

MEMORIA DE CÁLCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN

2.- DOCUMENTOS DE REFERENCIA

3.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO

3.1.- ACCIONES

3.2.- MATERIALES

3.3.- LÍMITES DE DEFORMACIÓN

3.4.- MÉTODO DE CÁLCULO

3.5.- PROGRAMAS INFORMÁTICOS

3.6.- CIMENTACIÓN

4.- RESULTADOS

ANEXO

CÁLCULOS INFORMÁTICOS:

- **ENTRADA DE DATOS**
- **SALIDA DE RESULTADOS**

1.- INTRODUCCIÓN

La presente memoria se refiere al dimensionamiento y cálculo de la estructura y la cimentación del Proyecto de Ejecución de Gimnasio en el colegio "Clara Campoamor" de Alpedrete (Madrid)

La estructura del edificio se ha implantado teniendo en cuenta su geometría y funcionalidad, de acuerdo con los planos de arquitectura proporcionados, y está constituida por los siguientes elementos:

- Cimentación por zapatas rígidas de hormigón armado, aisladas, apoyadas en terreno firme.
- Vigas de canto en planta baja (50 cm) para formación de cámara sanitaria.
- Pilares de acero (HEB) sobre placas de anclaje.
- Vigas de acero en arriostramiento.
- Vigas Boyd en cubierta y perfil tubular en correas continuas.

En la presente memoria se detallan los siguientes aspectos descriptivos y justificativos del dimensionamiento realizado:

- Documentos de referencia (normativa aplicable, documentación proporcionada, etc.)
- Hipótesis de partida: acciones según usos, materiales, coeficientes de seguridad, etc.
- Deformaciones admisibles máximas en vigas.
- Método de cálculo y programas informáticos empleados.
- Resultados obtenidos.
- Entrada de datos y salida de resultados del programa de cálculo.

2.- DOCUMENTOS DE REFERENCIA

La normativa en vigor a día de hoy es la siguiente:

- **Acciones.** Para el cálculo de las solicitaciones se ha tenido en cuenta el Código Técnico de la Edificación, en especial el Documento Básico "DB-SE-AE, Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación", y la Norma de Construcción Sismorresistente NCSR-02.
- **Terreno.** Para el cálculo de la cimentación, así como de los empujes producidos por el terreno, se ha tenido en cuenta lo indicado en el Código Técnico de la Edificación, en especial el Documento Básico "DB-SE-C, Seguridad Estructural, Cimientos", así como el informe geotécnico de referencia, arriba mencionado.
- **Hormigón armado.** El diseño, cálculo y armado de los elementos de hormigón de la cimentación y la estructura, se ajustarán en todo momento a lo indicado en la Norma EHE-08 (Hormigón estructural), y en el Código Modelo CEB-FIP 1990.
- **Cementos.** Todos los cementos a utilizar en la obra, en función de su situación, tipo de ambiente, serán definidos de acuerdo a su adecuación a la Norma vigente para la Recepción de Cementos RC-08. Se recomienda el empleo de cemento CEM I (Portland), de acuerdo con el Anejo 3 de la Instrucción EHE.
- **Acero laminado y conformado.** El diseño, cálculo y ejecución de perfiles laminados y conformados se realiza de acuerdo a lo indicado en el Código Técnico de la Edificación, en especial el Documento Básico "DB-SE-A, Seguridad Estructural, Acero", y en la Instrucción EAE-11 de Acero estructural, del Ministerio de Fomento.

3.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO

3.1.- ACCIONES

A continuación se muestran las acciones superficiales consideradas en los cálculos, que están en concordancia con los usos previstos y el CTE:

CARGAS GRAVITATORIAS SUPERFICIALES (kN/m²)

	planta	Baja	Cubierta
	zona	accesos	inclinada
Cargas permanentes	forjado	4.07	-
	solado	1.00	-
	tabiquería	-	-
	formación de cubierta	-	0.20
Sobrecargas	uso	5.00	0.40 (NC)
	nieve	-	1.10
	Viento		
TOTAL		10.07	1.30

