

3. Cumplimiento del CTE

3.1 DB-SE Exigencias básicas de seguridad estructural

- SE 1 Resistencia y estabilidad
- SE 2 Aptitud al servicio
- SE-AE Acciones en la edificación
- SE-C Cimentaciones
- NCSE Normas de construcción sismorresistente
- EHE Instrucción de hormigón estructural
- EFHE Instrucción forjados unidireccionales hormigón estructural: elementos prefabricados
- SE-A Estructuras de acero
- SE-F Estructuras de fábrica
- SE-M Estructuras de madera

CUMPLIMIENTO DEL DOCUMENTO BÁSICO SE SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Indice

Tipo de proyecto y ámbito de aplicación del Documento Básico SI

Características generales de la edificación

SE Seguridad Estructural

1. Introducción. Normativas Utilizadas.

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. Generalidades.
2. Acciones permanentes.
3. Acciones variables.
4. Cargas gravitatorias por niveles
5. Cargas lineales.

SE-C Cimentaciones

1. Bases de cálculo.
2. Estudio geotécnico.
3. Cimentación.
4. Sistema de contenciones.

NCSE Norma de Construcción Sismorresistente

1. Acción sísmica.

EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural

1. Datos previos.
2. Sistema estructural proyectado.
3. Principios Generales y Método de Los Estados Límites.
4. Cálculo en ordenador. Programa de cálculo.
5. Características de los materiales.
6. Coeficientes de seguridad y niveles de control.
7. Durabilidad.
8. Ejecución y control.
9. Características de losas macizas de hormigón armado.

SE-A Estructuras de Acero

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

CTE-SE Seguridad Estructural**1. Introducción. Normativas Utilizadas.**

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, se ha comprobado que el **Tanatorio situado en Carrizal de la Vega, Villaquilambre (León)** cuyo arquitecto es **Belén Martín-Granizo López**, se proyectará, fabricará, construirá y mantendrá de forma que cumpla con una fiabilidad adecuada a las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes:

Prescripciones aplicables conjuntamente con DB-SE

Los Documentos Básicos que son aplicables a la estructura del presente proyecto de ejecución son los siguientes:

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

Otras Normas.

Se han tenido en cuenta, además, las especificaciones de las siguientes normativas vigentes:

Normativas	Apartado		Procede	No procede
NCSE	NCSE	Norma de construcción sismorresistente	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RC-03	RC-03	Instrucción para la Recepción del Cemento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EHE	EHE-08	Instrucción de Hormigón Estructural	<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 seguido de calculo	- DETERMINACION DE SITUACIONES DE DIMENSIONADO - ESTABLECIMIENTO DE LAS ACCIONES - ANALISIS ESTRUCTURAL - DIMENSIONADO	
Situaciones adoptadas de dimensionado	PERSISTENTE S	Condiciones normales de uso.
	TRANSITORIA S	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 empleado 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 consideradas

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 recogen 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 detallan en la justificación del DB correspondiente y en la memoria y planos del proyecto.

Modelo análisis estructural

En base a la documentación aportada se realiza comprobación de cálculo espacial en tres dimensiones por métodos matriciales de rigidez, formando las barras los elementos que definen la estructura: pilares, vigas, brochales, viguetas, losas, reticulares, etc.

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

$$Ed \leq Rd$$

Ed : Valor de calculo del efecto de las acciones.

Rd: 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 ha considerado 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.

Según lo expuesto en el artículo 4.3.3 de la norma CTE SE, se han verificado en la estructura las flechas de los distintos elementos. Se ha verificado tanto el desplome local como el total de acuerdo con lo expuesto en 4.3.3.2 de la citada norma.

En los elementos se establecen los siguientes límites:

Flechas relativas para los siguientes elementos				
Tipo de flecha	Combinación	Tabiques frágiles	Tabiques ordinarios	Resto de casos
1.-Integridad de los elementos constructivos (ACTIVA)	Característica G+Q	1/500	1/400	1/300
2.-Confort de usuarios (INSTANTÁNEA)	Característica de sobrecarga Q	1/350	1/350	1/350
3.-Apariencia de la obra (TOTAL)	Casi-permanente G+ψ2Q	1/300	1/300	1/300

Desplazamientos horizontales	
Local	Total
Desplome relativo a la altura entre plantas: □ /h<1/250	Desplome relativo a la altura total del edificio: □ /H<1/500

SE-AE**Acciones en la Edificación****1. Generalidades**

El campo de aplicación de este Documento Básico es el de determinación de las acciones sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y aptitud al servicio, establecido en el DB.-SE. Para la evaluación de acciones se han seguido las prescripciones indicadas en el Documento Básico SE-AE Acciones en la Edificación del CTE.

