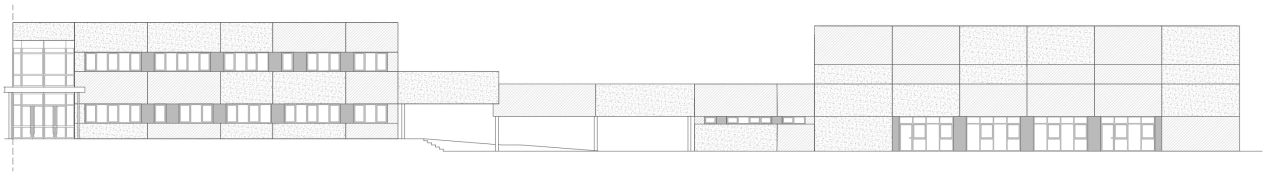
PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE

4 AULAS DE ESO, AULAS ESPECÍFICAS Y GIMNASIO EN EL IES LOECHES



Dirección General
de Infraestructuras y Servicios
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
E INVESTIGACIÓN

Comunidad de Madrid

SITUACIÓN

CALLE TOMILLO C/V AVDA. DEL MONTE
28890 LOECHES (MADRID)

PROPIEDAD

D.G. INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN
c/ Santa Hortensia, 30. 28002. Madrid

ARQUITECTOS

ALDARA ZULETA DEL RIVERO
JAIME MARTÍNEZ DE UBAGO DE LIÑÁN

AM1. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA 3

2. NORMATIVA 3

3. EXIGENCIAS BÁSICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL (DB SE) 3

3.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DIMENSIONADO 3

3.2. ACCIONES 4

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES 5

3.4. MODELO PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL 5

3.5. VERIFICACIONES BASADAS EN COEFICIENTES PARCIALES 5

4. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (DB SE AE) 8

4.1. ACCIONES PERMANENTES (G) 8

4.2. ACCIONES VARIABLES (Q) 8

4.3. ACCIONES ACCIDENTALES 10

5. CIMIENTOS (DB SE C) 11

5.1. BASES DE CÁLCULO 11

5.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO 12

5.3. DESCRIPCIÓN, MATERIALES Y DIMENSIONADO DE ELEMENTOS 12

6. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN (EHE-08) 13

6.1. BASES DE CÁLCULO 13

6.2. ACCIONES 14

6.3. MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO 15

6.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS FORJADOS 15

7. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE ACERO (DB SE A) 16

7.1. GENERALIDADES 16

7.2. BASES DE CÁLCULO 16

7.3. DURABILIDAD 16

7.4. MATERIALES 16

7.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL 17

8. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA (DB SI) 17

8.1. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN 17

8.2. ESTRUCTURA DE ACERO 18

1. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El proyecto consiste en la construcción de un edificio para ampliar un centro educativo, en Loeches (Madrid).

La estructura se resuelve mediante pilares y vigas de acero, sobre los que descansan los forjados de losas alveolares de 25 cm de canto con capa de compresión de hormigón armado de 5 cm de espesor. La cubierta es plana. Las escaleras se realizan mediante zancas metálicas.

La cimentación se realiza mediante zapatas de hormigón armado sobre pozos de cimentación, considerando una tensión admisible del terreno de 0.25 MPa , de acuerdo a lo indicado en el informe geotécnico. Se deberá garantizar el apoyo sobre el firme en todas las cimentaciones.

2. NORMATIVA

En el presente proyecto se han tenido en cuenta los siguientes documentos del Código Técnico de la Edificación (CTE):

DB SE: Seguridad estructural

DB SE AE: Acciones en la edificación

DB SE C: Cimientos

DB SE A: Acero

DB SI: Seguridad en Caso de Incendios.

Además, se ha tenido en cuenta la siguiente normativa en vigor:

EHE-08: Instrucción de Hormigón Estructural.

NSCE-02: Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación.