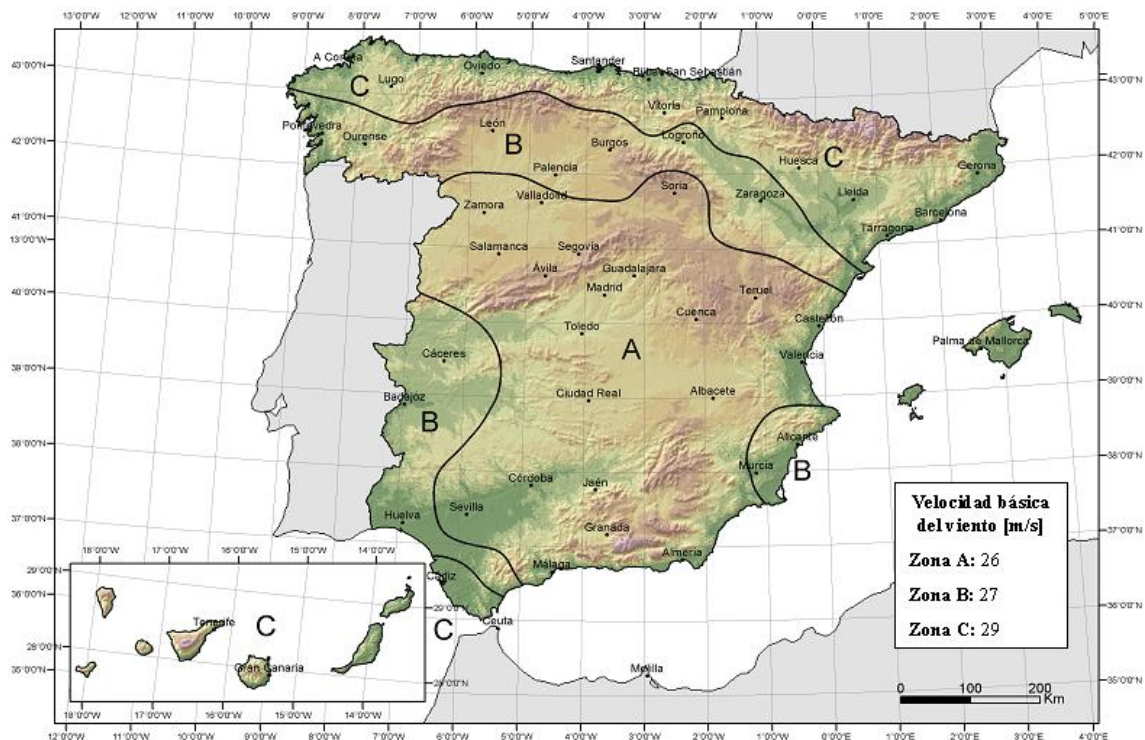
(NC) no concomitante

El peso propio de la estructura ha sido incluido automáticamente en los cálculos por los programas informáticos empleados.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso					
Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

CARGAS GRAVITATORIAS LINEALES			
EDIFICIO GIMNASIO			
Elemento	Características	Altura (m)	Carga (kN/m)
CERRAMIENTO FACHADA	10 cm panel prefabricado 1/2 pie de ladrillo perforado	7.0	30.0

ACCIONES EÓLICAS	
Zona eólica	A
Velocidad básica (m/s)	26
Grado de aspereza	IV (zona urbana, industrial o forestal)



ACCIONES SÍSMICAS	
Localidad	Alpedrete (Madrid)
Aceleración básica	< 0.04 g
Coefficiente de contribución	-
Número de nodos	-
Amortiguamiento	-
Coefficiente de riesgo	-
Coefficiente tipo de suelo	-
Ductilidad de la estructura	-
Parte de sobrecarga a considerar	-
Parte de nieve a considerar	-
Consideración necesaria	NO

