

IV. 1. DB SE. EXIGENCIAS BÁSICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL. MEMORIA DE CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

1. DESCRIPCIÓN

Trata la presente estructura de un edificio docente destinado a de usos múltiples (aulas-taller), con planta baja y previsión para una posible ampliación de otra planta superior, según se describe en el resto de documentación del proyecto.

1.1. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

El presente proyecto se adapta al CTE y sus diversos documentos aplicables conjuntamente con DB-SE, según se señala:

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

Se tienen en cuenta, además, las especificaciones aplicables de la normativa siguiente:

		Procede	No procede
NCSE	Norma de construcción sismorresistente	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EHE	Instrucción de hormigón estructural	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.2. CIMENTACIONES

1.2.1. Estudio Geotécnico

El estudio ha sido elaborado por Applus Norcontrol SLU, en abril de 2015 y firmado por D. Javier Fernández Fernández y D. José María Fernández Alba, geólogos. El estudio consiste en la realización de 2 penetrómetros y 1 sondeo, además de ensayos de laboratorio.

Se detecta nivel freático (terreno agresivo tipo IIIb). Se recomienda una cimentación profunda mediante pilotaje o micropilotaje, con una profundidad estimada de unos 10 metros.

1.2.2. Sistema de cimentación elegido

Dadas las características del mencionado terreno, se plantea una solución con cimentación profunda mediante micropilotes de 150 mm de diámetro con tubería tipo Hermagar.

1.2.3. Métodos de cálculo de la cimentación

El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Límites. Se verifica la capacidad portante (resistencia y estabilidad) y la aptitud de servicio.

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

Se han 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.

El cálculo se ha realizado mediante ordenador compatible, según se señala en el apartado correspondiente.

1.3. SISTEMA ESTRUCTURAL ELEGIDO

El sistema estructural elegido se corresponde a una tipología de prelosas de hormigón armado con 30 cm de canto. Se ha partido de una solución tipo "Livia" de Castelo. En todo caso se indican en planos esfuerzos a flexión, por lo que es posible el cambio de esta solución por otra; siempre previa aprobación explícita por parte de la D. F. y la entrega de la documentación señalada en la EHE. En este caso se recuerda que, para el cálculo de la presente estructura, se han empleado técnicas tridimensionales, por lo que, un cálculo meramente unidireccional de los forjados no tiene porqué quedar del lado de la seguridad.

Los forjados se han previsto para soportar unas acciones según DB-SE-AE, indicándose sus valores en el correspondiente apartado, así como en planos.

Existen partes de la estructura formadas por losas de hormigón armado.

El hormigón empleado en la solera estructural de planta baja será hidrófugo, así como en todas las restantes partes de la estructura que se encuentren en contacto con el terreno.

En esta primera fase no se realiza la planta alta, por tanto tampoco se ejecutan la escalera y el ascensor. El forjado (ahora de cubierta) se ha previsto para soportar cargas de uso público tipo "auditorio" y los pilares que suben a cubierta están previstos para soportar cargas de una cubrición metálica tipo ligera.

La escalera estará formada por placas inclinadas empotradas en cada forjado, con un espesor medio de 20 cm. Estas losas se cuelgan del forjado superior con $\phi 12$ cada metro aproximadamente, donde sea posible, según se indica en proyecto.

1.3.1. Métodos de Cálculo de hormigón

El diseño y el cálculo de la cimentación y la estructura se ajustan en todo momento a lo establecido en las normas EHE y CTE y su construcción se llevará a cabo de acuerdo con lo especificado en dichas normas.

La determinación de las solicitaciones se ha realizado con arreglo a los principios de la Mecánica Racional, complementados por las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y de la Elasticidad.

De acuerdo con la Norma EHE, el proceso general de cálculo empleado es el de los "estados límites", en el que se trata de reducir a un valor suficientemente bajo la probabilidad de que se alcancen aquellos estados límites que ponen la estructura fuera de servicio.

Las comprobaciones de los estados límites últimos (equilibrio, agotamiento o rotura, inestabilidad o pandeo, anclaje y fatiga) se realizan para cada hipótesis de carga, con acciones mayoradas y propiedades resistentes de los materiales minoradas, mediante una serie de coeficientes parciales de seguridad. Para el caso de encepados se emplea el método de las bielas.

