

MEMORIA DE CÁLCULO

PROYECTO : GIMNASIO EN EL CEIP PINOCHO DE TORREJON DE ARDOZ

REFERENCIA : 25/2023

FECHA : MAYO DE 2023

00408705H ALBERTO
FRANCISCO
SANJURJO (R:
B81111585)

Firmado digitalmente por
00408705H ALBERTO
FRANCISCO SANJURJO (R:
B81111585)
Fecha: 2023.09.08 09:45:11
+02'00'



ÍNDICE

MEMORIA DE CÁLCULO	1
1. Justificación de la solución adoptada	1
1.1. Estructura	1
1.2. Cimentación	1
1.3. Método de cálculo	1
1.3.1. Hormigón armado	1
1.3.2. Acero laminado y conformado	2
1.3.3. Muros de fábrica de ladrillo y bloque de hormigón de árido, denso y ligero	2
1.4. Cálculos por Ordenador	2
2. Características de los materiales a utilizar	3
2.1. Hormigón armado	3
2.1.1. Hormigones	3
2.1.2. Acero en barras	3
2.1.3. Acero en Mallazos	3
2.1.4. Ejecución	3
2.2. Aceros laminados	4
2.3. Aceros conformados	4
2.4. Uniones entre elementos	4
2.5. Muros de fábrica	4
2.6. Ensayos a realizar	4
2.7. Asientos admisibles y límites de deformación	5
ACCIONES ADOPTADAS EN EL CÁLCULO	6
3. Acciones Gravitatorias	6
3.1. Cargas superficiales	6
3.1.1. Peso propio del forjado	6
3.1.2. Pavimentos y revestimientos	6
3.1.3. Sobrecarga de uso	6
3.1.4. Sobrecarga de nieve	6
3.2. Cargas lineales	6
3.2.1. Peso propio de las fachadas	6
4. Acciones del viento	7
4.1. Altura de coronación del edificio (en metros)	7
4.2. Grado de aspereza	7
4.3. Presión dinámica del viento (en KN/m^2)	7
4.4. Zona eólica (según CTE DB-SE-AE)	7
5. Acciones térmicas y reológicas	7
6. Acciones sísmicas	7

7. Justificación de recubrimientos de proyecto	7
8. Seguridad en caso de incendio (CTE / Código Estructural)	10
8.1. Resistencia al fuego de la estructura.....	10
8.1.1. Resistencia de los elementos estructurales principales.....	10
8.1.2. Resistencia al fuego de la estructura de hormigón armado	10
8.1.3. Resistencia al fuego de la estructura de acero.....	11
9. Combinaciones de acciones consideradas	12
9.1. Hormigón Armado.....	12
9.2. Acero Laminado	14
9.3. Acero conformado	14

MEMORIA DE CÁLCULO

1.JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

1.1. ESTRUCTURA

El tipo de estructura elegido para la cubierta es el de pilares y vigas de acero laminado con nudos rígidos o uniones articuladas sobre las que apoya una cubierta ligera.

En algunos vanos ciegos se han dispuesto cruces de San Andrés para absorber los esfuerzos horizontales.

El forjado sanitario de planta baja se ha resuelto mediante placas alveolares de 20 cm de espesor, 120 cm de ancho y 5 cm de capa de compresión, apoyado sobre muros de hormigón de fábrica de ladrillo macizo de 1 pie de espesor, estos muros de ladrillo arrancan sobre las vigas centradoras que arriostran los encepados en la cimentación.

1.2. CIMENTACIÓN

Consecuentemente con las características del terreno y de acuerdo con el informe geotécnico realizado por EAG S.L. redactado en Marzo de 2010 y facilitado por la propiedad, se ha adoptado la solución de cimentación de tipo profundo mediante pilotes de hormigón armado de diámetro 45 cm empotrados 5 metros en el Nivel C "Nivel de gravas compactas".

Se tendrá especial atención a las consideraciones expuestas en el informe geotécnico de cara a paliar las posibles afecciones debidas al carácter expansivo del terreno.