2. Acciones Permanentes.

Acciones Permanentes (G):	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.) $\times 25 \text{ kN/m}^2$. El peso propio de las losas armadas se obtiene como el producto de su canto en metros por 25 kN/m^3 .
	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). También se considera, para la formación de la cubierta de la cubierta con unas cargas ligeras constituidas por un hormigón de pendiente con un máximo de 8 cm y una chapa metálica sobre rasteles de madera. Se colocará un falso techo de madera.
	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. Las acciones del terreno se tratarán de acuerdo con lo establecido en DB-SE-C.

3. Acciones Variables.

Acciones Variables (Q):	La sobrecarga de uso:	Se adoptarán los valores de la tabla 3.1. Dichos valores incluyen tanto los efectos derivados del uso normal, personas, mobiliario, enseres, mercancías habituales, contenido de los conductos, maquinaria y en su caso vehículos, así como la acumulación de personas, o de mobiliario con ocasión de traslado. 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.
--------------------------------	-----------------------	--

	Viento:	<p>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. Este Documento Básico cubre las construcciones de esbeltez inferiores a 6 (relación altura y anchura del edificio). En los casos especiales de estructuras sensibles al viento será necesario efectuar un análisis dinámico detallado.</p> <p>Para la determinación de la acción de viento ó presión estática q_e (fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto) se tendrá en cuenta:</p> <p><u>Presión dinámica del Viento.</u></p> <p>La presión dinámica del viento, de forma simplificada, puede adoptarse de $0,5 \text{ KN/m}^2$. Se obtienen valores más precisos en el Anejo D del DB-SE-AE), en función de la velocidad del viento según el mapa D.1 del DB-SE-AE, resultando $0,45 \text{ KN/m}^2$ para la zona B; y de la densidad del aire, que suele tomarse $1,25 \text{ kg/m}^3$.</p> <p><u>Coefficiente de Exposición.</u></p> <p>El coeficiente de exposición que está en función del Grado de Aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción y del coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento. Se determina de acuerdo con lo establecido en la tabla 3.3. El Grado de aspereza del entorno que nos ocupa es tipo III: Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas y la altura del punto considerado es 6 m con lo cual el Coeficiente de Exposición es $c_e = 2,0$.</p> <p><u>Coefficiente Eólico o de presión</u></p> <p>Los coeficientes de presión exterior e interior se encuentran en el Anejo D del DB-SE-AE dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento. Su valor se establece en 3.3.4 y 3.3.5.</p>
	Las acciones Térmicas:	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.
	Nieve:	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. La provincia de León, y en concreto la ciudad de León, se encuentra en la zona climática de invierno 3, con valores de sobrecarga de nieve de $1,20 \text{ KN/m}^2$.

	Las acciones químicas, físicas y biológicas:	<p>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.</p> <p>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.</p>
	Acciones accidentales (A):	<p>Se consideran acciones accidentales los impactos, las explosiones, el sismo, el fuego.</p> <p>Las acciones debidas al sismo están definidas en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02.</p> <p>Las acciones debidas a la agresión térmica del incendio están definidas en el DB-SI.</p> <p>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.</p>

4. Cargas Gravitatorias por niveles

Conforme a lo establecido en el DB-SE-AE en la tabla 3.1, 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 a continuación:

Cargas Gravitatorias en el Edificio:

Niveles	Peso propio del forjado	Cargas muertas de Cubierta	Sobrecarga de Nieve	Carga Total
Cubierta (plana)	5,57 kN/m ²	1,83 KN/m ²	1,20 KN/m ²	11,55 KN/m ²

5. Cargas Lineales

Cerramiento LHD 3,55 kN/m²	Fachada	½ Pie de ladrillo hueco doble	1,80 kN/m²
		Enfoscado mortero cemento 1 cm.	0,15 kN/m²
		Aislamiento XPS poliestireno C02	0,00 kN/m²
		Tabicón de 12cm	1,20 kN/m²
		Guarnecido y enlucido de yeso 1,5 cm.	0,20 kN/m²
Cerramiento Interiores 2,20 kN/m²	Particiones	½ Pie de ladrillo hueco doble	1,80 kN/m²
		Guarnecido y enlucido de yeso 1,5 cm.	0,20 kN/m²
		Guarnecido y enlucido de yeso 1,5 cm.	0,20 kN/m²
		Aislamiento XPS poliestireno C02	0,00 kN/m²
Horizontales: Barandillas, petos, antepechos, miradores, balcones Balcones volados		0,80 KN/m a 1,20 metros de altura	
	Se considera una sobrecarga lineal actuando en sus bordes de 2KN/m²		
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 en la tabla 42.3.5, y no se ha contabilizado la acción de la carga térmica.		

