendo nudos en las intersecciones con otros elementos, dividida en 14 tramos con nudos, si no intersectan con otros elementos. En los nudos, muelles.

Se considera la cimentación apoyada sobre un suelo elástico (método del coeficiente de balasto), de acuerdo al modelo de WINKLER, basado en una constante de proporcionalidad entre fuerzas y desplazamientos, cuyo valor es el coeficiente de balasto. Se recuerda que este método no puede estudiar la interacción entre cimientos próximos.

$$P = K \cdot y$$

**p:** tensión (T/m<sup>2</sup>) **K:** coeficiente de balasto (T/m<sup>3</sup>)

**y:** desplazamiento (m) vertical

Opciones de cálculo. Todas las opciones de cálculo, parámetros definibles, redistribución, momentos mínimos, cuantías, tablas de armado, etc., definibles para vigas y losas son de aplicación en cimentaciones flotantes. (Consulte valores en el programa).

Acciones a considerar. Sobre las vigas y losas de cimentación hay que decir que forman parte de la globalidad de la estructura, luego interaccionan entre sí con el resto de la estructura, ya que forman parte de la matriz global de rigidez de la estructura. Por tanto se pueden aplicar cargas sobre dichos elementos, al igual que cualquier viga o losa de la estructura de la que forma parte.

Materiales a emplear. Se definen de forma específica los materiales a utilizar, hormigón y acero, como un elemento más de la estructura, solamente distinguidos porque son elementos que descansan en el terreno.

Combinaciones. Los estados límites a comprobar son los correspondientes al dimensionado de elementos de hormigón armado (estados límites últimos), y a la comprobación de tensiones, equilibrio y despegue (estados límite de servicio).

- ☐ **Despegue:** cuando el desplazamiento vertical en algún nudo de losa o viga de cimentación es hacia arriba se indica que existe despegue, lo cual puede suceder en una o varias combinaciones de desplazamientos. Puede suceder y a veces sucede en obras con acciones horizontales fuertes. Si esto ocurre, debe revisar la estructura, rigidizando más la base, si es posible, y aumentando las dimensiones de la cimentación en planta y/o espesor. (Se incluye un fichero de texto con valores).
- ☐ **Equilibrio:** se comprueba en vigas de cimentación. Si en la sección transversal se calcula la resultante de tensiones y queda fuera de ancho de la viga, no hay equilibrio y se emite un mensaje de error, que se incluye en los errores de vigas.
- ☐ **Tensiones:** conocidos los desplazamientos en los nudos para cada combinación, se calculan las tensiones multiplicando por el coeficiente de balasto:

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

$$p = K \cdot y$$

En el caso de viga de cimentación, se calcula la tensión en los bordes a partir del desplazamiento vertical, más el producto del giro de la sección por la distancia del eje introducido a cada borde. Se incluyen en un fichero de texto los puntos y la tensión de todos aquellos nudos que superan la tensión admisible definida para el terreno, y en los bordes, los que superan en un 25% la tensión admisible.

---

### NOTA TECNICA DE MICROPILOTES

La Dirección Facultativa de la Obra especifica que además de los ensayos indicados en el pliego de condiciones particulares de esta obra, se realizarán los siguientes ensayos específicos para la ejecución del proyecto:

#### **1.- MICROPILOTES**

Se establecen los siguientes puntos de control para verificar la integridad de los micropilotes:

##### **1.a) Control de la perforación y colocación de la armadura:**

- Al realizar la perforación se comprobará que el estado y características del terreno se corresponden con las previstas en el proyecto. En caso contrario se deberán analizar las repercusiones de dichas variaciones.
- Se comprobará el replanteo de cada uno de los micropilotes, ejecutándose posteriormente la perforación respetando las siguientes tolerancias geométricas:

