

### **3.1 SEGURIDAD ESTRUCTURAL DB-SE**

**SE 1 y SE 2 Resistencia y estabilidad / Aptitud al servicio**

1. Análisis estructural y dimensionado.
2. Acciones.
3. Verificación de la estabilidad.
4. Verificación de la resistencia de la estructura.
5. Combinación de acciones.
6. Verificación de la aptitud de servicio.

**SE-AE Acciones en la edificación**

1. Acciones permanentes.
2. Acciones variables.
3. Cargas gravitatorias por niveles.

**SE-C Cimentaciones**

1. Bases de cálculo.
2. Estudio geotécnico.
3. Cimentación.

**SE-A Estructuras de acero**

1. Bases de cálculo.
2. Geometría.
3. Durabilidad.
4. Materiales.
5. Análisis estructural.
6. Estados límites últimos.
7. Estados límites de servicio.

**NCSE Norma de construcción sismorresistente**

1. Acción sísmica

**EHE-08 Instrucción de hormigón estructural**

8. Datos previos.
9. Sistema estructural proyectado.
10. Cálculo en ordenador. Programa de cálculo.
11. Estado de cargas consideradas.
12. Características de los materiales.
13. Coeficientes de seguridad y niveles de control.
14. Durabilidad.
15. Ejecución y control.

**EHFE Instrucción de forjados unidireccionales**

1. Cantos mínimos de los forjados unidireccionales
  2. Características técnicas de los forjados unidireccionales.
- Características técnicas de los forjados de losas macizas de hormigón armado.

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 (Artículo 10 de la Parte I de CTE).

Para satisfacer este objetivo, la vivienda se proyectará, fabricará, construirá y mantendrá de forma que cumpla con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

**Prescripciones aplicables conjuntamente con DB-SE**

Apartado		Procede	No procede
DB-SE	<b>SE-1 y SE-2</b> Seguridad estructural:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DB-SE-AE	<b>SE-AE</b> Acciones en la edificación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DB-SE-C	<b>SE-C</b> Cimentaciones	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DB-SE-A	<b>SE-A</b> Estructuras de acero	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DB-SE-F	<b>SE-F</b> Estructuras de fábrica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DB-SE-M	<b>SE-M</b> Estructuras de madera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Se han tenido en cuenta, además, las especificaciones de la normativa siguiente:

Apartado		Procede	No procede
NCSE	<b>NCSE</b> Norma de construcción sismorresistente	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EHE-08	<b>EHE-08</b> Instrucción de hormigón estructural	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EFHE	<b>EFHE</b> Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**SE 1 Y SE 2**

**Resistencia y estabilidad – Aptitud al servicio**

**EXIGENCIA BÁSICA SE 1:** 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.

**EXIGENCIA BÁSICA SE 2:** 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.

**1. Análisis estructural y dimensionado**

Proceso	- DETERMINACION DE SITUACIONES DE DIMENSIONADO - ESTABLECIMIENTO DE LAS ACCIONES - ANALISIS ESTRUCTURAL - DIMENSIONADO	
Situaciones de dimensionado	PERSISTENTES	Condiciones normales de uso.
	TRANSITORIAS	Condiciones aplicables durante un tiempo limitado.
	EXTRAORDINARIAS	Condiciones excepcionales en las que se puede encontrar o estar expuesto el edificio.
Periodo de servicio	50 Años	
Método de comprobación	Estados límites	
Definición estado limite	Situaciones que de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple con alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido.	
Resistencia y estabilidad	ESTADO LIMITE ÚLTIMO:	

Situación que de ser superada, existe un riesgo para las personas, ya sea por una puesta fuera de servicio o por colapso parcial o total de la estructura:

- Pérdida de equilibrio.
- Deformación excesiva.
- Transformación estructura en mecanismo.
- Rotura de elementos estructurales o sus uniones.
- Inestabilidad de elementos estructurales.

Aptitud de servicio

**ESTADO LIMITE DE SERVICIO**  
Situación que de ser superada se afecta:

- El nivel de confort y bienestar de los usuarios.
- Correcto funcionamiento del edificio.
- Apariencia de la construcción.

## 2. Acciones

Clasificación de las acciones

PERMANENTES	Aquellas que actúan en todo instante, con posición constante y valor constante (pesos propios) o con variación despreciable: acciones reológicas.
VARIABLES	Aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio: uso y acciones climáticas.
ACCIDENTALES	Aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia: sismo, incendio, impacto o explosión.

Valores característicos de las acciones

Los valores de las acciones se recogerán en la justificación del cumplimiento del DB SE-AE.