De acuerdo a las necesidades, usos previstos y características del edificio, se adjunta la justificación documental del cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad estructural.

3. EXIGENCIAS BÁSICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL (DB SE)

3.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DIMENSIONADO

El proceso de verificación estructural del edificio se describe a continuación:

- Determinación de situaciones de dimensionado.
- Establecimiento de las acciones.
- Análisis 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 a las que puede resultar expuesto el edificio (acciones accidentales).

Periodo de servicio (vida útil)

En este proyecto se considera una vida útil para la estructura de 50 años.

Métodos de comprobación: Estados límite

Situaciones que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple con alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido.

Estados límite últimos

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. Como estados límites últimos se han considerado los debidos a:

- Pérdida de equilibrio del edificio o de una parte de él.
- Deformación excesiva.
- Transformación de la estructura o de parte de ella en un mecanismo.
- Rotura de elementos estructurales o de sus uniones.
- Inestabilidad de elementos estructurales.

Estados límite de servicio

Situación que de ser superada afecta a:

- El nivel de confort y bienestar de los usuarios.
- El correcto funcionamiento del edificio.
- La apariencia de la construcción.

3.2. ACCIONES

Clasificación de las acciones

Las acciones se clasifican, según su variación con el tiempo, en los siguientes tipos:

- Permanentes (G): son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio, con posición constante y valor constante (pesos propios) o con variación despreciable.
- Variables (Q): son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio (uso y acciones climáticas).
- Accidentales (A): son 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 están reflejados en el apartado 5 del presente documento.

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Los valores característicos de las propiedades de los materiales se detallan en lo correspondientes capítulos del siguiente documento.

3.4. MODELO PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Se realiza un cálculo espacial en tres dimensiones por métodos matriciales, considerando los elementos que definen la estructura. Se establece la compatibilidad de desplazamientos en todos los nudos, considerando seis grados de libertad y la hipótesis de indeformabilidad en el plano para cada forjado continuo, impidiéndose los desplazamientos relativos entre nudos. A los efectos de obtención de solicitaciones y desplazamientos, se supone un comportamiento lineal de los materiales.

Cálculos por ordenador

Nombre del programa utilizado: CYPECAD. Versión 2019.a

Empresa: CYPE Ingenieros, S.A.- Avda. Eusebio Sempere, 5 - 03003 ALICANTE.

3.5. VERIFICACIONES BASADAS EN COEFICIENTES PARCIALES

En la verificación de los estados límite mediante coeficientes parciales, para la determinación del efecto de las acciones, así como de la respuesta estructural, se utilizan los valores de cálculo de las variables, obtenidos a partir de sus valores característicos, multiplicándolos o dividiéndolos por los correspondientes coeficientes parciales para las acciones y la resistencia, respectivamente.

Verificación de la estabilidad: $E_{d,\,estab} \geq E_{d,\,desestab}$

- Ed, estab: Valor de cálculo de los efectos de las acciones estabilizadoras.
- Ed, desestab: Valor de cálculo de los efectos de las acciones desestabilizadoras.

Verificación de la resistencia de la estructura: Rd ≥ Ed

- Rd: Valor de cálculo de la resistencia correspondiente.
- Ed: Valor de calculo del efecto de las acciones.

Combinaciones de acciones consideradas y coeficientes parciales de seguridad

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

- **Estado Límite Ultimo:**

  - Situaciones persistentes o transitorias:

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\cdot G_{k,j}+\gamma_P\cdot P+\gamma_{Q,1}\cdot Q_{k,1}+\sum_{i\geq 1}\gamma_{Q,i}\cdot\psi_{0,i}\cdot Q_{k,i}$$

  - Situaciones extraordinarias:

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\cdot G_{k,j}+\gamma_P\cdot P+A_d+\gamma_{Q,1}\cdot\psi_{1,1}\cdot Q_{k,1}+\sum_{i\geq 1}\gamma_{Q,i}\cdot\psi_{2,i}\cdot Q_{k,i}$$

