

## **ANEJO N° 4 MEMORIA DE CÁLCULO DE ESTRUCTURAS.**



## MEMORIA CÁLCULO ESTRUCTURAS.

### ANTECEDENTES.

Esta memoria describe y justifica el cálculo de las estructuras de la caseta de almacén de material para la asociación de vecinos y mantenimiento del parque en el que se ubica.

### DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

**Cimentación:** Dada la entidad de la construcción se diseña una cimentación a ejecutar conjuntamente con la solera, de tal manera que ésta ejerza de atado de las zapatas y arriostramiento de éstas. Se ejecutará en hormigón armado con un espesor mayor en la zona bajo los muros de hormigón y menor en la zona de la solera. Las dimensiones vendrán especificadas en planos. Se pondrá especial atención en el doble mallazo de la solera, inferior y superior y su solape con cimentación bajo el muro. Bajo las zapatas en la zona de los muros se dispondrá una capa de 10 cm de espesor de hormigón de limpieza. Bajo la zona de la solera una capa de grava de 15 cm de espesor.

**Muros:** Serán de hormigón armado de 25 centímetros de espesor. Se pondrá especial atención en el recubrimiento de las armaduras, debido a que el diseño mediante berenjenas y abujardado reduce su dimensión.

**Losa cubierta:** La losa de la cubierta será de hormigón armado de espesor y armados según planos. Se pone especial atención en la calidad, vibrado y curado del hormigón..

**Justificación de la elección estructural:** La solución estructural es debida al mantenimiento nulo que requiere el volumen de hormigón visto. El aumento en las calidades del hormigón así como su ejecución asegurarán la longevidad de la estructura y por ende de la edificación

### SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO. DATOS DEL TERRENO.

No existe informe geotécnico. Se estima la resistencia de cálculo del terreno en 2 Kp/cm<sup>2</sup>. Se comprobará la idoneidad del terreno durante la excavación por la Dirección Facultativa.

## NORMATIVA

La estructura se ha comprobado siguiendo los DB's siguientes:

DB-SE Bases de cálculo

DB-SE-AE Acciones en la edificación  
DB-SE-C Cimientos

Y se han tenido en cuenta, además, las especificaciones de la normativa siguiente:  
NCSE Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación

EHE Instrucción de hormigón estructural

FORJADOS EFHE Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados

FABRICACIÓN Y EMPLEO DE ELEMENTOS RESISTENTES PARA PISOS Y CUBIERTAS  
Real Decreto 1630/1980 de 18-Jul. de la Presidencia del Gobierno. (BOE ).

MODIFICACIÓN DE FICHAS TÉCNICAS A QUE SE REFIERE EL REAL DECRETO ANTERIOR SOBRE AUTORIZACIÓN DE USO PARA LA FABRICACIÓN Y EMPLEO DE ELEMENTOS RESISTENTES DE PISOS Y CUBIERTAS

Orden de 29-Nov. de 1989, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. (BOE 16.Dic.89).

ALAMBRES TREFILADOS LISOS Y CORRUGADOS PARA MALLAS ELECTROSOLDADAS Y VIGUETAS SEMIRRESISTENTES DE HORMIGÓN ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN  
Real Decreto 2702/1985 de 18-Dic., del Ministerio de Industria y Energía. (BOE 28.Feb.86).

CEMENTOS RC-03 INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE CEMENTOS  
Real Decreto 1797/2003 de 26-Dic. (BOE 16.Ene.04).

OBLIGATORIEDAD DE HOMOLOGACIÓN DE LOS CEMENTOS PARA LA FABRICACIÓN DE HORMIGONES Y MORTEROS

Real Decreto 1313/1988 de 8-Oct., del Ministerio de Industria y Energía. (BOE 24.Nov.88).

MODIFICACIÓN DE LAS NORMAS UNE DEL ANEXO AL REAL DECRETO 1313/1988 DE 28 DE OCTUBRE, SOBRE OBLIGATORIEDAD DE HOMOLOGACIÓN DE CEMENTOS

Orden de 28-Jun. de 1989, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y con la Secretaría de Gobierno. (BOE 30.Jun.89).