SE-C**Cimentaciones****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.
Asientos Admisibles	De acuerdo a la norma CTE SE-C, artículo 2.4.3, y en función del tipo de terreno, tipo y características del edificio, se considera aceptable un asiento máximo admisible de 35 mm.
Tipo de Construcción	El tipo de construcción se clasifica como C-1 (construcciones entre 0 y 4 plantas).
Número mínimo de sondeos	Para este tipo de construcción y tipo de terreno, la distancia máxima entre puntos de reconocimiento es de 30m. la campaña mínima exigida por el CTE constará de 1 sondeos mecánico y un ensayo de penetración dinámica; características que en efecto presenta el Estudio realizado..
Tipo de Terreno	El tipo de terreno es T-1 (terreno favorable).
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, la tipología del edificio previsto y el entorno donde se ubica la construcción, el cual ha sido caracterizado por el correspondiente Estudio Geotécnico, el cual se incorpora al presente proyecto como Anejo.	
Datos estimados	Terreno, nivel freático y sin edificaciones colindantes.	
Tipo de reconocimiento:	Topografía del terreno sensiblemente plana. En base a un reconocimiento del terreno y de otro próximo sobre el que se ha realizado un estudio geotécnico, se trata de un suelo de gravas arenosas de compactación densa a muy densa.	
Parámetros geotécnicos estimados:	Cota de cimentación	- 1,00 m.
	Estrato previsto para cimentar	Gravas y bolos arenoarcillosos/limosos
	Nivel freático	Se detecta la presencia de nivel freático. Estimado > 1,30 m.
	Coeficiente de permeabilidad	$K_s = 10^{-4}$ cm/s
	Tensión admisible considerada	0,25 N/mm ²
	Peso específico del terreno	$\gamma = 2,10$ kN/m ³
	Angulo de rozamiento interno del terreno	$\varphi = 35^\circ$
	Coeficiente de Balasto	$K = 100.000$ KN/m ³

3. Cimentación

Descripción:	La cimentación del edificio es del tipo superficial y consiste en zapatas rígidas aisladas o corridas apoyadas sobre el terreno. Estas zapatas llevan en algunas zonas vigas de atado y otras debido a su tipología de zapatas de medianería llevan vigas riostras
Material adoptado:	Hormigón armado HA-25 y Acero B500S. El alzado (muros de contención) será HA-30
Dimensiones y armado:	Las dimensiones y armados se indican en planos de estructura del proyecto. Se han dispuesto armaduras que cumplen con las cuantías mínimas indicadas en la tabla 42.3.5 de la instrucción de hormigón estructural (EHE) 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 zapatas de cimentación.

4. Sistema de contenciones

Descripción:	Se ejecutan muretes de hormigón armado de secciones de 20, 25, 30 y 50 cm para soportar cerramientos de fábrica y de muretes de hormigón no estructural. También sirven dichos muros perimetrales para contener el encachado y solera del suelo baja. Se han calculado en flexo-compresión compuesta con valores de empuje al reposo.
Material adoptado:	Hormigón armado HA-25 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 regularización de 10 cm. de espesor. Cuando sea necesario, la dirección facultativa decidirá ejecutar la excavación mediante bataches al objeto de garantizar la estabilidad de los terrenos y de las cimentaciones de edificaciones colindantes.