Las comprobaciones de los estados límites de utilización (fisuración y deformación) se realizan para cada hipótesis de carga con acciones de servicio (sin mayorar) y propiedades resistentes de los materiales de servicio (sin minorar).

1.3.2 Métodos de Cálculo de acero laminado y conformado

Se dimensionan los elementos metálicos de acuerdo a la norma CTE SE-A (Seguridad estructural: Acero), determinándose coeficientes de aprovechamiento y deformaciones, así como la estabilidad, de acuerdo a los principios de la Mecánica Racional y la Resistencia de Materiales.

Se realiza un cálculo lineal de primer orden, admitiéndose localmente plastificaciones de acuerdo a lo indicado en la norma.

La estructura se supone sometida a las acciones exteriores, ponderándose para la obtención de los coeficientes de aprovechamiento y comprobación de secciones, y sin mayorar para las comprobaciones de deformaciones, de acuerdo con los límites de agotamiento de tensiones y límites de flecha establecidos.

Para el cálculo de los elementos comprimidos se tiene en cuenta el pandeo por compresión y para los flectados el pandeo lateral, de acuerdo a las indicaciones de la norma.

1.3.3 Muros de fábrica de ladrillo y bloque de hormigón de árido, denso y ligero

Para el cálculo y comprobación de tensiones de las fábricas de ladrillo y en los bloques de hormigón se tendrá en cuenta lo indicado en la norma CTE SE-F.

El cálculo de solicitaciones se hará de acuerdo a los principios de la Mecánica Racional y la Resistencia de Materiales.

Se efectúan las comprobaciones de estabilidad del conjunto de las paredes portantes frente a acciones horizontales, así como el dimensionado de las cimentaciones de acuerdo con las cargas excéntricas que le solicitan.

1.3.4. Cálculos por ordenador

El cálculo de la estructura se ha realizado con ayuda de ordenador, empleando un programa informático de cálculo. Los datos del ordenador y del programa empleados son los siguientes:

- Tipo de ordenador: PC Compatible PENTIUM IV
- Programa utilizado: Cypecad (Cype Ingenieros, Alicante)
- Versión y fecha: 2015h

El programa realiza un cálculo de emparrillado plano para la armadura de cada planta, y un cálculo matricial en 3 dimensiones (asumiendo la hipótesis de diafragma rígido para cada planta) para el cálculo de los pilares.

En este cálculo en tres dimensiones se introducen las acciones de viento así como una comprobación de los efectos de segundo orden que se pueden producir en los pilares.

El programa realiza el armado de vigas, pilares y forjado. Dicho armado ha sido postprocesado por los autores del presente proyecto para que resultara operativo, cómodo y económico en la fase de obra.

CYPECAD ha sido concebido para realizar el cálculo y dimensionado de estructuras de hormigón armado y metálicas diseñado con forjados unidireccionales, reticulares y losas macizas para edificios sometidos a acciones verticales y horizontales. Las vigas de forjados pueden ser de hormigón y metálicas. Los soportes pueden ser pilares de hormigón armado, metálicos, pantallas de hormigón armado, muros de hormigón armado con o sin empujes horizontales y muros de fábrica. La cimentación puede ser fija (por zapatas o encepados) o flotante (mediante vigas y losas de cimentación). El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura: pilares, pantallas H.A., muros, vigas y forjados.

Se establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando 6 grados de libertad, y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento rígido del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo (diafragma rígido). Por tanto, cada planta sólo podrá girar y desplazarse en su conjunto (3 grados de libertad). La consideración de diafragma rígido para cada zona independiente de una planta se mantiene aunque se introduzcan vigas y no forjados en la planta.

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

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático (excepto cuando se consideran acciones dinámicas por sismo, en cuyo caso se emplea el análisis modal espectral) y se supone un

comportamiento lineal de los materiales y, por tanto, un cálculo de primer orden, de cara a la obtención de desplazamientos y esfuerzos.

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

- Pilares: Son barras verticales entre cada planta, definiendo un nudo en arranque de cimentación o en otro elemento, como una viga o forjado, y en la intersección de cada planta, siendo su eje el de la sección transversal. Se consideran las excentricidades debidas a la variación de dimensiones en altura. La longitud de la barra es la altura o distancia libre a cara de otros elementos.