**MATERIALES**

<b>CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGÚN EHE</b>						
<b>HORMIGÓN</b>						
ELEMENTO ESTRUCTURAL	TIPO DE HORMIGÓN (EHE 39.2)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA (EHE 37.3.2)	CONSISTENCIA Y ASIENTO (EHE 30.6)	TAMAÑO MÁX. ÁRIDO (EHE 28.2)	CLASE DE EXPOSICIÓN (EHE 8.2.2)	RECUBRIMIENTO MIN./NOMINAL (EHE 37.2.4)
<b>1. CIMENTACIÓN</b>	HA-25/B/40/Ila	25 N/mm <sup>2</sup>	Blanda 6-9 cm	40 mm	Ila humedad alta	40/50 mm
<b>2. MUROS</b>	HA-35/B/20/Ila	35 N/mm <sup>2</sup>	Blanda 6-9 cm	20 mm	Ila humedad alta	35/45 mm.
<b>3. LOSA</b>	HA-35/B/20/Ila	35 N/mm <sup>2</sup>	Blanda 6-9 cm	20 mm	Ila humedad alta	35/45 mm.
<b>HORMIGÓN</b>						
ELEMENTO ESTRUCTURAL	TIPO DE CEMENTO (EHE 26.1)	CONTENIDO MÍN. CEMENTO (EHE 37.3.2)	MÁX. RELACIÓN AGUA/CEMENTO (EHE 37.3.2)	NIVEL DE CONTROL (EHE 95.2)	COEFICIENTE MINORACIÓN (EHE 15.3)	RESISTENCIA DE CÁLCULO SISTEMA DE COMPACTACIÓN
<b>1. CIMENTACIÓN</b>	CEM II/A-V 42,5	275 Kg/m <sup>3</sup>	0,60	Estadístico	$\gamma_c=1,50$	16,66 N/mm <sup>2</sup> Vibrado
<b>2. MUROS</b>	CEM II/A-V 42,5	300 Kg/m <sup>3</sup>	0,60	Estadístico	$\gamma_c=1,50$	23,33 N/mm <sup>2</sup> Vibrado
<b>3. LOSA</b>	CEM II/A-V 42,5	300 Kg/m <sup>3</sup>	0,60	Estadístico	$\gamma_c=1,50$	23,33 N/mm <sup>2</sup> Vibrado
Coeficientes parciales de seguridad para la resistencia según apartado 15.3 de EHE (estados límites últimos)						
<b>ACERO</b>						
ELEMENTO ESTRUCTURAL	TIPO DE ACERO (EHE 31.2)	NIVEL DE CONTROL (EHE 90.1)	COEFICIENTE MINORACIÓN (EHE 15.3)		RESISTENCIA DE CÁLCULO	
<b>1. CIMENTACIÓN</b>	B-500-S	NORMAL	$\gamma_s=1,15$		434,78 N/mm <sup>2</sup>	
<b>2. MUROS</b>	B-500-S	NORMAL	$\gamma_s=1,15$		434,78 N/mm <sup>2</sup>	
<b>3. LOSA</b>	B-500-S	NORMAL	$\gamma_s=1,15$		434,78 N/mm <sup>2</sup>	
Acero garantizado con marca AENOR o CIETSID Acero soldable.						

**ACCIONES DE CÁLCULO**

DETERMINACIÓN DE ACCIONES SEGÚN CTE DB SE AE

<b>CUBIERTA</b>	
<b>ACCIONES PERMANENTES</b>	
PESO PROPIO	
Losa hormigón armado e: 15 cm	3,75 kN/m <sup>2</sup>
Formación cubierta cinc	1,25 kN/m <sup>2</sup>
<b>TOTAL ACCIONES PERMANENTES</b>	<b>5,00 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>ACCIONES VARIABLES</b>	
SOBRECARGA DE USO	
Uso: cubierta accesible mantenimiento	1,00 kN/m <sup>2</sup>
VIENTO	
Succión del viento	-0,50 kN/m <sup>2</sup>
NIEVE	
Carga de nieve	0,30 kN/m <sup>2</sup>
<b>TOTAL ACCIONES VARIABLES</b>	<b>Según combinación</b>