Datos geométricos de la estructura

La definición geométrica de la estructura esta indicada en los planos de proyecto.

Características de los materiales

Los valores característicos de las propiedades de los materiales se detallarán en la justificación del DB correspondiente o bien en la justificación de la EHE-08.

Modelo análisis estructural

Se realiza un cálculo espacial en tres dimensiones por métodos matriciales de rigidez, formando las barras los elementos que definen la estructura: pilares, vigas, brochales y viguetas. Se establece la compatibilidad de deformación en todos los nudos considerando seis grados de libertad y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo. A los efectos de obtención de solicitaciones y desplazamientos, para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático y se supone un comportamiento lineal de los materiales, por tanto, un cálculo en primer orden.

## 3. Verificación de la estabilidad

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

$E_{d,dst}$ : Valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras.  
 $E_{d,stab}$ : Valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

## 4. Verificación de la resistencia de la estructura

$E_d \leq R_d$

$E_d$ : Valor de calculo del efecto de las acciones.  
 $R_d$ : Valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

## 5. Combinación de acciones

El valor de calculo de las acciones correspondientes a una situación persistente o transitoria y los correspondientes coeficientes de seguridad se han obtenido de la formula 4.3 y de las tablas 4.1 y 4.2 del presente DB.

El valor de cálculo de las acciones correspondientes a una situación extraordinaria se ha obtenido de la expresión 4.4 del presente DB y los valores de cálculo de las acciones se han considerado 0 o 1 si su acción es favorable o desfavorable respectivamente.

## 6. Verificación de la aptitud de servicio

Se considera un comportamiento adecuado en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro si se cumple que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto.

Flechas

La limitación de flecha activa establecida en general es de 1/500 de la luz.

Desplazamientos horizontales

El desplome total limite es 1/500 de la altura total.

<b>Acciones Permanentes (G):</b>	Peso Propio de la estructura:	Corresponde generalmente a los elementos de hormigón armado, calculados a partir de su sección bruta y multiplicados por 25 (peso específico del hormigón armado) en pilares, paredes y vigas. En losas macizas será el canto $h$ (cm.) $\times 25$ kN/m <sup>2</sup> .
	Cargas Muertas:	Se estiman uniformemente repartidas en la planta. Son elementos tales como el pavimento y la tabiquería (aunque esta última podría considerarse una carga variable, si su posición o presencia varía a lo largo del tiempo).
	Peso propio de tabiques pesados y muros de cerramiento:	Éstos se consideran al margen de la sobrecarga de tabiquería. En el anejo C del DB-SE-AE se incluyen los pesos de algunos materiales y productos. El pretensado se regirá por lo establecido en la Instrucción EHE-08. Las acciones del terreno se tratarán de acuerdo con lo establecido en DB-SE-C.

<b>Acciones Variables (Q):</b>	La sobrecarga de uso:	Se adoptarán los valores de la tabla 3.1. Los equipos pesados no están cubiertos por los valores indicados. Las fuerzas sobre las barandillas y elementos divisorios: Se considera una sobrecarga lineal de 2 kN/m en los balcones volados de toda clase de edificios.
	Las acciones climáticas:	<b>El viento:</b> Las disposiciones de este documento no son de aplicación en los edificios situados en altitudes superiores a 2.000 m. En general, las estructuras habituales de edificación no son sensibles a los efectos dinámicos del viento y podrán despreciarse estos efectos en edificios cuya esbeltez máxima (relación altura y anchura del edificio) sea menor que 6. En los casos especiales de estructuras sensibles al viento será necesario efectuar un análisis dinámico detallado. La presión dinámica del viento $Q_b$ para Redondela, Pontevedra, (Zona B) es de 0,45 kN/m <sup>2</sup> , correspondiente a un periodo de retorno de 50 años. Los coeficientes de presión exterior e interior se encuentran en el Anejo D. <b>La temperatura:</b> En estructuras habituales de hormigón estructural o metálicas formadas por pilares y vigas, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan de juntas de dilatación a una distancia máxima de 40 metros. <b>La nieve:</b> Este documento no es de aplicación a edificios situados en lugares que se encuentren en altitudes superiores a las indicadas en la tabla 3.11. El concello de Redondela se encuentra en la zona climática de invierno 1 con valores de sobrecarga de nieve 0,50 kN/m <sup>2</sup>
	Las acciones químicas, físicas y biológicas:	Las acciones químicas que pueden causar la corrosión de los elementos de acero se pueden caracterizar mediante la velocidad de corrosión que se refiere a la pérdida de acero por unidad de superficie del elemento afectado y por unidad de tiempo. La velocidad de corrosión depende de parámetros ambientales tales como la disponibilidad del agente agresivo necesario para que se active el proceso de la corrosión, la temperatura, la humedad relativa, el viento o la radiación solar, pero también de las características del acero y del tratamiento de sus superficies, así como de la geometría de la estructura y de sus detalles constructivos. El sistema de protección de las estructuras de acero se regirá por el DB-SE-A. En cuanto a las estructuras de hormigón estructural se regirán por el Art.3.4.2 del DB-SE-AE.
	Acciones accidentales (A):	Los impactos, las explosiones, el sismo, el fuego. Las acciones debidas al sismo están definidas en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02. En este documento básico solamente se recogen los impactos de los vehículos en los edificios, por lo que solo representan las acciones sobre las estructuras portantes. Los valores de cálculo de las fuerzas estáticas equivalentes al impacto de vehículos están reflejados en la tabla 4.1.