- **Estado Límite Servicio:**

  - Combinación característica:

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}+P+Q_{k,1}+\sum_{i\geq 1}\psi_{0,i}\cdot Q_{k,i}$$

  - Combinación frecuente:

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}+P+\psi_{1,1}\cdot Q_{k,1}+\sum_{i\geq 1}\psi_{2,i}\cdot Q_{k,i}$$

  - Combinación cuasipermanente:

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}+P+\sum_{i\geq 1}\psi_{2,i}\cdot Q_{k,i}$$

Donde,

G_k:	Valor característico de las cargas permanentes.
Q_k:	Valor característico de la acción variable.
γ_G:	Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes.
$\gamma_{Q,1}$:	Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal.
$\gamma_{Q,i}$:	Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento.
	(i > 1) para situaciones no sísmicas
	(i ≥ 1) para situaciones sísmicas

Los coeficientes de simultaneidad $\Psi_{0,i}$, $\Psi_{1,i}$ y $\Psi_{2,i}$ se establecen en el DB Seguridad estructural del Código Técnico de la Edificación.

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar son los que se indican en las tablas que se indican a continuación:

E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08-CTE

	Situación Persistente o transitoria			
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (Ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (Ψ_p)	Acompañamiento (Ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.35	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.50	1.00	0.70
Viento (Q)	0.00	1.50	1.00	0.60
Nieve (Q)	0.00	1.50	1.00	0.50

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08-CTE

	Situación Persistente o transitoria			
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (Ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (Ψ_p)	Acompañamiento (Ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.60	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.60	1.00	0.70
Viento (Q)	0.00	1.60	1.00	0.60
Nieve (Q)	0.00	1.60	1.00	0.50

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB-SE A

	Situación Persistente o transitoria			
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (Ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (Ψ_p)	Acompañamiento (Ψ_a)
Carga permanente (G)	0.80	1.35	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.50	1.00	0.70
Viento (Q)	0.00	1.50	1.00	0.60
Nieve (Q)	0.00	1.50	1.00	0.50

Tensiones sobre el terreno y desplazamientos

	Situación Característica			
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (Ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (Ψ_p)	Acompañamiento (Ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.00	--	--
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00	1.00	1.00
Viento (Q)	0.00	1.00	1.00	1.00
Nieve (Q)	0.00	1.00	1.00	1.00

Deformaciones: flechas y desplazamientos horizontales

Según lo expuesto en el artículo 4.3.3 del documento CTE DB SE, se han verificado en la estructura las flechas de los distintos elementos. Se ha comprobado tanto el desplome local como el total de acuerdo con lo expuesto en 4.3.3.2 de dicho documento. Para el cálculo de las flechas en los elementos flectados, vigas y forjados, se tienen en cuenta tanto las deformaciones instantáneas como las diferidas, calculándose las inercias equivalentes de acuerdo a lo indicado en la norma.

Se establecen los siguientes límites de deformación de la estructura:

Flechas relativas para los siguientes elementos				
Tipo de flecha	Combinación	Tabiques frágiles	Tabiques ordinarios	Resto de casos
Integridad de los elementos constructivos (flecha activa)	Característica G+Q	1 / 500	1 / 400	1 / 300
Confort de usuarios (flecha instantánea)	Característica de sobrecarga Q	1 / 350	1 / 350	1 / 350
Apariencia de la obra (flecha total)	Casi permanente $G + \Psi_2 Q$	1 / 300	1 / 300	1 / 300

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

4. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (DB SE AE)

4.1. ACCIONES PERMANENTES (G)

Peso propio de la estructura

Cargas de pesos propios de los forjados			
Planta	**Tipo de forjado**	**Canto (cm)**	**Peso propio (kN/m²)**
Planta Cubierta	Losa Alveolar	25+5	4,70
Planta Primera	Losa Alveolar	25+5	4,70
Planta Baja	Losa Alveolar	25+5	4,70

Cargas permanentes superficiales

Se estiman uniformemente repartidas en la planta. Representan elementos tales como pavimentos, recrecidos, tabiques ligeros, falsos techos, etc.