Será necesario prestar la debida atención por la Dirección Facultativa en el proceso constructivo a todas las recomendaciones realizadas por los informes geotécnicos.

1.3. MÉTODO DE CÁLCULO

1.3.1. 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, agotamiento o rotura, adherencia, anclaje y fatiga (si procede).

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

Definidos los estados de carga según su origen, se procede a calcular las combinaciones posibles con los coeficientes de mayoración y minoración correspondientes de acuerdo a los coeficientes de seguridad definidos en el anejo 18 del C.E.21 y las combinaciones de hipótesis básicas definidas en el anejo 19.

Situaciones no sísmicas

Situaciones sísmicas

La obtención de los esfuerzos en las diferentes hipótesis simples del entramado estructural, se harán 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.

Para la obtención de las solicitaciones determinantes en el dimensionado de los elementos de los forjados (vigas, viguetas, losas, nervios) se obtendrán los diagramas envolventes para cada esfuerzo.

Para el dimensionado de los soportes se comprueban para todas las combinaciones definidas.

1.3.2.ACERO LAMINADO Y CONFORMADO

Se dimensiona los elementos metálicos de acuerdo a la norma CTE SE-A (Seguridad estructural), C.E.21 o EC-3 que se haya seleccionado, 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 se tendrá en cuenta lo indicado en la norma CTE SE-F, y el Eurocódigo-6 en los bloques de hormigón.

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.

1.4.CÁLCULOS POR ORDENADOR

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

La estructura ha sido calculada con el programa CYPECAD y CYPE 3D.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR

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 el siguiente cuadro:

2.1. HORMIGÓN ARMADO

2.1.1. HORMIGONES

	Elementos de Hormigón Armado				
	Toda la obra	Cimentación	Soportes (Comprimidos)	Vigas	Otros
Resistencia Característica a los 28 días: f_{ck} (N/mm ²)	25	30	25	25	25
Tipo de cemento		CEM II / B-S	CEM I	CEM I	
Cantidad máxima/mínima de cemento (kp/m ³)		325/275	325/250	325/250	325/250
Tamaño máximo del árido (mm)		20	20	20	20
Tipo de ambiente (agresividad)		XC2+XA1	XC2	X0	
Consistencia del hormigón		Blanda	Fluida	Fluida	Fluida
Asiento Cono de Abrams (cm)		6 a 9	10 a 15	10 a 15	10 a 15
Sistema de compactación	Vibrado				
Nivel de Control Previsto	Estadístico				
Coeficiente de Minoración	1.5				
Resistencia de cálculo del hormigón: f_{cd} (N/mm ²)		20	16.66	16.66	16.66

2.1.2. ACERO EN BARRAS

	Toda la obra	Cimentación	Comprimidos	Flectados	Otros
Designación	B-400-S				
Límite Elástico (N/mm ²)	400				
Nivel de Control Previsto	Normal				
Coeficiente de Minoración	1.15				
Resistencia de cálculo del acero (barras): f_{yd} (N/mm ²)	347.82				

2.1.3. ACERO EN MALLAZOS

	Toda la obra	Cimentación	Comprimidos	Flectados	Otros
Designación	B-500-T				
Límite Elástico (kp/cm ²)	500				

2.1.4. EJECUCIÓN

	Toda la obra	Cimentación	Comprimidos	Flectados	Otros
A. Nivel de Control previsto	Normal				
B. Coeficiente de Mayoración de las acciones desfavorables Permanentes/Variables	1.35/1.5				

2.2.ACEROS LAMINADOS

		Toda la obra	Comprimidos	Flectados	Traccionados	Placas anclaje
Acero en Perfiles	Clase y Designación	S275				
	Límite Elástico (N/mm ²)	275				
Acero en Chapas	Clase y Designación	S275				
	Límite Elástico (N/mm ²)	275				

2.3.ACEROS CONFORMADOS

		Toda la obra	Comprimidos	Flectados	Traccionados	Placas anclaje
Acero en Perfiles	Clase y Designación	S235				
	Límite Elástico (N/mm ²)	235				
Acero en Placas y Paneles	Clase y Designación	S235				
	Límite Elástico (N/mm ²)	235				

2.4.UNIONES ENTRE ELEMENTOS

		Toda la obra	Comprimidos	Flectados	Traccionados	Placas anclaje
Sistema y Designación	Soldaduras					
	Tornillos Ordinarios	A-4t				
	Tornillos Calibrados	A-4t				
	Tornillo de Alta Resist.	A-10t				
	Roblones					
	Pernos o Tornillos de Anclaje	B-400-S				

2.5.MUROS DE FÁBRICA

No procede la utilización de muros de fábrica resistente en el proyecto.

