

BiRG, S.L. Taller de Arquitectura y Urbanismo Arria Auzunea nº1 Azpeitia 20730 Guipuzcoa Tel.943 81 54 20 email: birg@telefonica.net	MEMORIA
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------

SEGURIDAD ESTRUCTURAL – DB – SE

1.-NORMATIVA DE CONSIDERACIÓN.

CODIGO ESTRUCTURAL para el cálculo y dimensionamiento de los elementos resistentes de hormigón armado, acero y estructuras mixtas.

Normativa de construcción sismorresistente y Normativa sismorresistente (NCSE-02) para la determinación de solicitaciones exteriores de origen sísmico.

CTE-DB-SE Seguridad estructural.

CTE-DB-SE –AE Acciones en la edificación para la determinación de solicitaciones exteriores gravitatorias y eólicas según queda reflejado en la hoja de acciones.

CTE-DB-A Seguridad estructural – Acero

CTE-DB-A Seguridad estructural -Madera

2.-ANALISIS ESTRUCTURAL Y DIMENSIONAMIENTO.

Proceso:

- determinación de situaciones de dimensionado
- establecimiento de las acciones
- análisis estructural
- dimensionado.

Situaciones de dimensionado:

- Persistentes: condiciones normales de uso.
- Transitorias: condiciones aplicables durante un tiempo limitado
- Extraordinarias: condiciones excepcionales en las que se puede encontrar o estar expuesto el edificio.

Periodo de servicio: 50 años.

Método de comprobación: Estados limites.

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

Resistencia y estabilidad: ESTADO LIMITE ÚLTIMO: Situación que de ser superada, existe un riesgo para las personas, ya sea por una puesta fuera de servicio o por colapso parcial o total de la estructura:

- pérdida de equilibrio
- deformación excesiva
- transformación estructura en mecanismo
- rotura de elementos estructurales o sus uniones
- inestabilidad de elementos estructurales.

Aptitud de servicio: Estado limite de servicio: el nivel de confort y bienestar de los usuarios, correcto funcionamiento del edificio, apariencia de la construcción.

3.- ACCIONES

Clasificación:

- Permanentes: Aquellas que actúan en todo instante, con posición constante y valor constante (pesos propios) o con variación despreciable: acciones reológicas.
- Variables: Aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio: uso y acciones climáticas.
- Accidentales: Aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia: sismo, incendio, impacto o explosión.
-

Valores: Los valores de las acciones se recogerán en la justificación del cumplimiento del DB SE-AE.

Datos geométricos de la estructura:

La definición geométrica de la estructura esta indicada en los planos de proyecto

Características de los materiales:

Los valores característicos de las propiedades de los materiales se detallarán en la justificación del DB correspondiente o bien en la justificación del CODIGO ESTRUCTURAL.

Modelo análisis estructural:

Se realiza un cálculo espacial en tres dimensiones por métodos matriciales de rigidez, formando las barras los elementos que definen la estructura: pilares, vigas, brochales y viguetas. Se establece la compatibilidad de deformación en todos los nudos considerando seis grados de libertad y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo. A los efectos de obtención de solicitaciones y desplazamientos, para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático y se supone un comportamiento lineal de los materiales, por tanto, un cálculo en primer orden.

Verificación de la estabilidad:

$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$

$E_{d,dst}$: valor de calculo del efecto de las acciones desestabilizadoras

$E_{d,stb}$: valor de calculo del efecto de las acciones estabilizadoras

Verificación de la resistencia de la estructura:

$E_d \leq R_d$

E_d : valor de calculo del efecto de las acciones

$E_{d,stb}$: valor de calculo de la resistencia correspondiente

Combinación de acciones:

BiRG, S.L. Taller de Arquitectura y Urbanismo Arria Auzunea nº1 Azpeitia 20730 Guipuzcoa Tel.943 81 54 20 email: birg@telefonica.net	MEMORIA
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------

El valor de calculo de las acciones correspondientes a una situación persistente o transitoria y los correspondientes coeficientes de seguridad se han obtenido de la formula 4.3 y de las tablas 4.1 y 4.2 del presente DB.

El valor de cálculo de las acciones correspondientes a una situación extraordinaria se ha obtenido de la expresión 4.4 del presente DB y los valores de cálculo de las acciones se han considerado 0 o 1 si su acción es favorable o desfavorable respectivamente.