**ACCIONES SÍSMICAS**

De acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación NCSE-02, y considerando tanto la ubicación de la edificación en zona de aceleración sísmica de cálculo inferior a 0,06 g, como sus características estructurales (hormigón armado), no es preceptiva la consideración de la acción sísmica; por lo que no se ha considerado en el cálculo, si bien se ha tenido en cuenta en el diseño de los elementos estructurales.

**ACCIONES DE VIENTO**

Según CTE DB SE AE 3.3

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p$$

$$q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2 \text{ (zona C)}$$

$$C_e = 1,6 \text{ (zona rural accidentada } < 3\text{m})$$

$$C_p = -0,6 \text{ (cubierta a 1 agua } < 5^\circ)$$

$$q_{e1} = -0,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (succión) (CUBIERTA)}$$

**ACCIONES TÉRMICAS.**

Según CTE DB SE AE 3.4 no se considerarán las acciones térmicas al no haber elementos continuos en el edificio de más de 40 m de longitud.

**ACCIONES DE NIEVE**

Según CTE DB SE AE 3.5 consideraremos la carga de nieve:

$$q_n = \mu \times s_k \quad \mu = 1 \quad s_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \text{ (Coruña)}$$

$$\text{Emplazamiento normal} \quad q_n = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD PARA LAS ACCIONES			
TIPO DE VERIFICACIÓN	TIPO DE ACCIÓN	SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA	
		DESFAVORABLE	FAVORABLE
RESISTENCIA	PERMANENTE		
		1,35	0,80
		1,35	0,70
	VARIABLE	1,20	0,90
		1,50	0,00
		DESESTABILIZADORA	ESTABILIZADORA
ESTABILIDAD	PERMANENTE		
		1,10	0,90
		1,35	0,80
	VARIABLE	1,05	0,95
		1,50	0,00

COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD DE ACCIONES.			
		$\Psi_0$	$\Psi_1$
<b>Sobrecarga superficial de uso (categorías según CTE-DB-SE-AE).</b>	Zonas residenciales (categoría A)	0,7	0,5
	Zonas administrativas (categoría B)	0,7	0,5
	Zonas destinadas al público (categoría C)	0,7	0,7
	Zonas comerciales (categoría D)	0,7	0,7
	Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 KN (categoría F)	0,7	0,7
	Cubiertas trasitables (categoría G)	Valores correspondientes al uso desde el que se accede	
	Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (categoría H)	0	0
<b>NIEVE</b>	Para altitudes mayores de 1000 m.	0,7	0,5
	Para altitudes menores o iguales a 1000 m.	0,5	0,2
<b>VIENTO</b>		0,6	0,5
<b>TEMPERATURA</b>		0,6	0,5
<b>ACCIONES VARIABLES DEL TERRENO.</b>		0,7	0,7
Cálculo de combinación de acciones según CTE DB SE 4.2			

## PROGRAMAS INFORMÁTICOS, MODELO DE CÁLCULO Y CÁLCULOS DE LAS ESTRUCTURAS.

### CIMENTACIÓN

Se ha considerado una presión admisible del terreno de valor  $0,2 \text{ N/mm}^2$ , conforme a los datos aportados por el informe geotécnico.

Cálculo de cimentaciones con CYPE.

En el dimensionamiento de la cimentación se ha utilizado el programa CYPEcad distribuido por la empresa CYPE Ingenieros, con razón social en la Avda. Eusebio Sempere, 5, de Alicante.

El objetivo de la citada aplicación es el dimensionamiento de cimentaciones superficiales aisladas de hormigón armado.