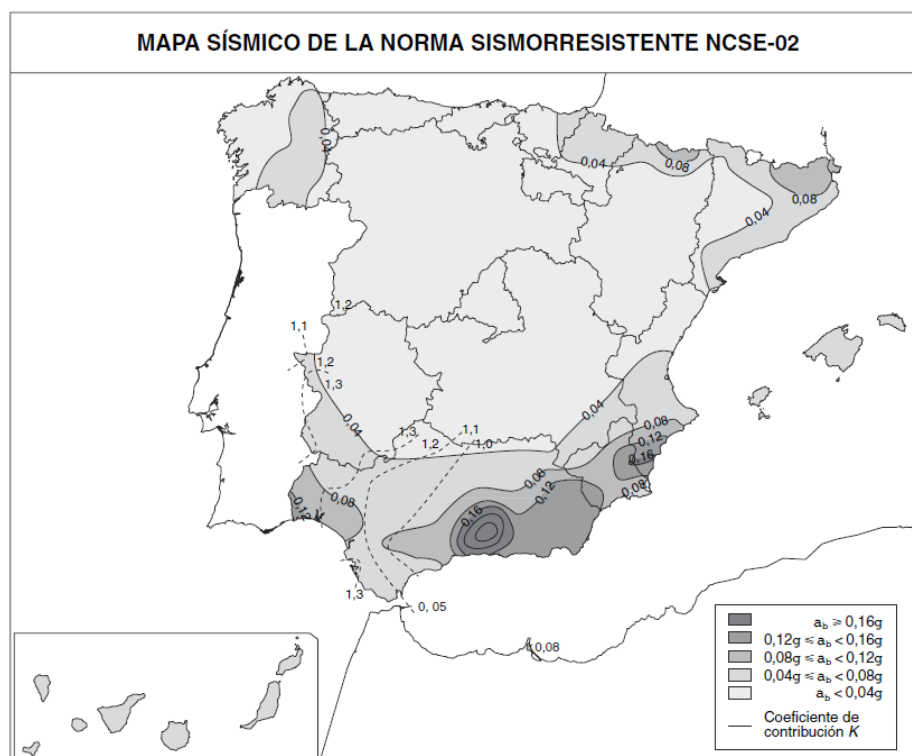


Figura 2.1 Mapa de Peligrosidad Sísmica

Para edificaciones de importancia normal o especial, y aceleración sísmica básica inferior a $0.04g$, no es necesaria la consideración de acciones sísmicas.

ACCIONES TÉRMICAS Y REOLÓGICAS	
Distancia máxima entre juntas de dilatación (m)	27
Consideración necesaria (>40 m)	NO

3.2.- MATERIALES

Los materiales a utilizar, así como las características definitorias de los mismos, niveles de control previstos, así como los coeficientes de seguridad, se indican en los siguientes cuadros:

a.- Hormigón armado

Elemento	Zapatas	Muros y losas de cimentación	Estructura interior	Estructura exterior	Toda la obra
Tipificación	HA-25/B/20/II _a	HA-25/B/20/II _a	HA-25/B/20/I	HA-25/B/20/II _a	-
Resistencia característica a los 28 días (MPa)	-	-	-	-	25
Tipo de cemento	-	-	-	-	CEM-I/II
Cantidad máxima de cemento (kg/m ³)	-	-	-	-	500
Cantidad mínima de cemento (kg/m ³)	275	275	250	275	-
Tamaño máximo del árido (mm)	-	-	-	-	20
Tipo de ambiente	II _a	II _a	I	II _a	-
Consistencia	-	-	-	-	Blanda
Asiento cono de Abrams (cm)	-	-	-	-	6-9
Sistema de compactación	-	-	-	-	vibración
Nivel de control previsto	-	-	-	-	estadístico
Coeficiente parcial de seguridad	-	-	-	-	1.50

ACERO CORRUGADO	
Tipificación	B500SD
Límite elástico (MPa)	500.0
Nivel de control previsto	normal
Coeficiente parcial de seguridad	1.15

b.- Acero laminado y conformado

ACERO LAMINADO Y CONFORMADO	
Clase y designación	S275
Límite elástico (MPa)	275
Nivel de control previsto	normal
Coeficiente parcial de seguridad	1.05

c.- Control de la ejecución

EJECUCIÓN	
Nivel de control	normal
Coeficiente de mayoración de acciones desfavorables permanentes	1.35
Coeficiente de mayoración de acciones desfavorables variables	1.50

3.3.- LÍMITES DE DEFORMACIÓN

El cálculo de deformaciones es un cálculo de estados límites de utilización con las cargas de servicio, coeficiente de mayoración de acciones 1, y de minoración de resistencias 1. Para el cálculo de las flechas en los elementos flectados, vigas y forjados, se tendrán en cuenta tanto las deformaciones instantáneas como las diferidas, calculándose las inercias equivalentes de acuerdo a lo indicado en la Norma EHE.

Los límites impuestos son los siguientes:

DEFORMACIONES MÁXIMAS ADMISIBLES		
Instrucción	Flecha total	Flecha activa
CTE-DB-SE	L/300	L/300 (cubiertas)
		L/400 (tabiques ordinarios)
		L/500 (tabiques frágiles)
EHE-08	L/250 y L/500+1 cm	L/400 (vigas)
		L/500 y L/100+0.5 cm (forjados)
EAE-10	-	L/300 (cubiertas)
		L/400 (tabiques ordinarios)
		L/500 (tabiques frágiles)

3.4.- MÉTODO DE CÁLCULO

a.- Hormigón armado

Para la obtención de las solicitaciones se ha considerado los principios de la Mecánica Racional y las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y Elasticidad. El método de cálculo aplicado es de los Estados Límites, en el que se pretende limitar que el efecto de las acciones exteriores ponderadas por unos coeficientes, sea inferior a la respuesta de la estructura, minorando las resistencias de los materiales.