- Vigas: Se definen en planta fijando nudos en la intersección con las caras de soportes (pilares, pantallas o muros), así como en los puntos de corte con elementos de forjado o con otras vigas. Así se crean nudos en el eje y en los bordes laterales y, análogamente, en las puntas de voladizos y extremos libres o en contacto con otros elementos de los forjados. Por tanto, una viga entre dos pilares está formada por varias barras consecutivas, cuyos nudos son las intersecciones con las barras de forjados. Siempre poseen tres grados de libertad, manteniendo la hipótesis de diafragma rígido entre todos los elementos que se encuentren en contacto. Por ejemplo, una viga continua que se apoya en varios pilares, aunque no tenga forjado, conserva la hipótesis de diafragma rígido. Pueden ser de hormigón armado o metálicas en perfiles seleccionados de biblioteca.

- Losas macizas: La discretización de los paños de losa maciza se realiza en mallas de elementos tipo barra de tamaño máximo de 25 cm y se efectúa una condensación estática (método exacto) de todos los grados de libertad. Se tiene en cuenta la deformación por cortante y se mantiene la hipótesis de diafragma rígido. Se considera la rigidez a torsión de los elementos.

- Pantallas H.A.: Son elementos verticales de sección transversal cualquiera, formada por rectángulos múltiples entre cada planta, y definidas por un nivel inicial y un nivel final. La dimensión de cada lado es constante en altura, pudiendo disminuirse su espesor. En una pared (o pantalla) una de las dimensiones transversales de cada lado debe ser mayor que cinco veces la otra dimensión, ya que si no se verifica esta condición no es adecuada su discretización como elemento finito, y realmente se puede considerar un pilar como elemento lineal. Tanto vigas como forjados se unen a las paredes a lo largo de sus lados en cualquier posición y dirección, mediante una viga que tiene como ancho el espesor del tramo y canto constante de 25 cm. No coinciden los nodos con los nudos de la viga.

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

CEMENTO

Los cementos que se emplearán en la ejecución de los elementos estructurales cumplirán lo especificado en la "Instrucción para la recepción de cementos RC-04".

1.4. CONDICIONES DE EJECUCIÓN

Los planos de estructuras no son válidos como planos de replanteo, para cuya misión existen planos de arquitectura específicos. En todo caso, las posibles discrepancias entre planos de arquitectura y estructura deben ser resueltas por la Dirección Facultativa, aunque, en principio, sea la arquitectura la que debe prevalecer.

Antes de la construcción de los forjados, la empresa suministradora de los mismos, debe aportar planos de armados de dichos elementos, en las condiciones establecidas en la EFHE, siendo imprescindible la aprobación expresa de los mismos por la Dirección Facultativa antes de su ejecución.

Se cumplirán las condiciones específicas indicadas en la DB-SI en función de la resistencia a fuego

necesaria. En caso necesario, para locales con resistencia a fuego específica se deberán emplear materiales aislantes adecuados o aumentar los recubrimientos correspondientes.

Se cumplirán las condiciones establecidas en la EHE sobre tolerancias.

Los elementos de hormigón que puedan estar en contacto con agua, como pueden ser marquesinas, petos, etc, se dotarán de goterones, desagües y soluciones constructivas adecuadas para un correcto saneado de los mismos.

Las vigas y forjados con una luz superior a 6 metros se construirán dotando a dichos elementos de una contraflecha de 1/1000 de su luz en el encofrado, con el fin de mitigar posibles efectos de deformaciones, así mismo se construirán las tabiquerías con técnicas adecuadas, con remate de las mismas posterior a la entrada en carga del edificio y con sistema descendente (de bajo cubierta a primera planta).

En el caso de aparecer nuevos huecos en el forjado, se debe obtener autorización explícita de la Dirección Facultativa, antes de la ejecución de los mismos.

1.5. CONDICIONES DE PUESTA EN OBRA

Se cumplirán las condiciones de ejecución señaladas en la normativa básica vigente en nuestro país.

Comprobación preliminar a la cimentación

No se hormigonará ningún elemento de la cimentación, sin que la Dirección Facultativa haya comprobado que las características del terreno corresponden a las previstas esta Memoria.

Tolerancias (en ambos sentidos, en mm)

Pilares (hasta 350 x 350)	5 por cada lado.
Pilares (más de 350 x 350)	5 en la dimensión menor y 1 en la mayor.
Losas	5 en su espesor.
Pantallas	5 en su espesor.
Forjados	5 en su espesor.