2.6.ENSAYOS A REALIZAR

Hormigón Armado. De acuerdo a los niveles de control previstos, se realizarán los ensayos pertinentes de los materiales, acero y hormigón según se indica en el C.E.21.

Aceros estructurales. Se harán los ensayos pertinentes de acuerdo a lo indicado en el C.E.21 o CTE SE-Ha seleccionado.

2.7. ASIENTOS ADMISIBLES Y LÍMITES DE DEFORMACIÓN

Límites de deformación de la estructura. Según lo expuesto en el artículo 4.3.3 de la norma CTE SE, se han verificado en la estructura las flechas de los distintos elementos, así como lo indicado en 7.4 del C.E.21, limitación de deformaciones. Se ha verificado tanto el desplome local como el total de acuerdo con lo expuesto en 4.3.3.2 de la citada norma.

Hormigón armado. 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.

Para el cálculo de las flechas se ha tenido en cuenta tanto el proceso constructivo, como las condiciones ambientales, edad de puesta en carga, de acuerdo a unas condiciones habituales de la práctica constructiva en la edificación convencional. Por tanto, a partir de estos supuestos se estiman los coeficientes de fluencia pertinentes para la determinación de la flecha activa, suma de las flechas instantáneas más las diferidas producidas con posterioridad a la construcción de las tabiquerías.

En los elementos de hormigón armado se establecen los siguientes límites:

Flechas activas máximas relativas y absolutas para elementos de Hormigón Armado y Acero		
Estructura no solidaria con otros elementos	Estructura solidaria con otros elementos	
	Tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas	Tabiques frágiles o pavimentos rígidos sin juntas
VIGAS Y LOSAS Relativa: $\delta / L < 1/300$	Relativa: $\delta / L < 1/400$	Relativa: $\delta / L < 1/500$
FORJADOS UNIDIRECCIONALES Relativa: $\delta / L < 1/300$	Relativa: $\delta / L < 1/500$ $\delta / L < 1/1000 + 0.5\text{cm}$	Relativa: $\delta / L < 1/500$ $\delta / L < 1/1000 + 0.5\text{cm}$

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

ACCIONES ADOPTADAS EN EL CÁLCULO

3. ACCIONES GRAVITATORIAS

3.1. CARGAS SUPERFICIALES

3.1.1. PESO PROPIO DEL FORJADO

Se ha dispuesto los siguientes tipos de forjados:

Forjados de placas alveolares. La geometría básica a utilizar en cada nivel, así como su peso propio será:

Forjado	Tipo	Ancho de placa (cm)	Canto total (cm)	Canto total: 30		Peso Propio (KN/m ²)
				Altura de la placa	Espesor capa de compresión	
Planta Baja,	20+5/120	120	25	20	5	4.10

El peso propio de las losas se obtiene como el producto de su canto en metros por 25 kN/m³.

Zonas macizadas. El peso propio de las zonas macizas se obtiene como el producto de su canto en metros por 25 kN/m³.

Zonas aligeradas. Las zonas aligeradas de los forjados se han indicado en el apartado de peso propio.