- **Posición** del eje de la boca de la perforación no deberá estar desplazado más de 50mm respecto de su posición teórica (a comprobar incluso con cinta métrica). Se efectuará en todos y cada uno de los taladros.
- **Diámetro nominal** del micropilote: su posible reducción debida al desgaste de los útiles de perforación, deberá ser inferior o igual a dos milímetros, a comprobar dichos útiles con calibre. Se verificará cada vez que se cambien de útiles de perforación o cuando se observe un desgaste apreciable y en todo caso, en al menos un 5% de los micropilotes que se ejecuten.
- **Longitud** de la perforación: no debe diferir en más de 20cm, de la indicada en proyecto, a comprobar midiendo, incluso con cinta métrica, la longitud de los útiles de perforación empleados. Esta verificación se realizará en al menos un 20% de los taladros, con un mínimo de 3 unidades por tajo.
- **Inclinación** del taladro; no se deberá de desviar más de dos grados sexagesimales respecto de la teórica, comprobándose con clinómetro o escuadra con doble graduación en milímetros. Se efectuará en al menos un 5% de los taladros con un mínimo de 3 unidades por tajo.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### - Colocación de la armadura:

- No podrán utilizarse productos de acero como armadura tubular que no adjunten su documentación completa.
- Después de finalizar la perforación se procederá a la colocación de la armadura a la mayor brevedad posible.
- Previamente se comprobará que la longitud del taladro se encuentra libre de obstáculos y limpia de incrustaciones y se comprobará el estado de las uniones de las armaduras tubulares.
- La colocación se efectuará sin alterar la posición de ninguno de sus elementos.
- Se empleará el número necesario de centradores para garantizar la correcta colocación de la armadura y asegurar el recubrimiento mínimo frente a la corrosión. Se colocarán al menos cada 3 metros de longitud de armadura.
- Si se utilizan barras corrugadas además de la armadura tubular, se dispondrán elementos de forma que centren esta armadura.
- Se recomienda que la armadura tubular quede a una distancia mínima de diez centímetros del fondo del taladro.

### **1.b) Control de la fabricación de la lechada o mortero y del proceso de inyección; y de la armadura.**

- Se efectuarán controles para verificar la idoneidad de la mezcla, como del proceso de inyección.

- Se dividirá la obra en lotes de control y se fijará el número de muestras y ensayos a llevar a cabo por cada lote, incluyendo como mínimo:

- Con frecuencia diaria, los siguientes controles:

- Tiempo de amasado.
- Relación agua cemento.
- Cantidad de aditivo utilizado.
- Viscosidad con el cono de Marsh.
- Densidad aparente de la lechada con una balanza de lodos, inmediatamente antes de la inyección.

- Al menos dos veces por semana se efectuará una toma de muestras para realizar los siguientes ensayos:

- De resistencia a compresión de la lechada o mortero, mediante la rotura de tres probetas a 28 días de edad. Se fabricarán al menos dos probetas más de cada lote para romper a 3 y 7 días, según convenga, comparando con los ensayos de laboratorio previos.

- De exudación y reducción de volumen.

- Se comprobará que los valores de los parámetros controlados coinciden con los establecidos en proyecto y en el protocolo de ejecución.

- No podrán utilizarse productos de acero como armadura que no adjunten la documentación indicada en el apartado 5.2.1 de la GUIA PARA EL PROYECTO Y LA EJECUCION DE MICROPILOTES EN OBRAS DE CARRETERAS (Ministerio de Fomento), incluyendo:

- Certificado del fabricante, firmado por persona física, en el que se indiquen los valores de las características especificadas en la norma UNE EN 10210 ó UNE EN 10219, según corresponda.
- Resultados de los ensayos que justifiquen que los productos de acero cumplen las características anteriormente citadas.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

### 1.c) Partes de trabajo;

Una vez concluida la ejecución de cada micropilote, se completará una parte de trabajo, que tendrá como contenido mínimo, lo indicado en el apartado 4.7.2 de la GUIA PARA LA EJECUCION DE MICROPILOTES EN OBRAS DE CARRETERA (Ministerio de Fomento.)

Se verificará la existencia de una parte de trabajo por cada micropilote, comprobando su contenido. Los partes de trabajo estarán en todo momento a disposición del Director de obras.

### 1.d) Ensayos de integridad de micropilotes;

Los ensayos de integridad de micropilotes suministran informaciones sobre las dimensiones físicas, la continuidad o la consistencia de los materiales empleados en los micropilotes. Son utilizados para poder determinar experimentalmente la existencia de defectos en los micropilotes.