Cargas permanentes superficiales (tabiquería, pavimentos y revestimientos)	
Planta	**Carga superficial (kN/m²)**
Planta Cubierta	2,50
Planta Primera	2,50
Planta Baja	2,50

Peso propio de tabiques pesados y muros de cerramiento:

Cargas permanentes lineales: tabiques pesados y muros de cerramiento	
Planta	**Carga lineal (kN/ml)**
Cerramiento exterior	10,00
Peto cubierta	5,00

Para los pilares del gimnasio se estima un acarga puntual de 58 kN/pilar.

4.2. ACCIONES VARIABLES (Q)

Sobrecarga de uso

Se tienen en cuenta los valores indicados en la tabla 3.1 del documento DB SE AE.

Sobrecargas superficiales generales	
Planta	**Carga superficial (kN/m²)**
Planta Cubiertas	1,00
Planta Primera	4,00
Planta Baja	4,00

Viento

Se tienen en cuenta los valores indicados en el apartado 3.3 del documento DB SE AE.

Situación: Loeches, Madrid.

Zona eólica: A

Grado de aspereza: IV. Zona urbana, industrial o forestal

La acción del viento se calcula a partir de la presión estática q_e que actúa en la dirección perpendicular a la superficie expuesta. Se obtiene en función de la geometría del edificio, la zona eólica y grado de aspereza seleccionados, y la altura sobre el terreno del punto considerado:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Donde:

- q_b Es la presión dinámica del viento conforme al mapa eólico del Anejo D.
- c_e Es el coeficiente de exposición, determinado conforme a las especificaciones del Anejo D.2.
- c_p Es el coeficiente eólico o de presión, calculado según la tabla 3.4 del apartado 3.3.4, en función de la esbeltez del edificio en el plano paralelo al viento.

Conforme al artículo 3.3.2., apartado 2 del Documento Básico AE, se ha considerado que las fuerzas de viento por planta, en cada dirección del análisis, actúan con una excentricidad de ±5% de la dimensión máxima del edificio.

Acciones térmicas

No se ha considerado en el cálculo de la estructura. Se han dispuesto las juntas de dilatación necesarias para no considerar estos efectos sobre la estructura.

Nieve

Se tienen en cuenta los valores indicados en el apartado 3.5 del documento DB SE AE.

Situación: Loeches, Madrid.

Altitud sobre nivel del mar: 650 m

Zona clima invernal: Zona 4

La acción de la nieve se calcula a partir del valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal s_k, y en función de la geometría de la cubierta:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 1.00 \cdot 0.55 = 0.55 \text{ kN/m}^2$$

Donde:

- q_b Es la carga de nieve en proyección horizontal.
- μ Es el coeficiente de forma de cubierta, calculado según el apartado 3.5.3
- s_k Es el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, determinado conforme a las especificaciones del Anejo E.2.

4.3. ACCIONES ACCIDENTALES

Se consideran acciones accidentales los impactos, las explosiones, el sismo y el fuego. La condiciones en que se debe estudiar la acción del sismo y las acciones debidas a éste en caso de que sea necesaria su consideración están definidas en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02.

Sismo

Clasificación de la construcción: Edificio (Construcción de Importancia normal)

Aceleración sísmica básica (a_b): < 0.040 g,

Dada las características de la construcción no es necesaria ninguna consideración específica para sismo de acuerdo a la norma NCSE-02.

Incendio

La resistencia al fuego considerada para los cálculos es: **R 60**

5. CIMIENTOS (DB SE C)

5.1. BASES DE CÁLCULO

Método de cálculo

El comportamiento de la cimentación se verifica frente a la capacidad portante (resistencia y estabilidad) y la aptitud al servicio. A estos efectos se distinguirá, respectivamente, entre estados límite último y estados límite de servicio.