En todos los casos se obtienen las dimensiones en planta, el canto de la zapata y las armaduras según dos direcciones ortogonales. Para ello, se asume la hipótesis de distribución uniforme de presiones sobre el terreno. Para el cálculo de losas de cimentación se considera la respuesta elástica del terreno en función del módulo de balasto. Se admiten los principios de la teoría y práctica de la Mecánica del Suelo al definir la tensión admisible del terreno. La ley de respuesta de éste será, por tanto, lineal y rectangular, incluso en el caso de cargas excéntricas.

Como método de cálculo se emplea el método de los Estados Límites Últimos, de acuerdo con el capítulo II de la Instrucción EHE. Las comprobaciones que se realizan durante el proceso de cálculo son las que se describen a continuación:

### ESTADO LÍMITE DE TENSIONES SOBRE EL TERRENO

Se consideran todas las acciones que la estructura transmite al terreno en sus valores característicos. Para el cálculo de las tensiones sobre el terreno se considera como peso propio de la zapata o losa el siguiente valor:  $p=24,5 \text{ kN/m}^3$ .

Los pilares o muros transmiten a la cimentación los siguientes esfuerzos:

- Esfuerzo axial N.
- Momentos Flectores  $M_x, M_y$ .
- Esfuerzos cortantes  $Q_x, Q_y$ .
- Método de la sección eficaz (CYPE).

Conocido un sistema de fuerzas, se puede calcular el punto de paso de la resultante de cargas en la base de la zapata a la que es preciso adicionar el peso propio de la zapata. El rectángulo que se forma tomando como centro el punto de paso de la resultante y los bordes más próximos al contorno de la zapata, es decir el rectángulo cuyo centro coincide con el punto de aplicación de la carga define la llamada Área Eficaz. Suponiendo que la carga vertical se distribuye uniformemente sobre dicha área, la cimentación puede considerarse suficiente si la tensión obtenida es inferior a la tensión admisible del terreno.

Área Eficaz	Apt
Tensión transmitida al terreno	$\sigma_{ct} = N_t / Apt$
Debiendo cumplirse que	$\sigma_{ct} \leq \sigma_{admisible}$

### ESTADO LÍMITE DE EQUILIBRIO

Se ha analizado el equilibrio de la zapata teniendo en cuenta cuál es el origen de la carga, que puede ser de tipo permanente o variable. Además, considerará si el efecto de la misma es favorable o desfavorable a efecto de aplicar los correspondientes coeficientes de ponderación.

### ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO DE SECCIONES

Esta comprobación se hace en forma distinta según el elemento sea rígido o flexible.

Para los elementos de cimentación rígidos, de acuerdo con lo indicado por la Instrucción EHE en su art. 59, se realiza el cálculo por el método de bielas, sin considerar en ningún caso el peso propio de la cimentación. La armadura se calcula en cada dirección ortogonal y se distribuye uniformemente. Se verifican igualmente las condiciones de cuantía mínima, anclaje y fisuración, definidas todas ellas en la mencionada Instrucción EHE. Por último, se comprueba la compresión de las bielas de acuerdo con lo especificado en la EHE.

Para los elementos de cimentación flexibles, de acuerdo con lo indicado por la Instrucción EHE en su art. 59.4.2, se realiza el cálculo por el método de flexión, igualmente sin considerar el peso propio de la cimentación. Para ello se determina la sección de referencia y sobre ella se calcula el momento flector producido por la reacción del terreno. La armadura se calcula en cada dirección ortogonal y se distribuye uniformemente. También se hacen las comprobaciones a cortante y punzonamiento fijadas por la EHE para este tipo de cimentaciones. Se verifican igualmente las condiciones de cuantía mínima, anclaje y fisuración, definidas todas ellas en la mencionada Instrucción EHE

## PROCESO DE CÁLCULO

La cimentación principal se ha realizado mediante Zapatas

Las zapatas que componen la cimentación se calculan suponiendo una respuesta lineal del terreno. En el caso de zapatas rígidas se calculan por el método de bielas y para zapatas flexibles se calculan por la flexión y el cortante sobre sus respectivas secciones de referencia. En este último caso se efectúan las correspondientes comprobaciones de punzonamiento.