En el caso de detectarse anomalías mediante los ensayos de integridad, la dirección de obra puede recurrir a otros métodos para intentar investigar las causas, la naturaleza y la extensión de la anomalía, y determinar si el micropilote es apto para el uso que se pretende.

Los resultados de los ensayos de integridad necesitan ser interpretados por personal experimentado. Estas técnicas electrónicas e informáticas permiten un procesamiento y un tratamiento de las señales que facilitan la posterior presentación e interpretación de los resultados. Son una potente herramienta contra defectos importantes. Los ensayos de integridad pueden identificar defectos de menor importancia que no afecten gravemente al micropilote, por lo que resulta fundamental la experiencia del técnico responsable de la interpretación.

El método usado será el método sónico o de impedancia mecánica. Según el CTE-DB-SE-C se deben hacer 1 ensayo cada 20 micropilotes, en el proyecto están indicados 219 micropilotes, por lo tanto se realizarán un total de 11 ensayos de integridad de micropilotes mediante el método de ensayo de impedancia mecánica. En caso de modificar en obra el número de micropilotes se realizarán los ensayos correspondientes según la relación citada.

#### 1.d.1) Descripción del método:

Consiste en golpear la cabeza del micropilote con un martillo de mano y obtener mediante instrumentación el movimiento de la cabeza del micropilote como consecuencia de la onda de tensión generada.

#### 1.d.2) Aparato utilizado:

El ensayo es del tipo de martillo de mano, cuyo golpe envía una onda de compresión a lo largo del fuste del micropilote. Esta onda es reflejada por las discontinuidades del micropilote, por su punta, o por cambios de sección o variaciones del terreno que lo rodea. Los movimientos consiguientes de la cabeza del micropilote son captados por un acelerómetro. La señal del acelerómetro es amplificada y digitalizada por un sistema electrónico y convertida en medida de velocidad, que se presenta inmediatamente en la pantalla de un microcomputador portátil. La curva obtenida se debe archivar en el equipo para su posterior tratamiento e impresión mediante plotter o impresora.

#### 1.d.3) Personal:

Los ensayos en obra serán realizados por técnico titulado especialista en geotecnia con al menos un año de experiencia en ensayos de integridad de micropilotes.

La interpretación de las gráficas y la redacción del informe requieren mayor experiencia. Serán realizados por un ingeniero superior especialista en geotecnia, con al menos tres años de experiencia en ensayos de integridad de micropilotes. Deberán estar certificados por algún organismo que acredite su formación y experiencia.

#### 1.d.4) Preparación del pilote para el ensayo:

Los micropilotes deben estar descabezados o accesibles al menos en parte en el momento del ensayo, y sin presencia de agua, suciedad u otros residuos.

## ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL

El hormigón no tendrá, en general, menos de una semana en el momento del ensayo. Para la realización del ensayo se requiere que la cabeza del micropilote sea de hormigón sano y compacto, preferentemente descabezado.

Es recomendable disponer de un plano con la identificación de los micropilotes, su longitud aproximada, y posibles incidencias durante su construcción. Se pueden utilizar los partes de trabajo de cada micropilote realizado.

Se necesita conocer las características geotécnicas del suelo atravesado por el micropilote, para facilitar la interpretación.

### 1.d.5) Resultados:

El ingeniero especialista responsable del ensayo dispondrá de 48 horas después de finalizados los ensayos para facilitar los resultados finales y la evaluación de la integridad de los micropilotes, al menos en forma de avance de informe.

Para cada micropilote ensayado se facilitará una gráfica con al menos tres curvas en el dominio de tiempo (velocidad en función del tiempo) o la curva media de las mismas, correspondientes a diferentes golpes de martillo. A criterio del ingeniero superior especialista responsable del informe, se pueden incluir también otros cálculos, o curvas en el dominio de frecuencias, si sirven para interpretar mejor algún ensayo.

Datos generales a incluir en el informe definitivo son:

- Nombre de la obra y localización.
- Resumen de la estratificación geotécnica.
- Tipología de los micropilotes ensayados. Diámetro, longitud, sistema constructivo, edad del hormigón, empalmes en su caso.
- Incidencias durante la construcción.
- Descripción del aparato utilizado en el ensayo.
- Fecha de realización de los ensayos.
- Localización de los micropilotes ensayados, adjuntando croquis o plano en caso necesario.