Las comprobaciones de la capacidad portante y de la aptitud al servicio de la cimentación se efectúan para las situaciones de dimensionado pertinentes.

Las situaciones de dimensionado se clasifican en:

- Situaciones persistentes: que se refieren a las condiciones normales de uso.
- Situaciones transitorias: que se refieren a unas condiciones aplicables durante un tiempo limitado, tales como situaciones sin drenaje o de corto plazo durante la construcción.
- Situaciones extraordinarias: que se refieren a unas condiciones excepcionales en las que se puede encontrar, o a las que puede estar expuesto el edificio, incluido el sismo.

El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Limite Últimos (apartado 3.2.1 DB SE) y los Estados Límite de Servicio (apartado 3.2.2 DB SE). Estas consideraciones se aplican también a las estructuras de contención.

Verificaciones

Las verificaciones de los estados límite se basan en el uso de modelos adecuados para la cimentación y su terreno de apoyo y para evaluar los efectos de las acciones del edificio y del terreno sobre el edificio.

Para verificar que no se supera ningún estado límite se han utilizado los valores adecuados para:

- Las solicitaciones del edificio sobre la cimentación.
- Las acciones (cargas y empujes) que se puedan transmitir o generar a través del terreno sobre la cimentación.
- Los parámetros del comportamiento mecánico del terreno.
- Los parámetros del comportamiento mecánico de los materiales utilizados en la construcción de la cimentación.
- Los datos geométricos del terreno y la cimentación.

Acciones

Para cada situación de dimensionado de la cimentación se han tenido en cuenta tanto las acciones que actúan sobre el edificio como las acciones geotécnicas que se transmiten o generan a través del terreno en que se apoya el mismo.

Sobre las estructuras de contención se consideran los empujes del terreno actuantes sobre las mismas.

Coeficientes parciales de seguridad

La utilización de los coeficientes parciales implica la verificación de que, para las situaciones de dimensionado de la cimentación, no se supere ninguno de los estados límite, al introducir en los modelos correspondientes los valores de cálculo para las distintas variables que describen los efectos de las acciones sobre la cimentación y la resistencia del terreno.

Para las acciones y para las resistencias de cálculo de los materiales y del terreno, se han adoptado los coeficientes parciales indicados en la tabla 2.1 del documento DB SE C.

5.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO

Se han considerado los datos proporcionados por el informe geotécnico realizado.

Se deberá emplear cemento resistente a sulfatos en todos los hormigones de elementos en contacto con el terreno.

Parámetros geotécnicos adoptados en el cálculo

Cimentación:

Tensión admisible del terreno en situaciones persistentes: 0,25 MPa

Muretes de sótano:

Densidad aparente	18.00 kN/m³
Ángulo rozamiento interno	30º
Cohesión:	0.00 kN/m2
Carga sobre trasdós:	4.00 kN/m²

5.3. DESCRIPCIÓN, MATERIALES Y DIMENSIONADO DE ELEMENTOS

Descripción

La cimentación es semiprofunda y se resuelve mediante zapatas apoyadas sobre pozos de cimentación, cuyas tensiones máximas de apoyo no superan las tensiones admisibles del terreno de cimentación en ninguna de las situaciones de proyecto.

Materiales

Hormigón: HA-25;	fck = 25 MPa;	γc = 1.30 a 1.50
Acero: B 500 S;	fyk = 500 MPa;	γs = 1.00 a 1.15

Dimensiones, secciones y armados

Las dimensiones, secciones y armados se indican en los planos de estructura del proyecto. Se han dispuesto armaduras que cumplen con la instrucción de hormigón estructural EHE-08 atendiendo al elemento estructural considerado.