En el caso de zapatas de medianería y esquina, los momentos provocados por la excentricidad de la carga se equilibran por los elementos de arriostramiento que se describen en los planos.

## ESTRUCTURA

Cálculo de la estructura con CYPE.

El cálculo del conjunto del sistema estructural se ha efectuado con auxilio del programa CYPEcad Espacial, versión 2007.1.d, concebido y distribuido por la empresa CYPE Ingenieros, con razón social en la Avda. Eusebio Sempere, 5, de Alicante.

El objetivo de la citada aplicación es el cálculo y dimensionado de estructuras de hormigón armado diseñadas con forjados unidireccionales, y considerando acciones tanto verticales como horizontales.

El análisis de las solicitudes se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando las barras los elementos que definen la estructura: Soportes, vigas, brochales y viguetas.

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

Cuando en una misma planta existan zonas independientes, el programa considera cada una de ellas como una parte distinta de cara a la indeformabilidad de dicha zona, y no se tendrá en cuenta en su conjunto. Por tanto, las plantas se comportarán como planos indeformables independientes.

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático 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.

Como método de cálculo se emplea el método de los Estados Límites Últimos, de acuerdo con el capítulo II de la Instrucción EHE. Las comprobaciones que se realizan durante el proceso de cálculo son las que se describen a continuación:

#### DISCRETIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura se discretiza en barras y nudos de la siguiente manera:

- a.- Los pilares son barras verticales entre cada planta definiendo un nudo en arranque de cimentación y en la intersección de cada planta, siendo su eje el de la sección transversal.
- b.- Las vigas y brochales se definen en planta fijando nudos en la intersección con el eje de pilares y sus caras, así como en los puntos de corte de las viguetas con las vigas. Así se crean nudos en el eje y en los bordes laterales y, análogamente, en las puntas de voladizos y extremos libres.
- c.- Las vigas inclinadas se definen entre dos puntos que pueden estar en diferente nivel o planta, creándose dos nudos en dichas intersecciones.
- d.- Las viguetas se definen en los huecos definidos entre vigas, creando nudos en las intersecciones de borde y eje correspondiente de la viga que intersecta.

Se crea, por tanto, un conjunto de nudos generales de dimensión finita en pilares y vigas cuyos nudos asociados son los definidos en las intersecciones de viguetas y brochales en vigas (en sus bordes) y de todos ellos en las caras de los pilares.

Considerando que están relacionados entre sí por la compatibilidad de deformaciones, se resuelve la matriz de rigidez general y las asociadas, y se obtienen los desplazamientos y los esfuerzos en todos los elementos del sistema.

Dentro de los soportes se supone una respuesta lineal como reacción a las cargas transmitidas por el dintel y las aplicadas en el nudo transmitidas por el resto de la estructura. En consecuencia, las ecuaciones del momento responderán a una ley parabólica cúbica, mientras que el cortante se puede deducir por derivación respecto de las anteriores. Las expresiones resultantes ilustran el efecto de redondeo de las leyes de esfuerzos sobre los apoyos, ampliamente aceptado por la comunidad internacional.

#### REDISTRIBUCIONES CONSIDERADAS

Se acepta una redistribución plástica en vigas de hasta un 15%, con las limitaciones recogidas en la EHE. En el dimensionamiento de nervios de forjado, dicho porcentaje se eleva hasta un 25%.

#### RIGIDESES CONSIDERADAS

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

Se considera el acortamiento por esfuerzo axil en pilares afectado por un coeficiente de rigidez axil de valor 2,50 para poder simular el efecto del proceso constructivo de la estructura y su influencia en los esfuerzos y desplazamientos finales.