### 1.d.6). Criterios de aceptación y rechazo

Los micropilotes que presenten reflexiones insignificantes de la onda sónica en puntos del fuste del micropilote por encima de la punta, y una clara reflexión de la onda en la punta, pueden ser aceptados. Cuando no se aprecia una reflexión clara de la onda sónica en la punta, cosa que puede suceder en micropilotes muy esbeltos, el ingeniero superior especialista establecerá hasta que profundidad el ensayo puede considerarse significativo. Si se aprecian reflexiones significativas o anomalías de la onda por encima de la punta del micropilote, el ingeniero superior especialista tratará de dar una interpretación evaluando los posibles fallos en el micropilote. Para ello se podrá auxiliar de las curvas en el dominio de frecuencia, de modelos matemáticos u otros métodos, así como de las informaciones facilitadas por el constructor, la dirección facultativa u otros agentes que intervengan en el proceso constructivo. Si la evaluación realizada concluye que el fallo reduce significativamente la capacidad estructural del micropilote, este será calificado como defectuoso. En el caso de gráficas de ensayo complicadas, que no permitan llegar a una conclusión clara, el micropilote será calificado como cuestionable.

### 1.d.7) Acciones correctoras:

Los micropilotes calificados como defectuosos o cuestionables, pueden ser aceptados, reparados o sustituidos por otros, a criterio de la dirección facultativa.

Los micropilotes calificados como cuestionables serán sometidos a pruebas y ensayos complementarios, se utilizará, como mínimo, el ensayo mediante equipo de frecuencia para confirmar la validez o no de un micropilote respecto al ensayo de impedancia mecánica.

Se estudiarán las posibles medidas correctoras o la demolición del elemento.

## **ANEJO 01 JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL**

En el caso de defectos en la parte superior del micropilote, se puede demoler dicha zona y volver a reconstruir. En todos los casos se puede volver a realizar el ensayo sónico de los micropilotes reparados.

Tafalla, mayo de 2026

Fdo. Jesús María Ibáñez Aldaz

Arquitecto COAVN nº 1848

Fdo. Javier Ignacio Pérez Heras

Arquitecto COAVN nº 4207

## **ANEJO 2: JUSTIFICACIÓN DE ACCESIBILIDAD**

## **ANEJO 02: JUSTIFICACIÓN DE ACCESIBILIDAD**

### INDICE

1. OBJETO
2. NORMATIVA DE APLICACIÓN
3. CRITERIOS GENERALES DE ACCESIBILIDAD ADOPTADOS
4. ITINERARIO PEATONAL ACCESIBLE
5. RAMPAS Y DESARROLLO LONGITUDINAL
6. PAVIMENTACIÓN Y DRENAJE
7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y APOYOS
8. MATERIALES Y DURABILIDAD
9. CONCLUSIÓN

## **ANEJO 2: JUSTIFICACIÓN DE ACCESIBILIDAD**

### **1. OBJETO**

El presente anejo tiene por objeto justificar el cumplimiento de las condiciones de accesibilidad universal correspondientes a la actuación proyectada para la apertura de un itinerario peatonal accesible en el entorno del Puente del Portal Nuevo, en Tafalla.

La actuación se desarrolla conforme a los criterios de accesibilidad, seguridad de utilización y no discriminación aplicables a los espacios públicos urbanizados, incorporando las condiciones necesarias para garantizar un uso autónomo, seguro y continuo por parte del conjunto de las personas usuarias, incluidas aquellas con movilidad reducida.

### **2. NORMATIVA DE APLICACIÓN**

El diseño del conjunto se ajusta a las disposiciones contenidas en:

- ✓ Orden TMA/851/2021, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados.
- ✓ Código Técnico de la Edificación (CTE), en lo que resulte de aplicación.
- ✓ Normativa autonómica y municipal vigente en materia de accesibilidad.

### **3. CRITERIOS GENERALES DE ACCESIBILIDAD ADOPTADOS**

La solución proyectada se desarrolla priorizando la continuidad funcional del itinerario peatonal y la eliminación de barreras físicas y perceptivas en el ámbito de actuación.