Recubrimientos

Zapatas y muretes (mecánicos):	5.00 cm
	7.00 cm (hormigonado contra el terreno)

6. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN (EHE-08)

6.1. BASES DE CÁLCULO

Requisitos

La estructura proyectada cumple con los siguientes requisitos:

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

Conforme a la Instrucción EHE-08 se asegura la fiabilidad requerida a la estructura adoptando el método de los Estados Límite, tal y como se establece en el Artículo 8º. Este método permite tener en cuenta de manera sencilla el carácter aleatorio de las variables de solicitación, de resistencia y dimensionales que intervienen en el cálculo. El valor de cálculo de una variable se obtiene a partir de su principal valor representativo, ponderándolo mediante su correspondiente coeficiente parcial de seguridad.

Comprobación estructural

La comprobación estructural en el proyecto se realiza mediante cálculo, lo que permite garantizar la seguridad requerida de la estructura.

Situaciones de proyecto

Las situaciones de proyecto consideradas son las que se indican a continuación:

- Situaciones persistentes: corresponden a las condiciones de uso normal de la estructura.
- Situaciones transitorias: que corresponden a condiciones aplicables durante un tiempo limitado.
- Situaciones accidentales: que corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura.

Métodos de comprobación: Estados límite

Se definen como Estados Límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple alguna de las funciones para las que ha sido proyectada.

Estados límite últimos

La denominación de Estados Límite Últimos engloba todos aquellos que producen el fallo de la estructura, por pérdida de equilibrio, colapso o rotura de la misma o de una parte de ella. Como Estados Límite Últimos se han considerado los debidos a:

- Fallo por deformaciones plásticas excesivas, rotura o pérdida de la estabilidad de la estructura o de parte de ella.
- Pérdida del equilibrio de la estructura o de parte de ella, considerada como un sólido rígido.
- Fallo por acumulación de deformaciones o fisuración progresiva bajo cargas repetidas.

En la comprobación de los Estados Límite Últimos que consideran la rotura de una sección o elemento, se satisface la condición:

$$R_d > S_d$$

donde:

R_d: Valor de cálculo de la respuesta estructural.

Sd: Valor de cálculo del efecto de las acciones.

Para la evaluación del Estado Límite de Equilibrio (Artículo 41º) se satisface la condición:

$$E_{d,\,estab} \geq E_{d,\,desestab}$$

donde:

$E_{d,\,estab}$: Valor de cálculo de los efectos de las acciones estabilizadoras.

$E_{d,\,desestab}$: Valor de cálculo de los efectos de las acciones desestabilizadoras.

Estados límite de servicio

La denominación de Estados Límite de Servicio engloba todos aquéllos para los que no se cumplen los requisitos de funcionalidad, de comodidad o de aspecto requeridos. En la comprobación de los Estados Límite de Servicio se satisface la condición:

$$C_d \geq E_d$$

donde:

C_d: Valor límite admisible para el Estado Límite a comprobar (deformaciones, vibraciones, abertura de fisura, etc.).

E_d: Valor de cálculo del efecto de las acciones (tensiones, nivel de vibración, abertura de fisura, etc.).

6.2. ACCIONES

Para el cálculo de los elementos de hormigón se han tenido en cuenta las acciones permanentes (G), las acciones variables (Q) y las acciones accidentales (A).

Para la obtención de los valores característicos, representativos y de cálculo de las acciones se han tenido en cuenta los artículos 10º, 11º y 12º de la instrucción EHE-08.

Combinación de acciones y coeficientes parciales de seguridad

Verificaciones basadas en coeficientes parciales (ver apartado Verificaciones basadas en coeficientes parciales).

6.3. MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO

El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Limite del articulo 8º de la vigente instrucción EHE-08, utilizando el Método de Cálculo en Rotura.

Cuantías geométricas

Se han adoptado las cuantías geométricas mínimas fijadas en la tabla 42.3.5 de la instrucción EHE-08.

Características de los materiales

Los coeficientes a utilizar para cada situación de proyecto y estado límite están definidos en el cumplimiento del Documento Básico SE.