En los estados límites últimos se comprueban los correspondientes a: equilibrio y agotamiento o rotura (frente a solicitaciones normales, cortante, torsión y punzonamiento).

En los estados límites de utilización, se comprueba: deformaciones (flechas) y fisuración.

Definidos los estados de carga según su origen, se procede a calcular las combinaciones posibles con los coeficientes de mayoración y minoración correspondientes de acuerdo a los coeficientes de seguridad y las hipótesis básicas definidas en la Norma EHE:

Situación una acción variable: $\gamma_{fg} \cdot G + \gamma_{fq} \cdot Q$

Situación dos o más acciones variables: $\gamma_{fg} \cdot G + 0.9 (\gamma_{fq} \cdot Q) + 0.9 (\gamma_{fq} \cdot W)$

Situaciones sísmicas: $\gamma_{fg} \cdot G + \Sigma (0.8 \cdot \gamma_{fq} \cdot Q) + \gamma_A \cdot A_E$

En donde G representa las acciones permanentes, Q las variables, W las eólicas y A_E las sísmicas, todas ellas características.

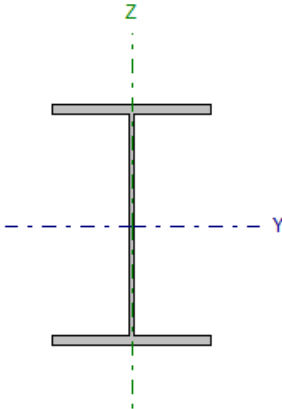
La obtención de los esfuerzos en las diferentes hipótesis simples del entramado estructural, se hará de acuerdo a un cálculo lineal de primer orden, es decir, admitiendo proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones, el principio de superposición de acciones, y un comportamiento lineal y geométrico de los materiales y la estructura.

b.- Acero laminado y conformado

Se dimensionan los elementos metálicos de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, en especial el Documento Básico "DB-SE-A, Seguridad Estructural, Acero", y la norma EAE-11, determinándose las tensiones y deformaciones, así como la estabilidad, de acuerdo con los principios de la Mecánica Racional y la Resistencia de Materiales.

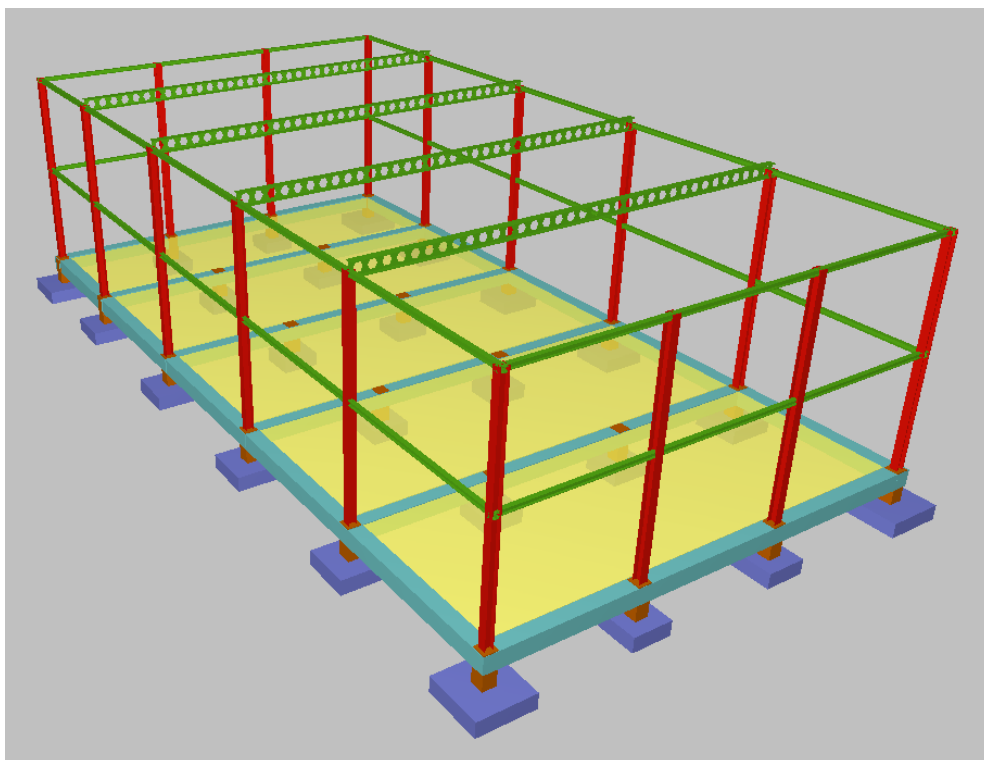
Se realiza un cálculo lineal de primer orden, admitiéndose localmente plastificaciones de acuerdo a lo indicado en la Norma. La estructura se supone sometida a las acciones exteriores, ponderándose para la obtención de las tensiones y comprobación de secciones, y sin mayorar para las comprobaciones de 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.