### Cargas gravitatorias por niveles

Conforme a lo establecido en el DB-SE-AE en la tabla 3.1 y a la EHE-08, las acciones gravitatorias, así como las sobrecargas de uso, tabiquería y nieve que se han considerado para el cálculo de la estructura de este edificio son las indicadas:

Niveles	Peso propio del forjado	Cargas permanentes	Sobrecarga de Uso	Sobrecarga de Tabiquería	Sobrecarga de Nieve	Carga Total
Losa amaciza	6,25 kN/m <sup>2</sup>	1,20 kN/m <sup>2</sup>	5,00 kN/m <sup>2</sup>	0 kN/m <sup>2</sup>	0,00 kN/m <sup>2</sup>	10,45 kN/m <sup>2</sup>
Cubierta metálica	Por elemento	1,00 kN en el medio del vano	1,00 kN/m <sup>2</sup>	0 kN/m <sup>2</sup>	0,50 kN/m <sup>2</sup>	

### 1. Bases de cálculo

Método de cálculo:

El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Límites Últimos (apartado 3.2.1 DB-SE) y los Estados Límites de Servicio (apartado 3.2.2 DB-SE). El comportamiento de la cimentación debe comprobarse frente a la capacidad portante (resistencia y estabilidad) y la aptitud de servicio.

Verificaciones:

Las verificaciones de los Estados Límites están basadas en el uso de un modelo adecuado para el sistema de cimentación elegido y el terreno de apoyo de la misma.

Acciones:

Se ha considerado las acciones que actúan sobre el edificio soportado según el documento DB-SE-AE y las acciones geotécnicas que transmiten o generan a través del terreno en que se apoya según el documento DB-SE en los apartados (4.3 - 4.4 - 4.5).

### 2. Estudio geotécnico

Generalidades:

El análisis y dimensionamiento de la cimentación exige el conocimiento previo de las características del terreno de apoyo, por lo que previo al inicio de la obra se han de comprobar que las características del terreno coinciden con las que se han estimado en este proyecto. No obstante se dispone de una serie de penetrómetros realizados en la parcela que nos permiten localizar el estrato resistente, localizado a más de 10 metros de profundidad respecto a la rasante del terreno.

Datos estimados

-

Tipo de reconocimiento:

-

Parámetros geotécnicos estimados:

Cota de cimentación	Aprox. -10.00 metros
Estrato previsto para cimentar	Grada, aprox. -10.00 metros,
Nivel freático	
Coefficiente de permeabilidad	
Tensión admisible considerada	
Peso específico seco	
Angulo de rozamiento interno del terreno	
Cohesión	

### 3. Cimentación

Descripción:

Cimentación profunda a base de pilotes prefabricados para la grada y cimentación superficial para el resto de los elementos.

Material adoptado:

Hormigón armado HA-25/P/40/IIa+Qa y Acero B500S.

Dimensiones y armado:

Las dimensiones y armados se indican en planos de estructura. Se han dispuesto armaduras que cumplen con las cuantías mínimas indicadas en la tabla 42.3.5 de la instrucción de hormigón estructural (EHE-08) atendiendo a elemento estructural considerado.

Condiciones de ejecución:

Sobre la superficie de excavación del terreno se debe de extender una capa de hormigón de limpieza de un espesor de 10 cm. que sirve de base a las zanjas y elementos de cimentación.