Los valores de los coeficientes parciales de seguridad de los materiales (γc y γs) para el estudio de los Estados Límite Últimos son los que se indican a continuación:

Hormigón: HA-25; fck = 25 MPa; γc = 1.30 a 1.50

Acero: B 500 S; fyk = 500 MPa; γs = 1.00 a 1.15

Recubrimientos

Zunchos (geométricos): 3.50 cm

Placas aligeradas (mecánico): 3.50 cm

6.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS FORJADOS

Forjados de placas aligeradas

	Características					
Nombre	**Canto total (cm)**	**Canto placa (cm)**	**Capa compresión (cm)**	**Ancho placa (cm)**	**Entrega mínima (cm)**	**Peso Propio (kN/m²)**
ALVEOLAR P-25+5/120	30	25	5	120	10	4,70

Nota: El fabricante del forjado deberá entregar una memoria de cálculo y planos de taller para su revisión y aprobación por la Dirección Facultativa, previo al suministro y ejecución del forjado. En dicho documento, se deberán justificar todos los requerimientos documentales exigidos por la normativa de aplicación, en particular por EHE y CTE.

7. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE ACERO (DB SE A)

7.1. GENERALIDADES

Se comprueba el cumplimiento del presente Documento Básico para aquellos elementos realizados con acero.

En el diseño de la estructura se contempla la seguridad adecuada de utilización, incluyendo los aspectos relativos a la durabilidad, fabricación, montaje, control de calidad, conservación y mantenimiento.

7.2. BASES DE CÁLCULO

Para verificar el cumplimiento del apartado 3.2 del Documento Básico SE, se ha comprobado:

- La estabilidad y la resistencia (estados límite últimos).
- La aptitud para el servicio (estados límite de servicio).

Estados límite últimos

La determinación de la resistencia de las secciones se hace de acuerdo a lo especificado en el capítulo 6 del documento DB SE A, partiendo de las esbelteces, longitudes de pandeo y esfuerzos actuantes para todas las combinaciones definidas en la presente memoria, teniendo en cuenta la interacción de los mismos y comprobando que se cumplen los límites de resistencia establecidos para los materiales seleccionados.

Estados límite de servicio

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

7.3. DURABILIDAD

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

7.4. MATERIALES

Los coeficientes parciales de seguridad utilizados para las comprobaciones de resistencia son:

- γ_{M0} = 1,05 coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.
- γ_{M1} = 1,05 coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad.
- γ_{M2} = 1,25 coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

Características de los aceros empleados

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

Las propiedades de los aceros utilizados son las siguientes:

- Módulo de elasticidad longitudinal (E): 210.000 N/mm²
- Módulo de elasticidad transversal o módulo de rigidez (G): 81.000 N/mm²
- Coeficiente de Poisson (v): 0.30
- Coeficiente de dilatación térmica (α): 1,2·10-5(°C)-1
- Densidad (γ): 78.5 kN/m³

Tipos de acero empleados

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
Aceros laminados	S275 JR	275	210

7.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

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

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

8. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA (DB SI)

8.1. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN

CTE DB SI - Anejo C: Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado.

ELEMENTOS DE HORMIGÓN				
Planta	Resistencia requerida	Función de compartimentación	Revestimiento de los elementos	
			Inferior (forjados y vigas)	Pilares y muros
Planta Cubiertas	R-60	SI	Sin revestimiento ignífugo	Sin revestimiento ignífugo
Planta Primera	R-60	SI	Sin revestimiento ignífugo	Sin revestimiento ignífugo

Planta Baja	R-60	SI	Sin revestimiento ignífugo	Sin revestimiento ignífugo

8.2. ESTRUCTURA DE ACERO

CTE DB SI - Anejo D: Resistencia al fuego de los elementos de acero.

ELEMENTOS DE ACERO				
Planta	Resistencia requerida	Función de compartimentación	Revestimiento de los elementos	
			Vigas	Pilares
Bajocubierta	R-60	SI	1.0 mm	1.2 mm
Planta Primera	R-60	SI	1.0 mm	1.2 mm