#### MOMENTOS MÍNIMOS

Se cubre en la totalidad de las jácenas unos momentos mínimos, fracción del supuesto isostático  $pl5/8$ . Dichas magnitudes se han establecido en los siguientes términos:

- Momentos negativos:  $pl5/32$
- Momentos positivos:  $pl5/20$

#### MÉTODO DE CALCULO

De acuerdo con el Capítulo II de la Instrucción EHE, el proceso general de cálculo es el llamado 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, adherencia, anclaje y fatiga) se realizan para cada hipótesis de carga, con acciones ponderadas y propiedades resistentes de los materiales minoradas, mediante la introducción de una serie de coeficientes de seguridad.

En las regiones D definidas según el artículo 24 de la EHE se efectúan correcciones a los valores de armado obtenidos, de acuerdo con lo dispuesto en el capítulo IX de la citada Norma.

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).

Para el dimensionado de las secciones de hormigón armado en estados límites últimos se emplea el Método de la Parábola-Rectángulo, con los diagramas tensión-deformación del hormigón y para cada tipo de acero, de acuerdo con la Normativa vigente. Se utilizan los límites exigidos por las cuantías mínimas indicadas por las normas, tanto geométricas como mecánicas, así como las disposiciones indicadas referentes a número mínimo de redondos, diámetros mínimos y separaciones mínimas y máximas.

## COMPROBACIÓN Y DIMENSIONADO DE VIGAS

El dimensionado de vigas se efectúa a flexión simple para la determinación de la armadura longitudinal.

Si la armadura de montaje superior se considera colaborante, habrán de respetarse cuidadosamente las condiciones de anclaje de dicha armadura. Igualmente, podrá colaborar como armadura de compresión superior de la zona central, allí donde se necesite.

A partir de la envolvente de capacidades mecánicas necesarias se determina la armadura real a disponer, teniendo en cuenta dicha relación a efectos de determinar las longitudes de anclaje, así como el desplazamiento de un canto útil de la envolvente de momentos flectores.

Para el dimensionado a esfuerzo cortante se efectúa la comprobación a compresión oblicua realizada en el borde de apoyo directo, y el dimensionado de los cercos a partir de un canto útil del borde de apoyo mencionado.

## COMPROBACIÓN Y DIMENSIONADO DE PILARES

El dimensionado de pilares se realiza en flexión-compresión esviada. A partir de unos armados que pueden ser simétricos a dos caras (o a cuatro) se comprueba si todas las combinaciones posibles cumplen dicho armado en función de los esfuerzos, estableciendo la compatibilidad de esfuerzos y deformaciones, y comprobando que con dicho armado no se superan las tensiones del hormigón y del acero ni sus límites de deformación.

Se considera la excentricidad adicional por pandeo cuando se sobrepasan los límites indicados en la Norma.

## DEFORMACIONES EN VIGAS

Se determina la flecha máxima activa en jácenas utilizando el Método de la Doble Integración de Curvaturas. Analizando una serie de puntos, se obtiene la inercia fisurada y el giro diferido por fluencia, calculando la ley de variación de curvaturas. El valor de la flecha que se obtiene es la diferida más la instantánea debida a las cargas permanentes (después de construir el tabique) y a las cargas variables.

Los coeficientes a considerar para el cálculo de las deformaciones en jácenas son:

a.- Peso propio.

Se considera que la mitad de la flecha diferida se ha producido antes de la ejecución de la tabiquería, por lo que se aplica un coeficiente de fluencia de valor 1.

b.- Cargas muertas.

Se considera que el 60% actúa antes de la construcción de la tabiquería, con lo que se tiene en cuenta la flecha diferida que produce, mientras que el 40% restante actúa con posterioridad a la construcción de la tabiquería, y, por tanto, se tienen en cuenta no sólo la instantánea, sino también la diferida.

60% antes de tabiquería	Öi (no)	Öd (sí)
40% posterior a tabiquería	Öi (sí)	Öd (sí)

c.- Sobrecargas de uso.