NCSE-02 Norma de Construcción Sismorresistente

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:	Edificio de uso público (Construcción de normal importancia)
Tipo de Estructura:	Losa de hormigón y pilares metálicos con uniones rígidas – empotradas-.
Aceleración Sísmica Básica (a_b):	$a_b < 0.04 \text{ g}$, (siendo g la aceleración de la gravedad)
Coeficiente de contribución (K):	$K = 1,0$
Coeficiente adimensional de riesgo (ρ):	$\rho = 1,0$ (en construcciones de normal importancia)
Coeficiente de amplificación del terreno (S):	Para ($\rho \cdot a_b \leq 0,1g$), por lo que $S = C / 1,25$
Coeficiente de tipo de terreno (C):	Terreno tipo III ($C = 1,6$) Suelo granular de compacidad media
Aceleración sísmica de cálculo (A_c):	$A_c = S \cdot \rho \cdot a_b =$
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 con pórticos bien arriostrados entre sí situada en una zona de aceleración sísmica básica a_b inferior a $0,04 \text{ g}$, conforme al artículo 1.2.3. y al <i>Mapa de Peligrosidad</i> de la figura 2.1. de la mencionada norma. Por ello, no se han evaluado acciones sísmicas, no se han comprobado los estado límite últimos con las combinaciones de acciones incluyendo las sísmicas, ni se ha realizado el análisis espectral de la estructura.
Método de cálculo adoptado:	
Factor de amortiguamiento:	
Periodo de vibración de la estructura:	
Número de modos de vibración considerados:	
Fracción cuasi-permanente de sobrecarga:	
Coeficiente de comportamiento por ductilidad:	

Efectos de segundo orden (efecto $p\Delta$):
(La estabilidad global de la estructura)

Medidas constructivas
consideradas:

Observaciones:

EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural

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. Se ha considerado, de acuerdo con la propiedad, una vida nominal de la estructura comprendida para 50 años según se nos indica en el artículo 5 de la EHE-08.
Datos sobre el terreno:	La topografía del terreno es sensiblemente plana. El nivel freático se encuentra por debajo de la cota de apoyo de la cimentación, pero a una profundidad de 1,30 metros, por lo que se deberán preverse las oportunas medias de impermeabilización y/o drenaje. Otros datos del terreno consultar apartado SE-C.

2. Sistema estructural proyectado

Descripción general del sistema estructural: FORJADOS	La estructura elegida se basa en una solución estructural constituida por un forjado bidireccional continuo del tipo de losa armada y vigas planas de hormigón armado apoyadas en pilares metálicos.
VIGAS Y ZUNCHOS	La losa proyectada por la cubierta es de canto 23 cm apoyada en pilares metálicos y con vigas perimetrales.
ESCALERAS Y RAMPAS	Vigas serán de hormigón armado, con dimensiones indicadas en los planos de despieces de vigas.
PILARES	No
MUROS RESISTENTES	Metálicos.
	Se ejecutan muretes de hormigón armado para soportar cerramientos de fábrica y de muretes de hormigón no estructural. También sirven dichos muros perimetrales para contener el enchado y solera del suelo baja.

3. Principios Generales y Método de Los Estados Límites.

Método de cálculo	El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Límites Últimos de la vigente EHE-08, artículo 8, utilizando el Método de Cálculo en Rotura.
Redistribución de esfuerzos	Se realiza una redistribución (incrementos o disminuciones) de esfuerzos que satisfagan las condiciones de equilibrio entre cargas, esfuerzos y reacciones. Este análisis lineal son redistribución limitada solamente se podrá utilizar para comprobaciones de Estados Límites Últimos, según el artículo 19.2.3 de la EHE-08.
Combinación de las Hipótesis de Cálculo:	Definidos los estados de carga según su origen, se procede a calcular las combinaciones posibles con los coeficientes de mayoración y minoración correspondientes de acuerdo a los coeficientes de seguridad definidos en el art. 12º de la norma EHE-08 y las combinaciones de hipótesis básicas definidas en el art 4.2.2º del CTE DB-SE: 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

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

siendo:

γ_{Gj} : Coeficiente de mayoración de acciones permanentes (peso propio).

γ_{Qj} : Coef. de mayoración de acciones variables (sobrecarga, viento).

γ_A : Coef. de mayoración de acciones sísmicas.

G_{kj} : Valor característico de las acciones permanentes (peso propio).

Q_{kj} : Valor característico de las acciones variables (sobrecarga, viento).

A_E, k : Valor característico de las acciones sísmicas.

Análisis Estructural.
Dimensionamiento de secciones

Para la obtención de las solicitaciones se ha considerado los principios de la Mecánica Racional y las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y Elasticidad.

El dimensionamiento de secciones se hace de acuerdo con las indicaciones en la INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08.

El dimensionamiento en estado límite último de agotamiento frente a tensiones normales, se realiza según los "CALCULOS RELATIVOS A LOS ESTADOS LIMITES ULTIMOS", indicados en el capítulo X de la EHE, en el que se pretende 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.