El diseño del recorrido, sus pendientes, elementos de protección, pavimentación y sistemas de drenaje se integran de forma coordinada con el fin de garantizar:

- ✓ la circulación autónoma y segura,
- ✓ la continuidad del itinerario accesible,
- ✓ la estabilidad y comodidad de uso,
- ✓ y unas condiciones adecuadas de seguridad y orientación.

La actuación incorpora además soluciones específicas destinadas a minimizar la pendiente transversal del recorrido, favoreciendo el tránsito de personas usuarias de silla de ruedas, bastones, andadores y otros dispositivos de movilidad.

## ANEJO 2: JUSTIFICACIÓN DE ACCESIBILIDAD

### 4. ITINERARIO PEATONAL ACCESIBLE

De acuerdo con lo establecido en los artículos 5 a 8 de la Orden TMA/851/2021, se proyecta un itinerario peatonal accesible continuo que garantiza:

- ✓ un recorrido continuo, accesible y utilizable en condiciones de seguridad y autonomía
- ✓ la conexión entre los distintos ámbitos de la actuación,
- ✓ la ausencia de barreras físicas o discontinuidades.

El itinerario presenta:

- ✓ anchura libre de paso de **3,00 m**, superior al mínimo exigido ( $\geq 1,80$  m), lo que permite el cruce simultáneo de usuarios,
- ✓ pavimento continuo, estable, duro, antideslizante y sin resaltes,
- ✓ correcta resolución de encuentros, juntas y cambios de nivel.

### 4. RAMPAS Y DESARROLLO LONGITUDINAL

Las rampas proyectadas se diseñan conforme a lo establecido en el artículo 14 de la Orden TMA/851/2021, verificándose las siguientes condiciones:

#### Artículo 14. Rampas.

1. Se entiende por rampas vinculadas a un itinerario peatonal accesible los planos inclinados con pendiente superior al 6% que se utilizan para salvar sus desniveles, excepto aquellos que forman parte de un punto de cruce con el itinerario vehicular.

2. Los tramos de las rampas cumplirán los siguientes requisitos:

a) **Tendrán una anchura mínima libre de paso de 1,80 m.** Esta anchura se medirá entre paredes o elementos de protección, sin descontar el espacio ocupado por los pasamanos, siempre que estos no sobresalgan más de 12 cm de la pared o elemento de protección.

b) **La longitud máxima en proyección horizontal será de 9,00 m.**

c) La pendiente longitudinal máxima será del 10% para tramos de hasta 3,00 m de longitud, y del **8% para tramos de hasta 9,00 m de longitud**, medidos en proyección horizontal.

d) La **pendiente transversal máxima será del 2%.**

## ANEJO 2: JUSTIFICACIÓN DE ACCESIBILIDAD

3. Los rellanos situados entre tramos de una rampa sin cambio de dirección tendrán el mismo ancho que ésta y **una profundidad mínima de 1,50 m**. Cuando exista cambio de dirección entre dos tramos, el diseño del rellano deberá asegurar el adecuado uso de la rampa, respetando como mínimo un ancho libre de paso, a lo largo del mismo, de 1,80 m.

4. El pavimento cumplirá las características de diseño e instalación establecidas para los itinerarios peatonales accesibles en el artículo 11 y se garantizarán los mismos niveles de iluminación establecidos para éstos en el artículo 5.

5. **Se colocarán pasamanos a ambos lados de la rampa**. En caso de existir desniveles laterales a uno o ambos lados de la rampa se colocarán barandillas de protección y zócalos. Tanto los pasamanos, como las barandillas y los zócalos cumplirán con los parámetros de diseño y colocación establecidos en el artículo 30.

6. Al inicio y al final de la rampa deberá existir un espacio de su misma anchura y una **profundidad mínima de 1,50 m, libre de obstáculos**. Previo al inicio de la rampa, y para advertir de su comienzo, se colocará en ambos extremos una franja de pavimento táctil indicador direccional, en sentido transversal a la marcha, siguiendo los parámetros establecidos en los artículos 45 y 46.

7. En todo su desarrollo poseerá una **altura libre de paso no inferior a 2,20 m** y los espacios abiertos bajo la rampa cuya altura sea inferior a 2,20 m se protegerán disponiendo elementos fijos que restrinjan el acceso hasta ellos y que permitan su detección por los bastones de personas con discapacidad visual.