### 1. Bases de cálculo

Criterios de verificación. La verificación de los elementos estructurales de acero se ha realizado

<input type="checkbox"/>	Manualmente	<input type="checkbox"/>	Toda la estructura:	Presentar justificación de verificaciones	
		<input type="checkbox"/>	Parte de la estructura:	Identificar los elementos de la estructura	
<input checked="" type="checkbox"/>	Mediante programa informático	<input checked="" type="checkbox"/>	Toda la estructura	Nombre del programa:	CYPE
				Versión:	2009
				Empresa:	CYPE Ingenieros
				Domicilio:	
		<input type="checkbox"/>	Parte de la estructura:	Identificar los elementos de la estructura:	-
				Nombre del programa:	-
				Versión:	-
				Empresa:	-
				Domicilio:	-

Se han seguido los criterios indicados en el Código Técnico para realizar la verificación de la estructura en base a los siguientes estados límites:

	Estado límite último	Se comprueba los estados relacionados con fallos estructurales como son la estabilidad y la resistencia.
	Estado límite de servicio	Se comprueba los estados relacionados con el comportamiento estructural en servicio.

### Modelado y análisis

El análisis de la estructura se ha basado en un modelo que proporciona una previsión suficientemente precisa del comportamiento de la misma.  
 Las condiciones de apoyo que se consideran en los cálculos corresponden con las disposiciones constructivas previstas.  
 Se consideran a su vez los incrementos producidos en los esfuerzos por causa de las deformaciones (efectos de 2º orden) allí donde no resulten despreciables.  
 En el análisis estructural se han tenido en cuenta las diferentes fases de la construcción, incluyendo el efecto del apeo provisional de los forjados cuando así fuere necesario.

<input checked="" type="checkbox"/>	la estructura está formada por pilares y vigas	<input checked="" type="checkbox"/> existen juntas de dilatación	<input checked="" type="checkbox"/> separación máxima entre juntas de dilatación $d > 40$ metros	¿Se han tenido en cuenta las acciones térmicas y reológicas en el cálculo?	si <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> justificar
		<input type="checkbox"/> no existen juntas de dilatación			si <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> justificar
<input type="checkbox"/>	La estructura se ha calculado teniendo en cuenta las sollicitaciones transitorias que se producirán durante el proceso constructivo					
<input checked="" type="checkbox"/>	Durante el proceso constructivo no se producen sollicitaciones que aumenten las inicialmente previstas para la entrada en servicio del edificio					

### Estados límite últimos

La verificación de la capacidad portante de la estructura de acero se ha comprobado para el estado límite último de estabilidad, en donde:

$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$	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
-----------------------------	---

y para el estado límite último de resistencia, en donde

$E_d \leq R_d$	siendo: $E_d$ el valor de cálculo del efecto de las acciones $R_d$ el valor de cálculo de la resistencia correspondiente
----------------	--

Al evaluar  $E_d$  y  $R_d$ , se han tenido en cuenta los efectos de segundo orden de acuerdo con los criterios establecidos en el Documento Básico.

### Estados límite de servicio

Para los diferentes estados límite de servicio se ha verificado que:

$E_{ser} \leq C_{lim}$	siendo: $E_{ser}$ el efecto de las acciones de cálculo; $C_{lim}$ Valor límite para el mismo efecto.
------------------------	--

## 2. Geometría

En la dimensión de la geometría de los elementos estructurales se ha utilizado como valor de cálculo el valor nominal de proyecto.

## 3. Durabilidad

Se han considerado las estipulaciones del apartado "3 Durabilidad" del "Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero", y que se recogen en el presente proyecto en el apartado de "Pliego de Condiciones Técnicas". Se han de incluir dichas consideraciones en el pliego de condiciones

## 4. Materiales

El tipo de acero utilizado en chapas y perfiles es: S 275 JR

Designación	Espesor nominal t (mm)			fu (N/mm <sup>2</sup> )	Temperatura del ensayo Charpy °C
	fy (N/mm <sup>2</sup> )				
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR S235J0 S235J2	235	225	215	360	20 0 -20
S275JR S275J0 S275J2	275	265	255	410	2 0 -20
S355JR S355J0 S355J2 S355K2	355	345	335	470	20 0 -20 -20(1)
S450J0	450	430	410	550	0

(1) Se le exige una energía mínima de 40J.  
fy tensión de límite elástico del material  
fu tensión de rotura

## 5. Análisis estructural

La comprobación ante cada estado límite se realiza en dos fases: determinación de los efectos de las acciones (esfuerzos y desplazamientos de la estructura) y comparación con la correspondiente limitación (resistencias y flechas y vibraciones admisibles respectivamente). En el contexto del "Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero" a la primera fase se la denomina de análisis y a la segunda de dimensionado.