En los estados límites últimos se comprueban los correspondientes a: equilibrio, agotamiento o rotura, adherencia, anclaje y fatiga (si procede).

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 (ver apéndice).

Deformaciones

En los estados límites de utilización, se comprueba: deformaciones (flechas), y vibraciones (si procede) se realiza según los "CALCULOS RELATIVOS A LOS ESTADOS LIMITES DE SERVICIO", indicados en el capítulo XI de la EHE-08.

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.

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 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

Lím. flecha activa	Lím. flecha activa	Máx. recomendada
L/400	L/400	1cm.

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, art. 39.1.

Cuantías geométricas

Serán como mínimo las fijadas por la instrucción en la tabla 42.3.5 de la Instrucción vigente EHE-08.

Vigas

Para el armado de las vigas se determina efectuando un cálculo a flexión simple en, al menos, 10 puntos de cada tramo de viga, delimitado por los elementos que contacta, ya sean forjados o correas de cubierta. En cada punto, y a partir de las envolventes de momentos flectores, se encaja el armado de la viga teniendo en cuenta el cumplimiento tanto de los estados límites últimos de flexión como los estados límites de servicio de fisuración y deformación, comprobando también con los valores mínimos geométricos y mecánicos de la norma, tomando el valor mayor. Se determina para las dos envolventes, sísmicas y no sísmicas (cuando proceda), y se coloca la mayor cuantía obtenida en ambos.

Para el dimensionado a esfuerzo cortante se efectúa la comprobación a compresión oblicua realizada en cada punto de la viga y la armadura necesaria para cumplir los esfuerzos de cálculo de cortante. 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.

4. Cálculos en ordenador. Programa de cálculo

Nombre comercial:

Para la obtención de las solicitaciones y dimensionado de los elementos estructurales, se ha dispuesto de un programa informático de ordenador:

CYPECAD 2009.1.g

Empresa

Cype Ingenieros
Avenida Eusebio Sempere nº 5. Alicante.

Descripción del programa
Idealización de la
estructura
Simplificaciones
efectuadas

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).

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.

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.

El método de cálculo para losas macizas unidireccionales o bidireccionales se discretiza en una malla de nudos y barras. 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 a la misma. Aplicando el método de Wood, internacionalmente conocido y que considera el efecto de la torsión para obtener el momento de armado en cada dirección especificada, se efectúa un reparto transversal en cada nudo con sus adyacentes a izquierda y a derecha en una banda de un metro, y se suman 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.

Con todo ello se obtienen unas envolventes de cuantías y el área necesaria en cada dirección por metro de ancho y se calculan los refuerzos longitudinales y transversales necesarios.

5. Características de los materiales

Los materiales a utilizar en la estructura son los siguientes:

Hormigón Armado

Hormigón	HA-25/P/40/IIa para cimentación, HA-30/P/40/IIa para alzados de muro, HA-25/P/20/IIa para la estructura exterior y HA-25/P/20/I resto
Tipo de cemento	CEM II
Tamaño máximo de árido	40 mm. en cimentación, 20 mm para el resto (vigas, forjados y pilares)
Máxima relación	0,65 para estructura interior (vigas, forjados, pilares, etc.) y 0,60 para estructura exterior
Mínimo contenido de cemento	250 kg/m ³ para estructura interior (vigas, forjados, pilares, etc.) y 275kg/m ³ para estructuras exteriores y cimentación
F_{ck}	25 Mpa (N/mm ²) = 250 Kg/cm ²
Tipo de acero	B 500 S para barras corrugadas y B 500 T para mallas
F_{yk}	500 N/mm ² = 5.100 kg/cm ²

Acero en Barras

	Toda la obra	Cimentación
Designación	B-500-S	
Límite Elástico (N/mm ²)	500	
Nivel de Control Previsto	Normal	
Coeficiente de Minoración	1.15	
Resistencia de cálculo del acero (barras): f_{yd} (N/mm ²)	434.78	

Acero en Mallazos

	Toda la obra	Cimentación
Designación	B-500-T	
Límite Elástico (N/mm ²)	500	

6. Coeficientes de seguridad y niveles de control

El nivel de control de ejecución de acuerdo al Artº 92 de EHE-08 para esta obra es NORMAL. El nivel de control de materiales es ESTADÍSTICO para el hormigón y NORMAL para el acero de acuerdo con lo indicado en los artículos 86, 87 y sucesivos de la EHE-08.