8. Colindante o próxima a la rampa deberá ubicarse, siempre que sea posible, una escalera que cumpla las condiciones especificadas en el artículo siguiente

A continuación señalamos las características de la rampa de proyecto y del cumplimiento:

- ✓ Anchura libre: **3,00 m** >1,80 m
- ✓ Pendientes: 8 % para longitudes  $\leq 9$  m  
4 % en mesetas
- ✓ Pendiente transversal:  $\approx 0$  % , habiendo garantizado el drenaje mediante rejillas
- ✓ Un lado: **barandilla donde se incorpora doble pasamanos**
- ✓ Otro lado: **muro de mampostería, donde se coloca doble pasamanos**
- ✓ Doble pasamanos: altura superior  $\approx 90-95$  cm  
altura inferior  $\approx 70-75$  cm

## ANEJO 2: JUSTIFICACIÓN DE ACCESIBILIDAD

- ✓ Características del **pasamanos**
  - Continuo en todo el recorrido
  - Separación al paramento  $\geq 4\text{cm}$
  - Prolongación en extremos  $\approx 30\text{cm}$
  - Sección fácil de asir ( $\approx 3\text{-}5\text{ cm}$  diámetro equivalente)
- ✓ **Rodapié**  $\geq 10\text{cm}$  en el lado de la barandilla.  
en lado del muro ya existe contención física

Con estas propiedades la rampa cumple con la normativa establecida en la Orden TMA/851/2021, en los artículos correspondientes.

## 5. PAVIMENTACIÓN Y DRENAJE

De conformidad con el artículo 11 de la Orden TMA/851/2021, el **pavimento del itinerario** cumple:

- ✓ ser **continuo, homogéneo y sin discontinuidades**
- ✓ presentar propiedades **antideslizantes tanto en seco como en mojado**
- ✓ permitir un **tránsito cómodo de peatones y dispositivos de movilidad**

Las juntas se ejecutan de forma que no generen resaltes ni discontinuidades.

La **evacuación de aguas** se realiza mediante elementos de drenaje lineal:

- ✓ dispuestos **perpendicularmente al sentido de la marcha**,
- ✓ con rejillas **enrasadas con el pavimento**,
- ✓ con aberturas adecuadas ( $\leq 1,5\text{ cm}$ ) que no interfieren en la circulación de peatones, bastones o ruedas,
- ✓ integrados en el pavimento sin generar discontinuidades.

Este sistema de drenaje transversal puntual integrado en el pavimento permite mantener condiciones óptimas de accesibilidad sin necesidad de incrementar la pendiente transversal del itinerario peatonal.

Esta solución mejora significativamente las condiciones de estabilidad, comodidad y accesibilidad del recorrido, especialmente para personas usuarias de silla de ruedas o dispositivos de movilidad asistida.

## **ANEJO 2: JUSTIFICACIÓN DE ACCESIBILIDAD**

### **7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y APOYO**

Los elementos de protección y apoyo se disponen de forma continua y coordinada a lo largo del recorrido, favoreciendo la orientación, seguridad y utilización autónoma del itinerario peatonal.

### **8. SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN**

El diseño del conjunto evita discontinuidades, resaltes y elementos susceptibles de generar riesgos de tropiezo, atrapamiento o impacto durante la utilización del itinerario.

Los encuentros entre pavimentos, drenajes, elementos metálicos y cambios de rasante se resuelven manteniendo la continuidad funcional del recorrido y garantizando condiciones adecuadas de estabilidad y seguridad de utilización.

### **9. MATERIALES Y DURABILIDAD**

Los materiales empleados cumplen condiciones de:

- ✓ resistencia mecánica
- ✓ durabilidad en ambiente exterior
- ✓ mantenimiento adecuado en el tiempo

Las barandillas metálicas se protegen mediante:

- ✓ galvanizado en caliente
- ✓ sistema de pintura compatible de alta durabilidad

Los materiales seleccionados presentan características adecuadas de resistencia al desgaste, comportamiento antideslizante y durabilidad en ambiente exterior, garantizando el mantenimiento de las condiciones de accesibilidad y seguridad a lo largo del tiempo.