Se considera que actúa totalmente con posterioridad a la tabiquería, y que el 20% de ella actúa con carácter de permanencia, con un coeficiente de fluencia de valor 2, máximo equivalente a 5 años. El 10% sería la sobrecarga de uso frecuente, que produce flecha instantánea. Por tanto, se considera que:

Öi	Öd			
Cargas permanentes		50% peso propio forjado	0	1
20% pavimentos	0	1		
30% tabiquería	1	2		
Sobrecarga de uso		20% cuasi-permanente	1	1
10% frecuente	1	0		

Coeficiente de cargas permanentes:  $0,50 \cdot 1 + 0,20 \cdot 1 + 0,30 \cdot (1+2) = 1,60$

Coeficiente de sobrecarga de uso:  $0,20 \cdot 2 + 0,10 \cdot 1 = 0,50$

luego la flecha activa responde a la expresión:

$$1,60 \cdot (\text{f. cargas permanentes}) + 0,50 \cdot (\text{f. sobrecarga})$$

## COMPROBACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Al objeto de verificar la idoneidad del modelo estructural y de los cálculos utilizados, se han realizado diversas comprobaciones de la estructura. Para ello se han efectuado diferentes recálculos de los elementos más significativos o que presentan mayores niveles de riesgo utilizando el programa COMPROBAR distribuido por la CAT del Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia, Plaza de la Quintana 3, Santiago.

## ESTRUCTURA RESISTENTE COMPLEMENTARIA

Cálculo de la estructura con CYPECAD.

El cálculo del conjunto del sistema estructural se ha efectuado con auxilio del programa CYPEcad, metal 3D espacial, versión 2007.1.d, concebido y distribuido por la empresa Cype Ingenieros, con razón social en la Avda. Eusebio Sempere, 5, de Alicante.

Se considera la retícula estructural formada por pórticos planos que reciben las cargas de los forjados. Las vigas y pilares se consideran modelizados por elementos barra y sus nudos se consideran como rígidos.

Los forjados se consideran apoyados sobre los pórticos, tanto a efectos de cálculo de secciones, como para la determinación de las condiciones de deformación. Las comprobaciones para los forjados son las indicadas en la NBE-EFHE, para forjados de hormigón armado y el CTE DB SE M para forjados de viguetas de madera. En este último caso las condiciones de apoyo, empotramiento y continuidad dependen del tipo de unión entre viguetas y viga, que será el definido en planos.

Como método de cálculo se emplea el método de los Estados Límites Últimos, de acuerdo con el CTE DB SE M. Las comprobaciones que se realizan durante el proceso de cálculo son las que se describen a continuación:

#### DISCRETIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura se discretiza en barras y nudos de la siguiente manera:

- a.- Los pilares son barras verticales entre cada planta definiendo un nudo en arranque de cimentación y en la intersección de cada planta, siendo su eje el de la sección transversal.
- b.- Las vigas y brochales se definen en planta fijando nudos en la intersección con el eje de pilares o con los puntos de intersección del eje de las vigas.
- c.- Las vigas inclinadas se definen entre dos puntos que pueden estar en diferente nivel o planta, considerando dos nudos en dichas intersecciones.
- d.- Los forjados no forman parte de la retícula estructural, sino que se calculan aparte y se considera que los pórticos reciben las cargas que trasmitten.

#### RIGIDECES CONSIDERADAS

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

#### MÉTODO DE CÁLCULO

De acuerdo con el CTE DB SE M, el proceso general de cálculo es el llamado 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) se realizan para cada hipótesis de carga, con acciones ponderadas y propiedades resistentes de los materiales minoradas, mediante la introducción de una serie de coeficientes de seguridad. Es de hacer notar que en el caso de la madera los coeficientes de minoración de su resistencia varían de acuerdo con la combinación de carga calculada.

#### COMPROBACIÓN Y DIMENSIONADO DE VIGAS

El dimensionado de vigas se efectúa para la envolvente de esfuerzos más desfavorable. Se comprobarán las distintas secciones de la viga a flexión simple o compuesta, incluyendo el efecto del esfuerzo cortante.

#### COMPROBACIÓN Y DIMENSIONADO DE PILARES

El dimensionado de pilares se considera a flexión-compresión esviada. El efecto del pandeo se considera a través de las comprobaciones establecidas en el CTE DB SE M.