En cuanto a desplomes de pilares, se admitirá hasta 1/30 del ancho del pilar, en el sentido considerado por altura de planta; y no más de 30 en el total de las alturas.

En todo caso la D.F. decidirá sobre la influencia de estas tolerancias en la obra.

En especial se verificará de forma concreta la situación de elementos, como pilares y muros, que impliquen pérdida de medidas mínimas normativas, como pueden ser condiciones de habitabilidad o medidas de plazas de garaje. En estos casos no se aplicará ningún tipo de tolerancia.

Recubrimientos (mm)

Teniendo en cuenta el artículo 37.2.4 de la instrucción EHE. "Recubrimientos mínimos según la clase de exposición", así como el ANEJO 7 "Referente al fuego" de dicha instrucción, se han tenido en cuenta los siguientes recubrimientos.

Zapatas	80 mm,
Muros	40 mm.
Pilares	40 mm.
Pantallas	40 mm.
Vigas	30 mm.
Losas y forjados	30 mm.

Encofrados

Los puntales serán capaces de soportar el peso del forjado que gravita sobre él, más un 30% por carga accidental durante la construcción; se colocarán bajo las sopandas, no debiéndose utilizar diámetros inferiores a 70 mm. No se admite más de un puntal empalmado por cada cuatro enterizos.

A título meramente orientativo y sin que implique una validación de estos valores, se indica la capacidad de carga en KN de los puntales, según su diámetro y altura entre pisos.

Conviene disponer riostras y cruces de San Andrés, discrecionalmente, sobre todo en el contorno. Cuando la altura supere los 4 metros, se tomarán precauciones en la disposición de puntales y sus arriostramientos.

ALTURA DE PISOS (m)							
Diámetro (mm)	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00
70	4.5	3.6	3.0	--	--	--	--
80	8.1	6.4	5.3	5.3	3.7	--	--
100	20.9	16.8	13.8	11.5	9.7	8.2	--
120	40.4	35.0	30.1	25.3	21.1	18.1	15.7

Cuando se trate del primer forjado, se cuidará el apoyo de los puntales sobre el terreno.

En todo caso se consultará el proyecto de seguridad y se seguirán sus indicaciones.

Desencofrados

- En condiciones normales de temperatura, el plazo de desencofrado será de 21 días.
- Puede hormigonarse la planta superior a los 8 días del hormigonado de la planta inferior, siempre que esta se encuentre apuntalada.
- No deben existir más de tres plantas encofradas simultáneamente.
- El detalle del proceso de hormigonado y desencofrado es el siguiente:

Planta	Hormigonado (días)	Desencofrado (días)
x + 3	24	45
x + 2	16	37
x + 1	8	29
x	Fecha inicial	

- Para luces de recuadros mayores de 6.0 x 6.0 metros, o bien cuando la temperatura se aproxime a los 5 grados, el ciclo de 8 días del cuadro anterior, se sustituirá por el de 10 días.
- En caso de voladizos, el desencofrado se hará de manera que la flecha se obtenga gradualmente (de extremo de voladizo a empotramiento).
- Se evitará el desencofrado súbito y sin precauciones, evitando el impacto de los encofrados sobre los forjados.

Precauciones respecto a las cargas de cálculo

La carga adicional de cálculo, que con tal designación figura en los planos, corresponde a la suma de la sobrecarga de uso, pavimento, tabiquería, etc., es decir la carga total menos el peso propio del forjado. En ningún caso se sobrepasarán estos límites y muy especialmente se evitará el acopio de materiales y el paso de vehículos u otras circunstancias que supongan un exceso sobre lo previsto.

Construcción de albañilería

Durante la construcción de los cerramientos y tabiques, se evitará el acopio excesivo de material sobre el forjado, e igualmente, se tendrá en cuenta la deformación propia del mismo a fin de evitar fisuras en las fábricas. Se deberán tener muy en cuenta las recomendaciones del Instituto Eduardo Torroja, sobre todo en los casos de grandes luces y vuelos. En concreto las plantas se deben tabicar con proceso descendente, de cubierta a bajo, dejando la última hilada sin colocar hasta el final, rellenando estos huecos con yeso.