### **10. CONCLUSIÓN**

En consecuencia, la actuación proyectada satisface las exigencias establecidas en la normativa vigente en materia de accesibilidad para espacios públicos urbanizados, garantizando la continuidad, seguridad y utilización autónoma del itinerario peatonal accesible previsto en el presente proyecto.

**ANEJO 2: JUSTIFICACIÓN DE ACCESIBILIDAD**

Tafalla, mayo de 2026

Fdo. Jesús María Ibáñez Aldaz

Arquitecto COAVN nº 1848

Fdo. Javier Ignacio Pérez Heras

Arquitecto COAVN nº 4207

### **ANEJO 3 : JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE**

## **ANEJO 03. JUSTIFICACIÓN DE SISTEMA DE DRENAJE**

#### **INDICE**

1. OBJETO
2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO
3. DRENAJE DEL TRASDÓS Y CONTROL HIDROSTÁTICO
4. INDEPENDIZACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO
5. DRENAJE SUPERFICIAL DEL ITINERARIO PEATONAL
6. COMPATIBILIDAD CON LA ACCESIBILIDAD
7. INTEGRACIÓN CON EL SISTEMA URBANO EXISTENTE
8. DURABILIDAD Y COMPORTAMIENTO GLOBAL
9. CONCLUSIÓN

### ANEJO 3 : JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE

#### 1. OBJETO

El presente anejo tiene por objeto definir y justificar el sistema de drenaje proyectado para la actuación de apertura del itinerario peatonal accesible en el entorno del Puente del Portal Nuevo, tanto en lo relativo a la evacuación de aguas pluviales superficiales como al control hidrostático de los terrenos y elementos de contención.

La solución adoptada se integra de forma coordinada con el sistema estructural y con las condiciones de accesibilidad del recorrido peatonal, constituyendo una medida esencial para la estabilidad, durabilidad y correcto funcionamiento de la intervención proyectada.

#### 2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

El sistema de drenaje se define conforme a los siguientes criterios:

- ✓ Separación entre **drenaje superficial** y **drenaje del trasdós**, evitando interferencias entre ambos.
- ✓ Evacuación rápida y controlada del agua hacia puntos definidos.
- ✓ Reducción de la longitud de escorrentía superficial.
- ✓ Integración con el sistema existente de drenaje urbano.
- ✓ Compatibilidad con la accesibilidad, evitando pendientes transversales significativas.

El diseño del sistema prioriza:

- ✓ la reducción de presiones hidrostáticas,
- ✓ la rápida evacuación del agua infiltrada,
- ✓ la minimización de recorridos superficiales de escorrentía,
- ✓ y la limitación de afecciones sobre los elementos visibles de la actuación.

#### 3. DRENAJE DEL TRASDÓS DE LOS MUROS

En el trasdós de los elementos de contención se dispone un sistema drenante continuo destinado a controlar y aliviar las acciones hidrostáticas sobre el sistema de contención.

##### *Configuración del sistema*

El sistema está compuesto por:

- ✓ Relleno de material granular drenante en contacto con el trasdós del muro.
- ✓ Geotextil filtrante, que impide la migración de finos.
- ✓ Tubería drenante longitudinal situada en la base del sistema.

### ANEJO 3 : JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE

#### *Funcionamiento*

El agua infiltrada en el terreno es captada por el material drenante y conducida hacia la tubería inferior, que la evacúa hacia el sistema general de drenaje.

De este modo:

- ✓ Se evita la acumulación de agua en el trasdós.
- ✓ Se elimina la presión hidrostática sobre los muros.
- ✓ Se mejora el comportamiento geotécnico del terreno.

La reducción de la presencia permanente de agua en contacto con los elementos de contención mejora el comportamiento geotécnico del conjunto y disminuye el riesgo de reproducción de las patologías detectadas en el estado previo de la actuación.

#### 4. INDEPENDIZACIÓN HIDRÁULICA

La solución proyectada establece una separación funcional entre el terreno natural y los paramentos visibles de la actuación, evitando que estos últimos trabajen en contacto permanente con agua o humedad procedente del trasdós.