## 6. Estados límite últimos

La comprobación frente a los estados límites últimos supone la comprobación ordenada frente a la resistencia de las secciones, de las barras y las uniones.

El valor del límite elástico utilizado será el correspondiente al material base según se indica en el apartado 3 del "Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero". No se considera el efecto de endurecimiento derivado del conformado en frío o de cualquier otra operación.

Se han seguido los criterios indicados en el apartado "6 Estados límite últimos" del "Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero" para realizar la comprobación de la estructura, en base a los siguientes criterios de análisis:

Descomposición de la barra en secciones y cálculo en cada uno de ellas de los valores de resistencia:

- Resistencia de las secciones a tracción
- Resistencia de las secciones a corte
- Resistencia de las secciones a compresión
- Resistencia de las secciones a flexión
- Interacción de esfuerzos:
- Flexión compuesta sin cortante
- Flexión y cortante
- Flexión, axil y cortante

Comprobación de las barras de forma individual según esté sometida a:

- Tracción
- Compresión

Estructura intraslacional

- Flexión
- Interacción de esfuerzos:
- Elementos flectados y traccionados
- Elementos comprimidos y flectados

## 7. Estados límite de servicio

Para las diferentes situaciones de dimensionado se ha comprobado que el comportamiento de la estructura en cuanto a deformaciones, vibraciones y otros estados límite, está dentro de los límites establecidos en el apartado "7.1.3. Valores límites" del "Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero".



R.D. 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02)

### 1. Acción sísmica

Clasificación de la construcción:	Grada, edificio de vestuarios y pabellón de acceso a un area polideportiva. (Construcción de normal importancia)
Tipo de Estructura:	Pórticos de hormigón y forjados unidireccionales.
Aceleración Sísmica Básica ( $a_b$ ):	$a_b < 0.040g$ , (siendo $g$ la aceleración de la gravedad)
Ámbito de aplicación de la Norma	No es obligatoria la aplicación de la norma NCSE-02 para esta edificación, pues se trata de una construcción de normal importancia situada en una zona de aceleración sísmica básica $a_b$ inferior a 0,04 g, conforme al artículo 1.2.1. y al <i>Mapa de Peligrosidad</i> de la figura 2.1. de la mencionada norma.

R.D. 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de hormigón estructural (EHE-08).

### 1. Datos previos

Condicionantes de partida:	El diseño de la estructura ha estado condicionado al programa funcional a desarrollar a petición de la propiedad, sin llegar a conseguir una modulación estructural estricta.
Datos sobre el terreno:	Topografía del terreno sensiblemente plana. El nivel freático se encuentra por debajo de la cota de apoyo de la cimentación, por lo que no se considera necesario tomar medidas especiales de impermeabilización. Otros datos del terreno consultar apartado SE-C.

### 2. Sistema estructural proyectado

Descripción general del sistema estructural:	Gradas y pabellón de acceso: estructura en hormigón armado de pórticos planos con nudos rígidos de pilares de sección cuadrada, y vigas planas y/o de canto en función de las luces a salvar. Sobre estos pórticos se apoyan diversos tipos de forjados que se describirán en el siguiente apartado.
FORJADOS	Losas macizas de hormigón armado de canto 25cm., apoyadas tanto en muros perimetrales de hormigón armado de espesor 25 cm como en pilares de hormigón in situ, armado según planos. Cubierta formada por elementos metálicos en toda su dimensión.
VIGAS Y ZUNCHOS	Vigas y zunchos de hormigón armado según documentación gráfica.
ESCALERAS Y RAMPAS	Losas de escaleras de hormigón armado según documentación gráfica.
PILARES	Pilares de hormigón in situ

### 3. Cálculos en ordenador. Programa de cálculo

Nombre comercial:	CYPECAD
Descripción del programa Idealización de la estructura Simplificaciones efectuadas	<p>El programa realiza el análisis de solicitaciones mediante un cálculo espacial en tres dimensiones por métodos matriciales de rigidez, formando las barras los elementos que definen la estructura: pilares, vigas, brochales y viguetas. Se establece la compatibilidad de deformación 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. Por tanto, cada planta sólo podrá girar y desplazarse en su conjunto (3 grados de libertad).</p> <p>A los efectos de obtención de solicitaciones y desplazamientos, para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático y se supone un comportamiento lineal de los materiales, por tanto, un cálculo en primer orden.</p> <p>El método de cálculo de los forjados se realiza mediante un cálculo plano en la hipótesis de viga continua empleando el método matricial de rigidez o de los desplazamientos, con un análisis en hipótesis elástica.</p> <p>En el caso de un análisis de solicitaciones en hipótesis plástica el programa, partiendo del cálculo elástico, considera una redistribución plástica de momentos en la que, como máximo, se lleguen a igualar los momentos de apoyos y vano.</p> <p>No se ha utilizado la reducción de los coeficientes de ponderación, ni por cálculo riguroso (5%), ni por utilizar un forjado con distintivo de calidad (10%).</p>