3.1.2. PAVIMENTOS Y REVESTIMIENTOS

Planta	Zona	Carga en KN/m ²
Baja	Toda	2,00
Cubierta	Gimnasio	0,50

3.1.3. SOBRECARGA DE USO

Planta	Zona	Carga en KN/m ²
Planta baja	Gimnasio	5,00
Cubierta	Gimnasio	0,40

3.1.4. SOBRECARGA DE NIEVE

Planta	Zona	Carga en KN/m ²
Cubierta	Incluida en sobrecarga de uso	0,60

3.2. CARGAS LINEALES

3.2.1. PESO PROPIO DE LAS FACHADAS

Planta	Zona	Carga en KN/m ²
Plantas baja	Toda	3,00

4. ACCIONES DEL VIENTO

4.1. ALTURA DE CORONACIÓN DEL EDIFICIO (EN METROS)

7,00 metros.

4.2. GRADO DE ASPEREZA

Zona rural accidentada o llana con obstáculos (III)

4.3. PRESIÓN DINÁMICA DEL VIENTO (EN KN/m^2)

0,42 KN/m^2

4.4. ZONA EÓLICA (SEGÚN CTE DB-SE-AE)

Zona A

5. ACCIONES TÉRMICAS Y REOLÓGICAS

De acuerdo a la CTE DB SE-AE, no se han dispuesto en el diseño del edificio juntas de dilatación por no superar en planta la dimensión de 40m.

6. ACCIONES SÍSMICAS

De acuerdo a la norma de construcción sismorresistente NCSE-02, por el uso y la situación del edificio, no es necesario considerar acciones sísmicas.

7. JUSTIFICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS DE PROYECTO

Encepados y vigas riostras

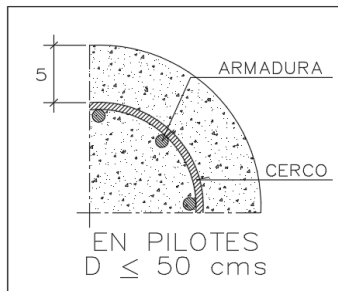


El recubrimiento geométrico para el ambiente XA1 es de 40 mm en aquellos puntos donde está previsto hormigón de limpieza.

Clase de exposición	Tipo de cemento	Vida útil de proyecto (t_d), (años)	
		50	100
XA1	CEM III, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsilíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	40	55
	Resto de cementos utilizables	*	*
XA2, XA3	Cualquiera	(1)	(1)

El recubrimiento geométrico mínimo en piezas hormigonadas contra el terreno será de 70 mm.

Pilotes



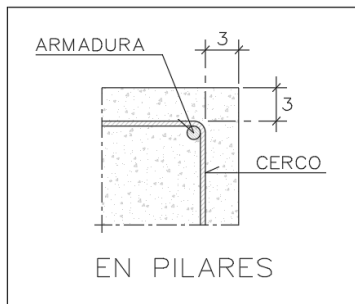
Se ha optado por un recubrimiento de 50 mm en pilotes basado en los comentarios que hace la propia norma acerca del recubrimiento en muros pantalla y pilotes.

Comentarios

El espesor del recubrimiento constituye un parámetro de gran importancia para lograr una protección adecuada de la armadura durante la vida de servicio de la estructura. El período durante el que el hormigón del recubrimiento protege a las armaduras es función del cuadrado del espesor del recubrimiento. Esto conlleva que una disminución del recubrimiento a la mitad de su valor nominal, se traduzca en un período de protección de la armadura reducido a la cuarta parte.

En muros hormigonados contra el terreno, así como en el caso de pantallas y pilotes, la propia técnica constructiva conlleva unos sobredimensionamientos que hacen que, sólo en estos casos, no sea necesaria la especificación adicional de 70 mm de recubrimiento mínimo que establece el apartado e) del presente artículo.

Pilares



El recubrimiento mínimo para el ambiente XC2 es de 25 mm.

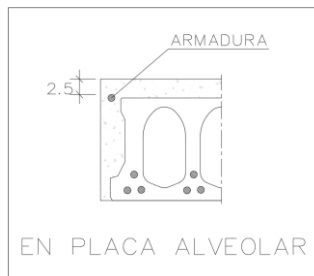
El recubrimiento mínimo frente a fuego es inferior y los pilares se encuentran dentro de la cámara sanitaria.

Vigas



El recubrimiento mínimo por durabilidad para elementos XC1 son 25 mm. Por resistencia a fuego 20 mm.