Verificación de la aptitud de servicio:

Se considera un comportamiento adecuado en relación con las deformaciones, las vibraciones ó el deterioro si se cumple que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto.

Flechas: la limitación de la flecha activa establecida en general es de 1/500 de la luz.

Desplazamientos horizontales: el desplome total es de 1/500 de la altura total.

4.- ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN ADOPTADAS EN EL PROYECTO (CTEDB-DE-AE)

Acciones Permanentes (G):	Peso Propio de la estructura:	Corresponde generalmente a los elementos de hormigón armado, calculados a partir de su sección bruta y multiplicados por 25 (peso específico del hormigón armado) en pilares, paredes y vigas. En losas macizas será el canto h (cm) x 25 kN/m ³ .
	Cargas Muertas:	Se estiman uniformemente repartidas en la planta. Son elementos tales como el pavimento y la tabiquería (aunque esta última podría considerarse una carga variable, si su posición o presencia varía a lo largo del tiempo).
	Peso propio de tabiques pesados y muros de cerramiento:	Éstos se consideran al margen de la sobrecarga de tabiquería. En el anejo C del DB-SE-AE se incluyen los pesos de algunos materiales y productos. El pretensado se regirá por lo establecido en el CODIGO ESTRUCTURAL. Las acciones del terreno se tratarán de acuerdo con lo establecido en DB-SE-C.
Acciones Variables (Q):	La sobrecarga de uso:	Se adoptarán los valores de la tabla 3.1. Los equipos pesados no están cubiertos por los valores indicados. Las fuerzas sobre las barandillas y elementos divisorios: Se considera una sobrecarga lineal de 2 kN/m en los balcones volados de toda clase de edificios.

	Las acciones climáticas:	<p><u>El viento:</u> Las disposiciones de este documento no son de aplicación en los edificios situados en altitudes superiores a 2.000 m. En general, las estructuras habituales de edificación no son sensibles a los efectos dinámicos del viento y podrán despreciarse estos efectos en edificios cuya esbeltez máxima (relación altura y anchura del edificio) sea menor que 6. En los casos especiales de estructuras sensibles al viento será necesario efectuar un análisis dinámico detallado.</p> <p>La presión dinámica del viento $Q_b = 1/2 \times R \times V_b^2$. A falta de datos más precisos se adopta $R = 1.25 \text{ kg/m}^3$. La velocidad del viento se obtiene del anejo E. Canarias está en zona C, con lo que $v = 29 \text{ m/s}$, correspondiente a un periodo de retorno de 50 años.</p> <p>Los coeficientes de presión exterior e interior se encuentran en el Anejo D.</p> <p><u>La temperatura:</u> En estructuras habituales de hormigón estructural o metálicas formadas por pilares y vigas, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan de juntas de dilatación a una distancia máxima de 40 metros</p> <p><u>La nieve:</u> Este documento no es de aplicación a edificios situados en lugares que se encuentren en altitudes superiores a las indicadas en la tabla 3.11. En cualquier caso, incluso en localidades en las que el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal $S_k = 0$ se adoptará una sobrecarga no menor de 0.20 Kn/m^2</p>
	Las acciones químicas, físicas y biológicas:	<p>Las acciones químicas que pueden causar la corrosión de los elementos de acero se pueden caracterizar mediante la velocidad de corrosión que se refiere a la pérdida de acero por unidad de superficie del elemento afectado y por unidad de tiempo. La velocidad de corrosión depende de parámetros ambientales tales como la disponibilidad del agente agresivo necesario para que se active el proceso de la corrosión, la temperatura, la humedad relativa, el viento o la radiación solar, pero también de las características del acero y del tratamiento de sus superficies, así como de la geometría de la estructura y de sus detalles constructivos.</p> <p>El sistema de protección de las estructuras de acero se regirá por el DB-SE-A. En cuanto a las estructuras de hormigón estructural se regirán por el Art.3.4.2 del DB-SE-AE.</p>
	Acciones accidentales (A):	<p>Los impactos, las explosiones, el sismo, el fuego.</p> <p>Las acciones debidas al sismo están definidas en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02.</p> <p>En este documento básico solamente se recogen los impactos de los vehículos en los edificios, por lo que solo representan las acciones sobre las estructuras portantes. Los valores de cálculo de las fuerzas estáticas equivalentes al impacto de vehículos están reflejados en la tabla 4.1</p>