De este modo:

- ✓ se reducen las presiones hidrostáticas sobre los paramentos visibles,
- ✓ se limita la aparición de humedades, eflorescencias y degradaciones,
- ✓ y se mejora significativamente la durabilidad de los acabados y elementos constructivos exteriores.

#### 5. DRENAJE SUPERFICIAL DE LA RAMPA

La evacuación de las aguas pluviales superficiales se resuelve mediante un sistema de recogida puntual mediante elementos lineales dispuestos transversalmente al itinerario.

#### *Configuración*

El sistema está compuesto por:

- ✓ Canales lineales de drenaje con rejilla, dispuestos perpendicularmente al sentido de la marcha.
- ✓ Sumideros puntuales situados junto al muro del lado de la carretera.
- ✓ Bajantes verticales que conducen el agua hasta la cota inferior.
- ✓ Conducciones pasantes a través del muro.

### ANEJO 3 : JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE

#### *Funcionamiento*

El agua de escorrentía superficial es interceptada por los canales transversales, evitando recorridos longitudinales prolongados.

Cada canal conduce el agua hacia un sumidero lateral, desde el cual se evacúa mediante bajante hasta la cota de la carretera, vertiéndose finalmente al **caz existente de la travesía**.

La disposición transversal de los canales de drenaje permite minimizar la pendiente transversal del itinerario peatonal, mejorando las condiciones de estabilidad y comodidad de uso para personas usuarias de silla de ruedas y otros dispositivos de movilidad asistida.

### 6. COMPATIBILIDAD CON LA ACCESIBILIDAD

El sistema de drenaje se diseña de forma compatible con el tránsito peatonal:

- ✓ Rejillas enrasadas con el pavimento.
- ✓ Aberturas adecuadas que no interfieren con ruedas o bastones.
- ✓ Disposición transversal, evitando recorridos longitudinales sobre rejillas.
- ✓ Se reduce la longitud de escorrentía superficial.
- ✓ Permite controlar el agua en puntos concretos del recorrido.
- ✓ Evita la acumulación de agua sobre el pavimento.

Asimismo, esta solución permite mantener una **pendiente transversal prácticamente nula**, lo que mejora las condiciones de uso del itinerario accesible, sin comprometer la evacuación de las aguas.

La integración de los elementos de drenaje en el pavimento se resuelve manteniendo la continuidad funcional del recorrido peatonal y evitando discontinuidades susceptibles de generar riesgos de tropiezo o interferencias con la circulación de peatones.

### 7. INTEGRACIÓN CON EL SISTEMA URBANO EXISTENTE

El sistema proyectado se conecta con el drenaje existente mediante el vertido al **caz de la travesía**, asegurando la correcta evacuación del agua recogida.

Esta solución evita la necesidad de nuevas redes enterradas complejas y garantiza la compatibilidad con la infraestructura urbana existente.

### **ANEJO 3 : JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE**

#### **8. DURABILIDAD Y COMPORTAMIENTO GLOBAL**

El sistema de drenaje constituye un elemento fundamental para el correcto comportamiento global de la intervención, tanto desde el punto de vista estructural como constructivo y funcional.

La reducción de la presencia de agua en contacto con los sistemas de contención y pavimentación favorece la estabilidad del terreno, mejora la conservación de los materiales y disminuye el riesgo de aparición de patologías asociadas a ciclos de humedad, filtraciones o degradaciones superficiales.

Asimismo, la solución adoptada facilita las labores futuras de mantenimiento e inspección de los elementos de drenaje y evacuación.

#### **9. CONCLUSIÓN**

El sistema de drenaje proyectado resuelve de forma eficaz tanto la evacuación de las aguas pluviales superficiales como el drenaje del trasdós de los elementos de contención.

La solución adoptada contribuye a corregir las causas principales de las patologías detectadas existentes, garantiza la durabilidad de la intervención y resulta plenamente compatible con las condiciones de accesibilidad del itinerario peatonal.

En consecuencia, el sistema se considera adecuado para su ejecución y coherente con las condiciones del entorno y las exigencias del proyecto.

Tafalla, mayo de 2026

Fdo. Jesús María Ibáñez Aldaz

Arquitecto COAVN nº 1848

Fdo. Javier Ignacio Pérez Heras

Arquitecto COAVN nº 4207