Placas alveolares



Los refuerzos de negativos de las placas alveolares tendrán igualmente 25 mm de recubrimiento por tener el mismo ambiente que las vigas.

8.SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (CTE / CÓDIGO ESTRUCTURAL)

8.1.RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA

Según el Documento Básico SI Seguridad en caso de incendio, la resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales por tratarse el uso considerado como de residencial vivienda es de:

- R120 para las plantas de sótano.
- R90 para plantas sobre rasante al ser la altura de evacuación superior a los 15 metros e inferior a los 28 m

8.1.1.RESISTENCIA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES

Los elementos estructurales con exigencias de cara a la resistencia frente a incendio del proyecto son:

- Pilares de hormigón armado.
- Placas alveolares.
- Vigas de coronación de muros de carga.

Se ha tomado, del lado de la seguridad, una resistencia a fuego EI60 para todos los elementos citados. La resistencia exigida para la estructura se ha tomado del CTE-DB-SI:

Elemento	Plantas bajo rasante	Resistencia al fuego		
		Plantas sobre rasante en edificio con <i>altura de evacuación</i> :		
		h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m
Paredes y techos ⁽³⁾ que separan al sector considerado del resto del edificio, siendo su <i>uso previsto</i> : ⁽⁴⁾				
- Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso	(no se admite)	EI 120	EI 120	EI 120
- Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
- Comercial, Pública Concur-rencia, Hospitalario	EI 120 ⁽⁵⁾	EI 90	EI 120	EI 180
- Aparcamiento ⁽⁶⁾	EI 120 ⁽⁷⁾	EI 120	EI 120	EI 120

Para los elementos de hormigón armado y pretensado la resistencia al fuego se garantiza mediante las dimensiones mínimas y recubrimientos exigidos en el anejo 20 del Código Estructural.

8.1.2.RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO

En este caso se fijan los recubrimientos necesarios sin necesidad de aplicar capas adicionales protectoras del elemento estructural.

- Soportes: Dimensión mínima de los soportes es de 350mm en el peor de los casos. Inferior a los 400mm de lado mínimo en los pilares de proyecto.
- Vigas continuas con 2 caras expuestas al fuego: La dimensión mínima de las vigas determinará la opción a acogernos dentro de la tabla A20.5.5. Su ancho mínimo será de 120 mm y su recubrimiento mecánico medio mínimo será de 25 mm. Las vigas de coronación del proyecto tienen 250 mm de ancho y un recubrimiento mecánico superior a 30 mm.
- Placas alveolares: El recubrimiento mecánico mínimo vendrá determinado por la tabla A20.5.8. El recubrimiento mínimo fijado por la norma es de 15 mm, inferior a los 25 mm de recubrimiento en proyecto.

8.1.3.RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

Deberá aplicarse algún sistema de protección pasiva, bien a base de pintura intumescente bien a base de proyectado ignífugo con lana de roca, perlita y/o vermiculita según la resistencia al fuego a garantizar (R60).



9.COMBINACIONES DE ACCIONES CONSIDERADAS

9.1.HORMIGÓN ARMADO

Hipótesis y combinaciones. De acuerdo con las acciones determinadas en función de su origen, y teniendo en cuenta tanto si el efecto de las mismas es favorable o desfavorable, así como los coeficientes de ponderación se realizará el cálculo de las combinaciones posibles del modo siguiente:

- **E.L.U. de rotura. Hormigón y cimentaciones: C.E.21/CTE**
- **Situaciones no sísmicas**

- **Situaciones sísmicas**

Situación 1: 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
Sismo (A)				

(*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

- **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: CTE**
- **Situaciones no sísmicas**

- **Situaciones sísmicas**

Situación 1: 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
Sismo (A)				

(*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

9.2.ACERO LAMINADO

- **E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB-SE A y C.E.21.**
- **Situaciones no sísmicas**

- **Situaciones sísmicas**

Situación 1: 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
Sismo (A)				

(*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

9.3.ACERO CONFORMADO

Se aplica las mismos coeficientes y combinaciones que en el acero laminado.

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB-SE A y EC-3