Perfil: HEB-260, Boyd (alma aligerada) (H: 390.0 mm, S: 390.0 mm)							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N6 (P5)	N5 (P8)	13.740	118.40	34421.98	5127.13	130.00
	Notas:						
	(1) Inercia respecto al eje indicado						
	(2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.00	0.00	0.70	0.70		
	L _K	0.000	0.000	9.618	9.618		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación:							
β: Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

3.5.- PROGRAMAS INFORMÁTICOS

En el dimensionamiento se han empleado los programas CYPECAD, versión 2017.j, de la Empresa CYPE Ingenieros, S.A., mediante la modelización completa de la estructura en 3D, tal y como se aprecia a continuación:



a.- Descripción del análisis efectuado por el programa

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando parte todos los elementos que definen la estructura: pilares, 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). 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.

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.

b.- Consideración de efectos de 2º orden

Se considera, cuando se define hipótesis de **Viento** o **Sismo**, el cálculo de la amplificación de esfuerzos producidos por la actuación de dichas cargas horizontales.

El método está basado en el efecto **P-delta** debido a los desplazamientos producidos por las acciones horizontales, abordando de forma sencilla los efectos de segundo orden a partir de un cálculo de primer orden, y un comportamiento lineal de los materiales, con unas características mecánicas calculadas con las secciones brutas de los materiales y su módulo de elasticidad secante.

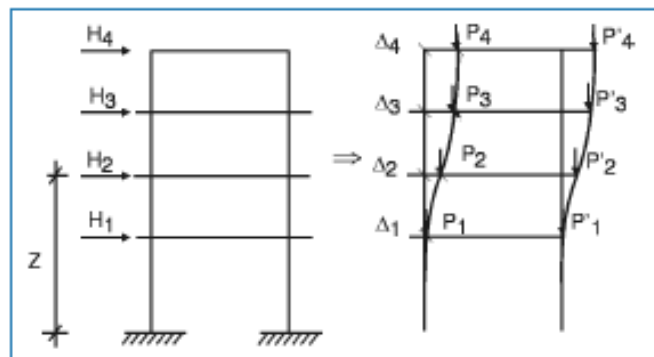
Se denomina γ_z al coeficiente amplificador del coeficiente de mayoración de las hipótesis debidas a las acciones horizontales para todas las combinaciones en las que actúan dichas acciones horizontales. En el Código Modelo *CEB-FIP 1990*, se aplica un método de amplificación de momentos que recomienda, a falta de un cálculo más preciso, reducir las rigideces un 50%, o lo que es lo mismo, un coeficiente amplificador de los desplazamientos $= 1 / 0.50 = 2.00$. Para este supuesto se puede considerar que si γ_z es mayor que 1.50, se debe rigidizar más la estructura en esa dirección, ya que la estructura es muy deformable y poco estable en esa dirección. Si γ_z es menor que 1.35, su efecto será pequeño y prácticamente despreciable.

c.- Método de cálculo de acciones horizontales

c1.- Acciones eólicas

Para la obtención de la carga de viento se considera lo indicado en el Código Técnico de la Edificación, en especial el Documento Básico "DB-SE-AE, Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación". Basta para ello definir la zona eólica (A, B ó C) y el grado de aspereza (I a V).