Hormigón Armado. De acuerdo a los niveles de control previstos, se realizarán los ensayos pertinentes de los materiales, acero y hormigón según se indica en la norma EHE-08, Cap. XVI CONTROL DE LA CONFORMIDAD DE LOS PRODUCTO, en los artículos 86, 87 y siguientes.

Aceros estructurales. Se harán los ensayos pertinentes de acuerdo a lo indicado en el capítulo 12 del CTE SE-A

Los coeficientes de seguridad definidos en el art. 12º de la norma EHE-08 son los siguientes y de aplicación para el presente proyecto:

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	1,35	Cargas variables
			1,50
	Nivel de control		NORMAL

7. Durabilidad

Recubrimientos exigidos: Al objeto de garantizar la durabilidad de la estructura durante su vida útil nominal de 50 años, como indica el artículo 5, se ha de verificar todo el Capítulo 7 DURABILIDAD de la EHE-08..

Recubrimientos: A los efectos de determinar los recubrimientos exigidos, se debe de tener en cuenta la clase de exposición, el tipo de cemento, resistencia característica del hormigón y al vida útil de proyecto y aplicar el artículo 37.2.4 recubrimientos y sus sucesivas tablas, y se considera un Control de Ejecución Normal.
Para elementos estructurales interiores (ambiente no agresivo, clase I) se proyecta con un recubrimiento nominal de 25 mm.
Para elementos estructurales exteriores (ambiente Normal de humedad media, clase II_a) se proyecta con un recubrimiento nominal de 30 mm.
Para garantizar estos recubrimientos se exigirá la disposición de separadores homologados de acuerdo con los criterios descritos en cuando a distancias y posición en el art. 37.2.5 de la EHE-08.

Cantidad mínima de cemento:	de	250 kg/m ³ para estructura interior en ambiente I (vigas, forjados, pilares, etc.). 275kg/m ³ para estructuras exteriores en ambiente II _a
Cantidad máxima de cemento:	de	Para el tamaño de árido previsto de 20 mm la cantidad máxima de cemento es de 375 kg/m ³ . Para el tamaño de árido previsto de 40 mm la cantidad máxima de cemento es de 350 kg/m ³ .
Resistencia recomendada:	mínima	Para ambiente I y IIa la resistencia mínima es de 25 Mpa ..
Relación agua / cemento:		Para ambiente I máxima relación agua / cemento 0,65, para ambiente IIa es 0,60

8. Ejecución y control

Bases Generales del	Durante la ejecución de las obras, se realizará los controles siguientes:																						
Control	<ul style="list-style-type: none"> Control de la conformidad de los productos que se suministren ala obra, de acuerdo con el Capítulo XVI Control de la ejecución de la estructura, de acuerdo con el Capítulo XVII. Mantenimiento según el Capítulo XVIII. 																						
Control de conformidad de los productos	<p>Se aplicará el artículo 84 y sucesivos del Capítulo XVI de la EHE-08. En el caso de productos que dispongan del marcado CE según la Directiva 89/106/CEE, será suficiente para comprobar su conformidad la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permiten el cumplimiento de las especificaciones contempladas e el proyecto. En el caso de productos que no dispongan de marcado CE se aplicara rigurosamente todo lo indicado ene l Capítulo XVI de la EHE-08. Se recomienda que todos los productos a utilizar en la ejecución de la presente obra tengan el marcado CE.</p>																						
Ensayos de control del hormigón	<p>Se aplicará lo indicado en el artículo 86 de la EHE-08 comprobando la docilidad, la resistencia y la durabilidad del hormigón.</p> <p>Para el hormigonado de todos los elementos estructurales se empleará hormigón fabricado en central, quedando expresamente prohibido el preparado de hormigón en obra. Se establece la modalidad de Control ESTADÍSTICO, con un número mínimo de 3 lotes.</p> <p>El tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido son los siguientes, (según la tabla 86.5.4.1 de la EHE-08)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Elementos o grupos de elementos que funcionan a compresión (pilares, muros portantes, etc...)</th><th>Elementos o grupos de elementos que funcionan a flexión (vigas, forjados de hormigón, muros de contención, etc...)</th><th>Macizos (zapatas, etc...)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Volumen de hormigón</td><td>100 m³</td><td>100 m³</td><td>100 m³</td></tr> <tr> <td>Tiempo de hormigonado</td><td>2 semanas</td><td>2 semanas</td><td>1 semanas</td></tr> <tr> <td>Superficie construida</td><td>500 m²</td><td>1.000 m²</td><td>-</td></tr> <tr> <td>Número de plantas</td><td>2</td><td>2</td><td>-</td></tr> </tbody> </table> <p>Si se esta en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, se podrá aumentar el tamaño de los lotes multiplicando los valores de la tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo 19 de la EHE-08</p>				Elementos o grupos de elementos que funcionan a compresión (pilares, muros portantes, etc...)	Elementos o grupos de elementos que funcionan a flexión (vigas, forjados de hormigón, muros de contención, etc...)	Macizos (zapatas, etc...)	Volumen de hormigón	100 m³	100 m³	100 m³	Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semanas	Superficie construida	500 m²	1.000 m²	-	Número de plantas	2	2	-
	Elementos o grupos de elementos que funcionan a compresión (pilares, muros portantes, etc...)	Elementos o grupos de elementos que funcionan a flexión (vigas, forjados de hormigón, muros de contención, etc...)	Macizos (zapatas, etc...)																				
Volumen de hormigón	100 m³	100 m³	100 m³																				
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semanas																				
Superficie construida	500 m²	1.000 m²	-																				
Número de plantas	2	2	-																				
Control del acero y de las armaduras	<p>Se ha aplica todo lo indicado en el artículo 87 y 88 de la EHE-08. Se establece el control a nivel NORMAL. Los aceros empleados</p>																						