Así mismo se colocarán lo más rápidamente posible, los palés de ladrillo sobre las placas, con el fin de mejorar el comportamiento de la estructura ante flechas activas.

Se seguirán las instrucciones de colocación de la Dirección Facultativa, estando previsto, en principio, una construcción de tabiquería en sentido descendente, dejando un prudencial plazo para la colocación

de la última hilada, sobre todo en primera planta. Debiéndose anclar las fachadas a los bordes de placa.

Fábricas apoyadas sobre forjados

Cuando existan fábricas u otro tipo de cargas que apoyen sobre forjados, se asegurará que dicho forjado ha sido calculado para dicha carga; a cuyo fin, en los planos se indica en sombreado la zona prevista para dicho apoyo.

Grúas y elevadores

Se evitará la colocación de maquinillos en los bordes de los forjados sin el debido apeo.

Cuando se dejen vanos para la implantación de la grúa, se procurará que no afecten a las fajas principales entre pilares y sobre todo, que no dejen en vuelo al forjado cortado.

1.6. CONDICIONES DE MANTENIMIENTO

Los elementos considerados como estructurales no deben ser modificados ni afectados con medidas constructivas como puedan ser rozas, sin la debida autorización de la Dirección Facultativa o por técnico competente en el caso de que la obra se encuentre entregada. En este último caso se recuerda que los elementos estructurales son comunitarios, debiendo de poseer las preceptivas autorizaciones para su variación.

La propiedad debe ser consciente de las acciones para las que se ha dimensionado la estructura, con el fin de respetarlas a lo largo de la vida del edificio.

En concreto, según el DB-SE 2.3, Instrucciones de uso y mantenimiento. La Propiedad tendrá en cuenta la presente memoria de estructuras y planos correspondientes, en cuanto a:

- Acciones consideradas en cálculo, según planos de estructura y anejo de la presente memoria.
- Deformaciones admisibles señaladas en dicho anejo.

Respecto al plan de mantenimiento a elaborar por la Propiedad, este debe incluir un apartado en las condiciones del art.2.3 del DB-SE. Se señalan algunas recomendaciones para que sean incluidas en dicho plan:

- Tipos de trabajo de mantenimiento a llevar a cabo en la estructura: Sobre revisión de posibles manchas generadas por agua de canalones, goterones, etc, que puedan afectar a la durabilidad del hormigón, tomando las medidas oportunas, tanto de limpieza como de evitar dichas aguas.
- Lista de puntos a revisar: Según lo indicado en el apartado anterior.
- Alcance y plazos. Programa de revisiones: La estructura se debe revisar de forma visual cada año, poniendo en conocimiento de técnico competente cualquier anomalía, como puedan ser procesos de fisuración, con el fin de determinar el alcance e importancia de los mismos.

2. CARACTERÍSTICAS

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES, NIVELES DE CONTROL Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Los materiales que se emplearán en la estructura y sus características más importantes, así como los niveles de control previstos y sus coeficientes de seguridad correspondientes, son los que se expresan en los cuadros incluidos en planos. Estos cuadros serán prevalentes ante posibles contradicciones con otros documentos de proyecto, aunque deberá ser comunicada dicha circunstancia a la Dirección Facultativa con el fin de tomar las medidas oportunas.

Módulo de elasticidad

Para tener en cuenta la variación del módulo de elasticidad con el tiempo se ha considerado la siguiente expresión:

$$E_c(t) = E_{c,28} \sqrt[3]{e^{s \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right)}}$$

Siendo:

$E_c(t)$ módulo de elasticidad en el instante t
 $E_{c,28}$ módulo de elasticidad a los 28 días
 t instante considerado, expresado en días, a partir de la fecha de hormigonado
 s parámetro función del tipo de cemento:
0,20 para cementos de alta resistencia con endurecimiento rápido
0,25 para cementos de resistencia normal con endurecimiento normal

Para $E_{c,28}$ se toma el valor:

$$E_{c,28} = 10.000 \sqrt[3]{f_{ck} + 8}$$

con f_{ck} y $E_{c,28}$ en $[N/mm^2]$

Coeficiente de dilatación térmica

Se considera un valor de $\alpha = 1,0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Acero de armar

Resistencia y designación

Para todos los casos se considera acero B 500 S.

Módulo de elasticidad

Se adopta un valor de $E_s = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$.