### Memoria de cálculo

Método de cálculo	El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Límites de la vigente EHE-08, artículo 8, utilizando el Método de Cálculo en Rotura.
-------------------	---

Redistribución de esfuerzos	Se realiza una plastificación de hasta un 15% de momentos negativos en vigas.	
Deformaciones	Lím. flecha total	Lím. flecha activa
	$L/250$ o $L/500 + 1\text{ cm}$	$L/400$
	Valores de acuerdo al artículo 50.1 de la EHE-08. Para la estimación de flechas se considera la Inercia Equivalente ( $I_e$ ) a partir de la Formula de Branson. Se considera el modulo de deformación $E_c$ establecido en la EHE-08.	
Cuantías geométricas	Serán como mínimo las fijadas por la instrucción en la tabla 42.3.5 de la Instrucción vigente.	

#### 4. Estado de cargas consideradas

Las combinaciones de las acciones consideradas se han establecido siguiendo los criterios de:	NORMA ESPAÑOLA EHE -08 DOCUMENTO BASICO SE (CTE)	
Los valores de las acciones serán los recogidos en:	DOCUMENTO BASICO SE-AE (CTE)	
<b>Cargas verticales (valores en servicio)</b>		
Losa hormigón armado 25	Peso propio del forjado:	6,25 kN/m <sup>2</sup>
	Cargas permanentes:	1,20 kN/m <sup>2</sup>
	Sobrecarga de uso::	5,00 kN/m <sup>2</sup>
Cubierta	Peso propio:	Según elemento
	Sobrecarga de uso:	1,00 kN/m <sup>2</sup> o 2,00 kN en el medio del vano
	Sobrecarga de nieve:	0,50 kN/m <sup>2</sup>
	Cargas muertas:	1,00 kN/m <sup>2</sup> en el medio de cada vano
Horizontales: Viento	Presión dinámica del viento $Q_b$ :	0,45 kN/m <sup>2</sup>
	Coeficiente de exposición $C_e$ :	2,00 (Borde de mar, zona I.)
	Esta presión se ha considerado actuando en uno de los ejes principales de la edificación.	
Cargas Térmicas	Dadas las dimensiones del edificio no se ha previsto una junta de dilatación. Se han adoptado las cuantías geométricas exigidas por la EHE-08 en la tabla 42.3.5, y no se ha contabilizado la acción de la carga térmica.	
Sobrecargas en el terreno	No se consideran	

#### 5. Características de los materiales

Hormigón	HA-25/P/40/Ila+Qa para cimentación, HA-25/P/40/AA para muros y HA-25/B/15/AA para el resto de		
Tipo de cemento	CEM II/B-V clase 32.5		
Tamaño máximo de árido	40/15 mm.		
Máxima relación agua/cemento	Según ambiente descrito en la documentación gráfica.		
Mínimo contenido de cemento	Según ambiente descrito en la documentación gráfica.		
$F_{ck}$	25 Mpa (N/mm <sup>2</sup> ) = 255 Kg/cm <sup>2</sup>		
Tipo de acero	B 500 S para barras corrugadas y B 500 T para mallas electrosoldadas.		
$F_{yk}$	434,78 N/mm <sup>2</sup> = 4.434 kg/cm <sup>2</sup>		

#### 6. Coeficientes de seguridad y niveles de control

El nivel de control de ejecución de acuerdo a la EHE-08 para esta obra es NORMAL. El nivel control de materiales es ESTADÍSTICO para el hormigón y NORMAL para el acero.

Hormigón	Coeficiente de minoración		1,50	
	Nivel de control		ESTADISTICO	
Acero	Coeficiente de minoración		1,15	
	Nivel de control		NORMAL	
Ejecución	Coeficiente de mayoración			
	Cargas Permanentes	1,50	Cargas variables	1,60
	Nivel de control		NORMAL	

#### 7. Durabilidad

Recubrimientos exigidos:	Al objeto de garantizar la durabilidad de la estructura durante su vida útil, el artículo 37 de la EHE-08 establece los siguientes parámetros.		
Recubrimientos:	A los efectos de determinar los recubrimientos exigidos en la tabla 37.2.4. de la vigente EHE-08, se considera toda la estructura en ambiente Normal. Para elementos estructurales interiores (ambiente no agresivo) se proyecta con un recubrimiento nominal de 20 mm. Para la cimentación(elementos estructurales enterrados) se proyecta con un recubrimiento nominal de 50 mm. Para garantizar estos recubrimientos se exigirá la disposición de separadores homologados de acuerdo con los criterios descritos en cuando a distancias y posición de la vigente EHE-08.		