Control de la ejecución

poseerán de marcado CE. Los resultados del control del acero y la verificación documental de los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE serán puestos a disposición de la Dirección Facultativa antes de la puesta en uso de la estructura.

Se establece el control a nivel NORMAL, según se indica en el artículo 92 de la EHE-08,, realizándose todos los controles indicados en dicho artículo y adoptándose los siguientes coeficientes de mayoración de acciones:

TIPO DE ACCIÓN		
PERMANENTE		1,35
PERMANENTE DE VALOR NO CONSTANTE		1,50
VARIABLE		1,50
ACCIDENTAL		1,00

Para el control de ejecución se redactará El Plan de Control de Ejecución. La programación del control de la ejecución identificará, entre otros aspectos los siguientes:

- Niveles de control.
- Lotes de ejecución.
- Unidades de inspección.
- Frecuencias de comprobación.

Todo se realizará de acuerdo con lo indicado en el art. 92 de la EHE-08.

9. Características técnicas 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. Se proyectan para losas de escaleras y aleros perimetrales. Se ha considerado un peso propio de 2,5 kN/m ²			
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	23 cm.	Hormigón "in situ"	HA-25
	Peso propio total	5,75 kN/m ²	Acero de refuerzos	B500S

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 descrito en el artículo 55 de la Instrucción EHE-08. 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.a			
	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-08:			
	Límite de la flecha total a plazo infinito	Límite relativo de la flecha activa	Límite absoluto de la flecha activa	
	$\text{flecha} \leq L/250 \text{ ó } L/500+1\text{cm}$	$\text{flecha} \leq L/400$	$\text{flecha} \leq 1 \text{ cm}$	

9.1. Método de cálculo

Para el análisis estructural se han seguido las indicaciones del Artículo 22°. Para la comprobación de los distintos Estados Límites se han estudiado las diferentes combinaciones de acciones de cálculo, de acuerdo con los criterios expuestos en el Artículo 13°.

Se ha comprobado el Estado Límite de Agotamiento por tensiones normales de acuerdo con el Artículo 42°, considerando un esfuerzo de flexión equivalente que tenga en cuenta el efecto producido por los momentos flectores y torsores existentes en cada punto de la losa. Se ha comprobado el Estado Límite de Cortante de acuerdo con el artículo 44°.

En el capítulo de deformaciones del forjado se ha tenido en cuenta las limitaciones prácticas relativas a las flechas que indican el CTE y la Norma EHE-08 en el art. 50.1 referido a los Estados Límites de Deformaciones, no presentándose problemas de flechas en ningún caso.

9.2. Cantos mínimos de las losas armadas bidireccionales.

El canto de las losas es superior al mínimo establecido en la Instrucción EHE-08 para las condiciones de diseño, materiales y carga que les corresponden según el artículo 55° de la EHE-08.

Se predimensionan calculando el canto mínimo por flecha conforme al artículo 50.2.1 de la EHE-08, no siendo preciso comprobar la flecha si el canto útil es mayor que d.