Acero estructural

Resistencia y designación

Se ha adoptado el acero S-275-JR para perfiles laminados y para chapas. El límite elástico garantizado es de $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$.

Módulo de elasticidad

Se adopta un valor de $E_s = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$.

Niveles de control

El control de calidad de los elementos abarca el control de materiales y el control de la ejecución.

Elementos de hormigón armado

Control de materiales

El control de la calidad del hormigón y de sus materiales componentes, así como el control del acero de armar se efectuará según lo establecido en la "Instrucción de Hormigón Estructural EHE".

El control de los hormigones de proyecto es "Estadístico"

Control de la ejecución

El control de la calidad de la ejecución de los elementos de hormigón se efectuará según lo establecido en la Instrucción EHE.

El control de ejecución adoptado en proyecto es “Normal”

Coeficientes parciales de seguridad para la resistencia

Los controles anteriormente definidos están en acuerdo recíproco con los coeficientes parciales de seguridad para la resistencia, adoptados en los cálculos justificativos de la seguridad estructural.

Los coeficientes parciales de seguridad para la resistencia adoptados son:

Hormigón $\gamma_c = 1,50$

Acero de armar $\gamma_s = 1,15$

Acero estructural $\gamma_s = 1,00$

2.2. ASIENTOS ADMISIBLES Y LÍMITES DE DEFORMACIÓN

Asientos admisibles de la cimentación

De acuerdo con la Norma DB-SE-C, en función del tipo de terreno y de las características del edificio, se acepta como asiento general máximo admisible de la cimentación, el valor de 50 mm.

Límites de deformación de la estructura

El cálculo de las deformaciones se ha realizado para condiciones de servicio, estimando coeficientes de minoración de resistencias de valor **1**, coeficientes de mayoración de acciones desfavorables (o favorables permanentes) de valor **1**, y de valor **nulo** para acciones favorables no permanentes.

Hormigón armado

Para el cálculo de las flechas de los elementos sometidos a flexión, se han tenido en cuenta tanto las deformaciones instantáneas como las diferidas, y se han considerado los momentos de inercia equivalentes de las secciones fisuradas.

Para cálculos de deformación se han considerado las mejoras del módulo de elasticidad para árido granítico y para su edad real, así como su grado de humedad y temperatura.

Para el cálculo de flechas diferidas se corrigen los valores obtenidos en función del ancho del elemento y de la humedad relativa.

Se ha intentado que el canto de los forjados sea superior al mínimo establecido en la Norma EFHE para las condiciones de diseño, materiales y carga que les corresponden.

Para el cálculo de deformación se ha tenido en cuenta la puesta en carga de los palés de tabiquería antes de la colocación de la misma sobre la estructura, por lo que éstos deben repartirse según las indicaciones de la Dirección Facultativa.

Los límites de deformación vertical (flechas) de las vigas y de los forjados, 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:

FLECHAS MÁXIMAS RELATIVAS Y ABSOLUTAS PARA ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO		
Estructura no solidaria con otros elementos FLECHAS TOTALES MAXIMAS	Estructura solidaria con otros elementos FLECHAS ACTIVAS MAXIMAS	
	Elementos flexibles	Elementos rígidos
$\delta/L < 1/250$ y $L/500 + 1\text{cm}$	$\delta/L < 1/400$ y $L/800 + 0,6\text{cm}$	$\delta/L < 1/500$ y $L/1000 + 0,5\text{cm}$

3. ANEJO. ACCIONES ADOPTADAS EN CÁLCULO

Valores representativos de las acciones

Las acciones se definen, en su magnitud, por sus valores representativos. Una misma acción puede tener uno o varios valores representativos, según se indica a continuación, en función del tipo de acción.

Acciones permanentes (G)

Para las acciones permanentes se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico G_k .

Acciones permanentes de valor no constante (G*)

Para las acciones permanentes se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico G_k^* .

Acciones variables (Q)

Cada una de las acciones variables puede considerarse con los siguientes valores representativos:

- Valor característico Q_k : Valor de la acción cuando actúa aisladamente.
- Valor de combinación $\psi_0 Q_k$: Valor de la acción cuando actúa en compañía de alguna otra acción variable.
- Valor frecuente $\psi_1 Q_k$: Valor de la acción que es sobrepasado durante un período de corta duración respecto a la vida útil de la estructura.
- Valor casi-permanente $\psi_2 Q_k$: Valor de la acción que es sobrepasado durante una gran parte de la vida útil de la estructura.