Cantidad mínima de cemento:	Para el ambiente considerado I, la cantidad mínima de cemento requerida es de 250 kg/m <sup>3</sup> . Para el ambiente considerado IIa, la cantidad mínima de cemento requerida es de 275 kg/m <sup>3</sup> . Para el ambiente considerado IIb, la cantidad mínima de cemento requerida es de 275 kg/m <sup>3</sup> . Para el ambiente considerado IIIa, la cantidad mínima de cemento requerida es de 300 kg/m <sup>3</sup> .
Resistencia mínima recomendada:	Para ambientes IIIa, IIb, IIa y I resistencia mínima es de 25 Mpa.
Relación agua / cemento:	Para ambiente I máxima relación agua / cemento 0,65. Para ambiente IIa máxima relación agua / cemento 0,60. Para ambiente IIb máxima relación agua / cemento 0,55. Para ambiente IIIa máxima relación agua / cemento 0,50.

## 8. Ejecución y control

Ejecución	Para el hormigonado de todos los elementos estructurales se empleará hormigón fabricado en central, quedando expresamente prohibido el preparado de hormigón en obra.										
Ensayos de control del hormigón	Se establece la modalidad de Control ESTADÍSTICO, con un número mínimo de 3 lotes. Los límites máximos para el establecimiento de los lotes de control de aplicación para estructuras que tienen elementos estructurales sometido a flexión y compresión (forjados de hormigón con pilares de hormigón), como es el caso de la estructura que se proyecta, son los siguientes:										
	1 LOTE DE CONTROL										
	Volumen de hormigón 100 m <sup>3</sup>										
	Tiempo de hormigonado 2 semanas										
	Superficie construida 1.000 m <sup>2</sup>										
	Número de plantas 2										
Control de calidad del acero	Se establece el control a nivel NORMAL. Los aceros empleados poseerán certificado de marca AENOR. Los resultados del control del acero serán puestos a disposición de la Dirección Facultativa antes de la puesta en uso de la estructura.										
Control de la ejecución	Se establece el control a nivel Normal, adoptándose los siguientes coeficientes de mayoración de acciones:										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO DE ACCIÓN</th> <th>Coefficiente de mayoración</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERMANENTE</td> <td>1,50</td> </tr> <tr> <td>PERMANENTE DE VALOR NO CONSTANTE</td> <td>1,60</td> </tr> <tr> <td>VARIABLE</td> <td>1,60</td> </tr> <tr> <td>ACCIDENTAL</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO DE ACCIÓN	Coefficiente de mayoración	PERMANENTE	1,50	PERMANENTE DE VALOR NO CONSTANTE	1,60	VARIABLE	1,60	ACCIDENTAL	-
TIPO DE ACCIÓN	Coefficiente de mayoración										
PERMANENTE	1,50										
PERMANENTE DE VALOR NO CONSTANTE	1,60										
VARIABLE	1,60										
ACCIDENTAL	-										
	El Plan de Control de ejecución, divide la obra en 2 lotes, para una edificación de menos de 500 m <sup>2</sup> y con 2 plantas, de acuerdo con los indicado en la tabla 86.5.4.1 de la EHE-08.										

**EHFE**

## Instrucción de forjados unidireccionales

R.D. 642/2002, de 5 de julio, por el que se aprueba la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE).

### 1. Cantos mínimos de los forjados unidireccionales

El canto de los forjados es superior al mínimo establecido en la Instrucción EFHE para las condiciones de diseño, materiales y carga que les corresponden. Los forjados se predimensionan calculando el canto mínimo conforme al artículo 15.2.2. de la EFHE, según la fórmula:  $h = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot L/C$ . No siendo preciso comprobar la flecha prescrita en el artículo 15.2.1. si el canto total es mayor que h.

<b>Forjado TIPO:</b>	Forjado macizo / 6,25 kN/m <sup>2</sup> / Vano continuo / Muros y Tabiques
	Luz máxima existente: 6,00 m. Canto mínimo: 15+5 cm.
	Canto adoptado: 25 cm.