Se generan de forma automática las cargas horizontales en cada planta, en dos direcciones ortogonales **X**, **Y**, y en ambos sentidos (**+X**, **-X**, **+Y**, **-Y**). Se puede definir un coeficiente de cargas para cada dirección y sentido de actuación del viento, que multiplica a la presión total del **Viento**. Si un edificio está aislado, actuará la presión en la cara de barlovento, y la succión en la de sotavento. Se define como ancho de banda a la longitud de fachada perpendicular a la dirección del **Viento**. Conocido el ancho de banda de una planta, y las alturas de la planta superior e inferior a la planta, si se multiplican la semisuma de las alturas por el ancho de banda se obtiene la superficie expuesta al **Viento** en esa planta, que multiplicada a su vez por la presión total calculada a esa altura y por el coeficiente de cargas, obtendríamos la carga de **Viento** en esa planta y en esa dirección.



c2.- Acciones sísmicas

No de aplicación en nuestro caso.

d.- Dimensionado de secciones

Para el dimensionado de las secciones de hormigón armado en estados límites últimos se emplean el **método de la parábola-rectángulo** y el **diagrama rectangular**, con los diagramas tensión-deformación del hormigón y para cada tipo de acero.

Se utilizan los límites exigidos por las cuantías mínimas y máximas indicadas por la Norma, tanto geométricas como mecánicas, así como las disposiciones indicadas referentes a número mínimo de redondos, diámetros mínimos y separaciones mínimas y máximas. 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 estribos a partir del borde de apoyo a una distancia de un canto útil.

e.- Cálculo de deformaciones en vigas de hormigón

Para la determinación de la flecha total a plazo infinito, se definen los coeficientes de fluencia a aplicar tanto para peso propio como para sobrecarga, que multiplicarán a la flecha instantánea para obtener la flecha diferida. La flecha total será la suma de la flecha instantánea más la diferida.

Se determina la flecha máxima activa en vigas utilizando el método de la doble integración de curvaturas. Analizando una serie de puntos se obtiene la inercia bruta, homogeneizada, fisurada y el giro por hipótesis, calculado a partir de la ley de variación de curvaturas.

La flecha activa está formada por la flecha instantánea de todas las cargas que actúan con posterioridad a la construcción de los tabiques, más la diferida de las cargas permanentes a partir del instante de construcción de los mismos.

e.- ESTRUCTURA METÁLICA

Se efectúan dos tipos de verificaciones de acuerdo con DB-SE-A, las relativas a:

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

El análisis se lleva a cabo de acuerdo con hipótesis simplificadoras mediante modelos, congruentes entre sí, adecuados al estado límite a comprobar y de diferente nivel de detalle, que permiten obtener esfuerzos y desplazamientos en las piezas de la estructura y en sus uniones entre sí y con los cimientos.

Normalmente se utilizan modelos elásticos y lineales en las comprobaciones frente a estados límite de servicio. Frente a estados límite últimos pueden emplearse modelos en régimen elástico, elástico con redistribución de momentos, elastoplástico, rígido-plástico o cualquier combinación coherente.

La comprobación frente a los estados límites últimos supone, de acuerdo con el DB, el análisis y la verificación ordenada de la resistencia de las secciones, de las barras y de las uniones. Aunque en el caso de las clases 1 y 2 es una opción holgadamente segura, es admisible utilizar en cualquier caso criterios de comprobación basados en distribuciones elásticas de tensiones, siempre que en ningún punto de la sección, (y en clase 4, considerando sólo la eficaz), las tensiones de cálculo, combinadas conforme al criterio de plastificación de Von Mises, superen la resistencia de cálculo.

En el cálculo de las deformaciones se tiene en consideración la rigidez de las uniones y de las secciones esbeltas, los efectos de segundo orden, la posible existencia de plastificaciones locales y el proceso constructivo.

3.6.- CIMENTACIÓN

De acuerdo con el Informe geotécnico de referencia incluido, se ha dimensionado una cimentación directa, mediante zapatas rígidas apoyadas en el estrato rocoso indicado en el informe geotécnico de referencia.

La tensión admisible considerada en los cálculos ha sido de 3.00 kp/cm^2

No es preciso el empleo de cemento sulforresistente ni una clase específica del hormigón por ataque de sulfatos.

4.- RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el cálculo, diseño y dimensionamiento de la estructura han sido plasmados en los siguientes planos:

LISTADO DE PLANOS	
Nº	Título
E1	CIMENTACIÓN Y PILARES
E2	ESTRUCTURA PLANTA BAJA Y ARRIOSTRAMIENTO
E3	ESTRUCTURA ARRIOSTRAMIENTO Y PLANTA DE CUBIERTA

Finalmente, en el anejo, se incluye la entrada de datos efectuada en el programa de cálculo, así como diversos de los resultados obtenidos, que justifican el dimensionamiento de los distintos elementos estructurales.

ANEXO

CÁLCULOS INFORMÁTICOS:

ENTRADA DE DATOS Y SALIDA DE

RESULTADOS