Los valores de los coeficientes ψ son los siguientes:

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de uso (calzadas y garajes)	0,7	0,7	0,6
Sobrecarga de nieve	0,6	0,2	0,0
Acción eólica	0,6	0,5	0,0

Acciones accidentales (A)

Para las acciones accidentales se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico A_k .

Valores de cálculo de las acciones

Los valores de cálculo de las diferentes acciones son los obtenidos aplicando el correspondiente coeficiente parcial de seguridad γ a los valores representativos de las acciones, definidos en el apartado anterior.

Estados Límites Últimos (E.L.U.)

Para los coeficientes parciales de seguridad γ_F se tomarán los siguientes valores básicos:

Concepto		Situaciones persistentes y transitorias		Situaciones accidentales	
		Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Acciones permanentes		$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,0$
Acciones permanentes de valor no constante	Reológicas	$\gamma_G^* = 1,0$	$\gamma_G G^* = 1,35$	$\gamma_G^* = 1,0$	$\gamma_G^* = 1,0$
	Acciones del terreno	$\gamma_G^* = 1,0$	$\gamma_G^* = 1,50$	$\gamma_G^* = 1,0$	$\gamma_G^* = 1,0$

Acciones variables	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,0$
Acciones accidentales	--	--	$\gamma_A = 1,0$	$\gamma_A = 1,0$

Estados Límites de Servicio (E.L.S.)

Para los coeficientes parciales de seguridad γ se tomarán los siguientes valores:

Concepto	Situaciones persistentes y transitorias	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Acciones permanentes	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,0$
Acciones permanentes de valor de constante	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,0$
Acciones variables	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,0$

Combinación de acciones

Las hipótesis de carga a considerar se formarán combinando los valores de cálculo de las acciones cuya actuación pueda ser simultánea, según los criterios generales que se indican a continuación.

Estados Límites Últimos

Situaciones persistentes y transitorias

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

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

Donde:

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

$G^*_{k,i}$ valor representativo de cada acción permanente de valor no constante

$Q_{k,1}$ valor representativo (valor característico) de la acción variable dominante

$\psi_{0,i} Q_{k,i}$ valores representativos (valores de combinación) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante

Situaciones accidentales

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

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

Donde:

$G_{k,j}; G^*_{k,i}$ valores representativos.

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

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$ valores representativos (valores casi-permanentes) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante y la acción accidental

A_k valor representativo (valor característico) de la acción accidental

En este caso se consideran las combinaciones derivadas de la acción sísmica accidental.

Estados Límites de Servicio

Para estos estados se consideran únicamente las situaciones persistentes y transitorias, excluyéndose las accidentales.

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones se realizarán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Combinación característica (poco probable o rara):

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

- Combinación frecuente:

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

- Combinación casi-permanente:

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

3.1. ACCIONES GRAVITATORIAS

FORJADO PLANTA ALTA (EN PREVISIÓN DE UNA POSIBLE AMPLIACIÓN)

- Forjado prelosa tipo Liva-Precon.....	4.75 KN/m ²
- Solado+Techos+Instalaciones	1.20 KN/m ²
- Uso	5.00 KN/m ²
- Tabiquería público	0.50 KN/m ²
- TOTAL.....	11.45 KN/m²

- **CUBRICIÓN LIGERA PREVISTA** (PARA UNA POSIBLE AMPLIACIÓN, NO ES OBJETO DE ESTE PROYECTO)

- Cargas permanentes	1.40 KN/m ²
- Cargas variables.....	1.60 KN/m ²
- TOTAL.....	3.00 KN/m²

- **FACHADA.....** **7 KN/ml**

- **PARTICIONES PESADAS** **3 KN/ml**

Los antepechos de escaleras, balcones, etc. se han calculado para resistir una sobrecarga lineal horizontal, actuando en su borde superior, de 0.5 KN/m.

Puntualmente existen sobrecargas especiales, en planta de estructuras se señala su ubicación.

No se considera ninguna reducción de sobrecargas.

3.2. ACCIONES TÉRMICAS Y REOLÓGICAS

De acuerdo con DB-SE, estas acciones se han tenido en cuenta a la hora de tomar la decisión de disponer juntas de dilatación, para lo que se ha recurrido a distancias inferiores aproximadamente a 50 metros.