### 2. Características técnicas de los forjados unidireccionales (viguetas y bovedillas)

Material adoptado:	Forjados unidireccionales compuestos de losas alveolares de 15 cm de espesor, con armadura de negativos y de reparto y hormigón vertido en obra en relleno de nervios y formando la losa superior (capa de compresión).		
Sistema de unidades adoptado:	Se indican en los planos de los forjados la armadura de cortante necesaria (en apoyos), así como la armadura necesaria ante esfuerzos flectores.		
Características de los forjados:	Canto Total		Hormigón losa HA-25
	Capa de Compresión		Hormigón "in situ" HA-25
	Intereje		Acero de pretensados B500SD
	Mallazo de reparto		Acero de refuerzos B500SD
			Acero de mallas B500T
Tipo de vigueta		Fys acero 500 N/mm <sup>2</sup>	

Tipo de bovedilla	No existe	Peso propio	
-------------------	-----------	-------------	--

Observaciones:	El hormigón de las losas cumplirá las condiciones especificadas en el Art.30 de la Instrucción EHE-08. Las armaduras activas cumplirán las condiciones especificadas en el Art.32 de la Instrucción EHE-08. Las armaduras pasivas cumplirán las condiciones especificadas en el Art.31 de la Instrucción EHE-08. El control de los recubrimientos de las viguetas cumplirá las condiciones especificadas en el Art.34.3 de la Instrucción EFHE.		
	El canto de los forjados unidireccionales de hormigón con semiviguetas será superior al mínimo establecido en la norma EFHE (Art. 15.2.2) para las condiciones de diseño, materiales y cargas previstas; por lo que no es necesaria su comprobación de flecha.		
	No obstante, dado que en el proyecto se desconoce el modelo de forjado definitivo (según fabricantes) a ejecutar en obra, se exigirá al suministrador del mismo el cumplimiento de las deformaciones máximas (flechas) dispuestas en la presente memoria, en función de su módulo de flecha "EI" y las cargas consideradas; así como la certificación del cumplimiento del esfuerzo cortante y flector que figura en los planos de forjados. Exigiéndose para estos casos la limitación de flecha establecida por la referida EFHE en el artículo 15.2.1.		
	En las expresiones anteriores "L" es la luz del vano, en centímetros, (distancia entre ejes de los pilares si se trata de forjados apoyados en vigas planas) y, en el caso de voladizo, 1.6 veces el vuelo.		
	Límite de flecha total a plazo infinito	Límite relativo de flecha activa	
	flecha $\leq L/250$ $f \leq L / 500 + 1 \text{ cm}$	flecha $\leq L/500$ $f \leq L / 1000 + 0.5 \text{ cm}$	

### 3. Características técnicas de los forjados de losas macizas de hormigón armado

Material adoptado:	Los forjados de losas macizas se definen por el canto (espesor del forjado) y la armadura, consta de una malla que se dispone en dos capas (superior e inferior) con los detalles de refuerzo a punzonamiento (en los pilares), con las cuantías y separaciones según se indican en los planos de los forjados de la estructura.		
Sistema de unidades adoptado:	Se indican en los planos de los forjados de las losas macizas de hormigón armado los detalles de la sección del forjado, indicando el espesor total, y la cuantía y separación de la armadura.		
Dimensiones y armado:	Canto Total	25 cm.	Hormigón "in situ" HA-25
	Peso propio total	6,25 kN/m <sup>2</sup>	Acero de refuerzos B500SD

Observaciones:	En lo que respecta al estudio de la deformabilidad de las vigas de hormigón armado y los forjados de losas macizas de hormigón armado, que son elementos estructurales solicitados a flexión simple o compuesta, se ha aplicado el método simplificado descrito en el artículo 50.2.2 de la instrucción EHE-08, donde se establece que no será necesaria la comprobación de flechas cuando la relación luz/canto útil del elemento estudiado sea igual o inferior a los valores indicados en la tabla 50.2.2.1		
	Los límites de deformación vertical (flechas) de las vigas y de los forjados de losas macizas, establecidos para asegurar la compatibilidad de deformaciones de los distintos elementos estructurales y constructivos, son los que se señalan en el cuadro que se incluye a continuación, según lo establecido en el artículo 50 de la EHE:		
	Límite de la flecha total a plazo infinito	Límite relativo de la flecha activa	Límite absoluto de la flecha activa
flecha $\leq L/250$	flecha $\leq L/400$	flecha $\leq 1 \text{ cm}$	

Redondela, septiembre 2013

Fdo: Javier Andrés Leira Otero | ARQUITECTO