#### DEFORMACIONES EN VIGAS

Para el cálculo de la flecha máxima instantánea en jácenas se considera la flecha relativa obtenida en el proceso de cálculo matricial en la hipótesis más desfavorable, puesto que se considera que la estructura tiene un comportamiento elástico.

Para considerar los efectos a largo plazo se calcula la flecha diferida de acuerdo con las especificaciones del CTE DB SE M. Las limitaciones de flecha tienen en cuenta la flecha instantánea y la diferida.

En los casos en los que se utilicen forjados de hormigón armado, se comprueba la condición de canto mínimo y, en su caso, se determina la flecha máxima activa en viguetas utilizando la fórmula de Branson de acuerdo con lo indicado en el art 50.2 de la EHE. El valor de la flecha que se obtiene es la instantánea, a la que se debe añadir la flecha diferida según lo indicado el citado artículo de la EHE. Asimismo se determina la flecha activa según el proceso constructivo previsto.

## COMPROBACIÓN DE LA ESTRUCTURA ANTE EL FUEGO

La comprobación de la estructura ante el efecto del fuego se ha realizado de acuerdo con las especificaciones del CTE DB SI. El tiempo de exposición ante un posible incendio de los distintos elementos se indica en los correspondientes planos.

## COMPROBACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Al objeto de verificar la idoneidad del modelo estructural y de los cálculos utilizados, se han realizado diversas comprobaciones de la estructura. Para ello se han efectuado diferentes recálculos de los elementos más significativos o que presentan mayores niveles de riesgo utilizando el programa COMPROBAR distribuido por la CAT del Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia, Plaza de la Quintana 3, Santiago.

## ENSAYOS A EFECTUAR.

### HORMIGÓN ARMADO

Los ensayos de control que se efectuarán durante la obra sobre los materiales de la cimentación y la estructura, son los que especifica el Capítulo IX de la Instrucción EHE para los niveles de control establecidos en el punto anterior (normal).

El promotor formalizará un contrato con un Laboratorio acreditado para la realización de estos ensayos, que afectarán al hormigón, a las barras de acero y a las mallas electrosoldadas.

### ACERO

Los ensayos de control que se efectuarán durante la obra sobre los materiales de la estructura metálica, son los que especifica el CTE DB SE-A para los niveles de control establecidos en el punto anterior.

El promotor formalizará un contrato con un Laboratorio acreditado para la realización de estos ensayos, que afectarán al material base y a los elementos de unión.

### MADERA

Los ensayos de control que se efectuarán durante la obra sobre los materiales de la estructura de madera, son los que especifica el CTE DB SE-M para los niveles de control establecidos en el punto anterior.

El promotor formalizará un contrato con un Laboratorio acreditado para la realización de estos ensayos, que afectarán al material base y a los elementos de unión.

## ASIENTOS ADMISIBLES Y LÍMITE DE DEFORMACIÓN.

De acuerdo con el CTE, en función del tipo de terreno y de las características del edificio, se acepta como asiento general máximo admisible el obtenido siguiendo el CTE DB SE-C.; comprobando en todo caso que no se produce desorganización en la estructura ni en los cerramientos.

Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, los límites de deformación vertical, en términos de flecha relativa, de las piezas tras su puesta en obra y en cualquier combinación de acciones característica será menor que:

1/500 en pisos con tabiques frágiles, de gran formato, como ramillones, placas o pavimento sólidossin juntas.

1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas.

1/300 en el resto de los casos

Cuando se considere el confort de los usuarios, los límites de deformación vertical, en términos de flecha relativa, de las piezas tras su puesta en obra y en cualquier combinación de acciones características será menor que: 1/350

Cuando se considere la apariencia de la obra, los límites de deformación vertical, en términos de flecha relativa, de las piezas tras su puesta en obra y en cualquier combinación de acciones características será menor que: 1/300



Santiago de Compostela, a 11 de Mayo de 2014