Para las losas del proyecto, según el artículo 55 de la EHE-08:

- Luz máxima existente: 6,75 m. en la cubierta alta
- Canto mínimo (según el Art. 55.1): para losas macizas de espesor constante, $L/32=21,09$ cm.
- Canto útil mínimo (por flecha) (según el Art.50.2.2.1), para losa bidireccional continua $L/30=22,5$ cm.

El canto adoptado para la estructura y no tener que comprobar deformaciones será de 23 cm.

De todas formas se ha calculado la deformación en las losas de la cubierta alta y baja y los resultados son los siguientes:

- Cubiertas secundarias (garaje y oficina):
Deformación Instantánea: $4,35+0,69=5,04$ mm.
Deformación total: $3 \times 5,04 = 15,12$ mm.
- Cubierta principal:
Deformación Instantánea: $5,28+0,85=6,13$ mm.
Deformación total: $3 \times 6,13 = 18,39$ mm.

SE-A**Estructuras de Acero.....****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 estructura:	la	Presentar justificación de verificaciones
		<input type="checkbox"/>	Parte de estructura:	la	Identificar los elementos de la estructura
<input checked="" type="checkbox"/>	Mediante programa informático	<input checked="" type="checkbox"/>	Toda la estructura	Nombre del programa:	CYPECAD METAL 3D
				Versión:	2009 g
				Empresa:	- Cype Ingenieros.
				Domicilio:	Avenida Eusebio Sempere nº 5. Alicante.
		<input type="checkbox"/>	Parte de estructura:	la	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 type="checkbox"/> la estructura está formada por pilares y vigas	<input type="checkbox"/> existen juntas de dilatación	<input type="checkbox"/> separación máxima entre juntas de dilatación $d > 40$ metros	<input checked="" type="checkbox"/> ¿Se han tenido en cuenta las acciones térmicas y reológicas en el cálculo?	si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ► justificar
	<input type="checkbox"/> no existen juntas de dilatación	<input type="checkbox"/> ¿Se han tenido en cuenta las acciones térmicas y reológicas en el cálculo?	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ► justificar	

- ☐ La estructura se ha calculado teniendo en cuenta las solicitaciones transitorias que se producirán durante el proceso constructivo.
- ☒ Durante el proceso constructivo no se producen solicitaciones 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.
------------------------	--

Geometría

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

2. 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

3. Materiales

El tipo de acero utilizado en chapas y perfiles es:

S275JR

Designación	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	f _y (N/mm²)			f _u (N/mm²)	
	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.
 f_y tensión de límite elástico del material
 f_u tensión de rotura

4. 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*.

5. 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:

- a) 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
- b) Comprobación de las barras de forma individual según esté sometida a:
- Tracción
 - Compresión
- Se deberá especificar por el proyectista si la estructura es traslacional o intraslacional
- Flexión
 - Interacción de esfuerzos:
 - Elementos flectados y traccionados
 - Elementos comprimidos y flectados

El cálculo de tensiones se hace mediante el criterio de plastificación de Von Mises.

Las esbelteces límites para los elementos de la sección transversal son las siguientes:

- Elementos no rigidizados o con rigidizador de borde: 60
- Almas entre elementos: 150
- Rigidizadores: La del elemento rigidizador.

En relación con el punto anterior, hay que tener en cuenta que para la comprobación de barras sometidas a compresión se usa la formulación dada en el capítulo V de la norma, en el que también se dice que el límite de validez de dicha formulación es para elementos de esbeltez inferior a 80. 3.

Se comprueba las dimensiones mínimas de los rigidizadores, según se indica en el art. 1.7.4. Se comprueba la abolladura por tensiones normales y tangenciales.

Se calculan las placas de anclaje en el arranque de pilares metálicos, verificando las tensiones generales y locales en el acero, hormigón, pernos, punzonamiento y arrancamiento.

En la comprobación de una placa de anclaje, la hipótesis básica asumida es la de placa rígida o **hipótesis de Bernoulli**. Esto implica suponer que la placa permanece plana ante los esfuerzos a los que se ve sometida, de forma que se pueden despreciar sus deformaciones a efectos del reparto de cargas. Para que esto se cumpla, la placa de anclaje debe ser simétrica y suficientemente rígida (espesor mínimo en función del lado).

Las comprobaciones que se deben efectuar para validar una placa de anclaje se dividen en tres grupos según el elemento comprobado: hormigón de la cimentación, pernos de anclaje y placa propiamente dicha, con sus rigidizadores si los hubiera.

6. 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".