Para el cálculo de las deformaciones térmicas, se ha adoptado para la estructura un Coeficiente de Dilatación Térmica de valor 11x10E-6 m/m °C en hormigón.

Con el fin de evitar problemas de retracción, el plan de hormigonado de forjados debe ser explícitamente aprobado por la Dirección Facultativa. Como referencia pueden tomarse unas dimensiones de 20 m. De longitud, para que no existan mayores problemas.

3.3. ACCIONES SÍSMICAS

No se han considerado. Se mantienen los criterios de diseño de dicha normativa (NCSE-02), sobre todo en cuanto arriostramiento horizontal de pórticos y de cimentación

3.4. ACCIONES DEL TERRENO

En este apartado se consideran las acciones originadas por el terreno natural o de relleno, sobre los elementos de la estructura en contacto con él, fundamentalmente: muros de contención y cimentaciones. La acción del terreno sobre la estructura es doble: peso sobre elementos horizontales y empuje sobre elementos verticales.

El peso se determinará aplicando al volumen de terreno que gravita sobre la superficie del elemento horizontal, el peso específico del relleno vertido y compactado.

El empuje es función de las características del terreno y de la interacción terreno-estructura, de acuerdo con la formulación que se describe más adelante.

En ningún caso, en que su actuación sea desfavorable para el efecto estudiado, el valor del empuje será inferior al equivalente empuje hidrostático de un fluido de peso específico igual a 0,5 t/m³.

En el caso en que exista una incertidumbre sobre la posible actuación del empuje de tierras, deberá no considerarse en los casos en que su actuación sea favorable para el efecto en estudio.

Empuje activo

A efectos del cálculo de estabilidad y tensiones en el terreno, se considera una ley triangular, actuando sobre un plano vertical desde la parte final del talón. La ley de empujes es efectiva desde la superficie del terreno. Los coeficientes de empuje considerados han sido los que proporciona el Estado de Rankine:

$$\lambda_h = \cos^2 \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}} \Rightarrow \text{Coef. de empuje horizontal}$$

$$\lambda_v = \sin \beta \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}} \Rightarrow \text{Coef. de empuje vertical}$$

Siendo:

φ ángulo de rozamiento interno del relleno

β ángulo que forma el talud de coronación con la horizontal

A efectos del cálculo estructural del alzado del muro, se considera una ley triangular actuando desde la sección inferior del mismo hasta su coronación. Se admite que el relleno del trasdós es de la suficiente calidad como para suponer que el empuje es el correspondiente al Estado de Coulomb, con un ángulo de rozamiento tierras-muro de δ .

$$\lambda_h = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi)}{\sin^2 \alpha \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha - \beta)}} \right]^2} \Rightarrow \text{Coef. de empuje horizontal}$$

Siendo:

δ ángulo de rozamiento tierras-muro

α ángulo que forma el trasdós con la horizontal

Empuje pasivo

Para la evaluación del empuje pasivo se supone una ley triangular actuando desde la parte superior de la puntera, sin tener en cuenta, por tanto, el relleno situado sobre la misma.

$$\lambda_h = 0,5 \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \Rightarrow \text{Coef. de empuje horizontal}$$

Se considera un coeficiente parcial de seguridad de 0,5 en la formulación de Rankine, para tener en cuenta la incertidumbre en el valor de esta acción.

Se considerarán las mismas características que las indicadas en el estudio geotécnico, a las que se remite el presente apartado.

A efectos de cálculos de empujes de terreno se han considerado:

Peso específico aparente: 1.80 tn/m²
Ángulo de rozamiento interno 30°
Ángulo de rozamiento terreno/muro 0°
Empuje pasivo no considerado
Cohesión 0 kg/cm²

Para el cálculo de empujes se considera la teoría de Coulomb.

3.5. ACCIONES EÓLICAS

Consideradas según DB-SE-AE, para una zona C en situación normal, considerando el viento actuando perpendicular a las fachadas.

ANEJO DE CÁLCULO

Dado el elevado volumen de papel generado por los programas de cálculos actuales, se incluyen en soporte informático ficheros de texto con descripción profusa de los métodos de cálculo empleados y listados justificativos indicados en las normativas básicas correspondientes.