Conforme a lo establecido en el DB-SE-AE en la tabla 3.1 y al Anexo 1 del "CODIGO ESTRUCTURAL", las acciones gravitatorias, así como las sobrecargas de uso, tabiquería y nieve que se han considerado para el cálculo de la estructura de este edificio son las indicadas:

4.1 PLANTAS:

a) Planta BAJA

Peso propio de la losa	7,75KN/m2
Pavimento	1,00KN/m2
Sobrecarga de uso	4,00KN/m2

4.2. ACCION DEL VIENTO

Presión dinámica base del viento (zona C)	0,52 KN/m2
Altura de coronación del edificio	H<30m.
Grado de aspereza	IV
Coeficiente de exposición	1,8
Coeficiente eólico de presión Cp	0,8
Coeficiente eólico de succión Cs	-0,5

4.3 ACCIONES TERMICAS Y REOLOGICAS

Distancia entre juntas de dilatación	<40m.
Acción térmica	no se considera

4.5.ACCION SÍSMICA

Desde el punto de vista sismológico, la localidad de Zumarraga, presenta según la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 el siguiente valor de aceleración sísmica básica, $a_b < 0,04 g$ (coeficiente de contribución "K" de 1,0) Por lo que no es preceptiva de aplicación dicha norma.

5.-DURABILIDAD

Para el dimensionamiento de las secciones resistentes de hormigón armado se han tenido en cuenta los siguientes recubrimientos nominales, considerando un control de ejecución normal, según la clase de exposición del elemento: Clase IIa (normal; humedad alta): 35mm

6.-RESISTENCIA A FUEGO

Se toma como requisito de partida la resistencia al fuego necesaria en los elementos estructurales de cada uno de los sectores de incendios indicados en proyecto, tomando como base las resistencias al fuego suficientes de los elementos estructurales indicados a continuación:

-Cubierta de hormigón: R30

Los elementos estructurales de hormigón armado se han diseñado de forma que ante el desconchado del hormigón, el fallo por anclaje o por pérdida de capacidad de giro tenga una menor probabilidad de aparición que el fallo por flexión, por esfuerzos cortantes o por cargas axiales.

7.- COMBINACIÓN DE ACCIONES CONSIDERADAS

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:

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: $G + 0.8 \cdot Q_{eq} + AE$

8.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN, CONTENCIÓN Y ESTRUCTURAL ADOPTADOS.

8.1.-CARACTERISTICAS DEL TERRENO.

Se ha considerado una tensión máxima admisible en el terreno de 2 kg/cm²

8.2.- SISTEMA DE CIMENTACIÓN Y DE CONTENCIÓN:

Se prevé una cimentación de zapata corrida bajo muro de contención de 30cms de espesor.

El sistema de cimentación adoptado corresponde a lo señalado en el plano, es decir cimentación mediante zapata corrida.

Los muros serán de 3 m. de alto, calculados a flexocompresión, ejecutados con encofrados a una y dos caras, con el correspondiente drenaje.

Se ha considerado una tensión máxima admisible en el terreno de 2 kg/cm²

8.3- SISTEMA ESTRUCTURAL

La estructura se resuelve mediante muros de sótano para apoyo de losa armada de 30 cms de espesor para acceso peatonal y rodado.

El hormigón será HA-25/F/XC2-3 de 300 kg/m³. de cemento y armadura B-500-S de acuerdo con CODIGO ESTRUCTURAL " Estructuras de hormigón" .

9.- METODO DE CÁLCULO

9.1. ELEMENTOS DE 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 correspondiente de acuerdo a los coeficientes de seguridad y las hipótesis básicas definidas en la norma.

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: $G + 0.8 \cdot Q_{eq} + AE$

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 dimensionamiento de los soportes se comprueban para todas las combinaciones definidas.

9.1. ELEMENTOS DE ACERO LAMINADO

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 correspondiente de acuerdo a los coeficientes de seguridad y las hipótesis básicas definidas en la norma.

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

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

Situaciones sísmicas: $G + 0.8 \cdot Q_{eq} + AE$

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 dimensionamiento de los soportes se comprueban para todas las combinaciones definidas.

COMPROBACIÓN DE SECCIONES DE ACERO

En el programa es posible definir si se desea utilizar el CTE DB SE-A ("Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Acero") o CODIGO ESTRUCTURAL "Estructuras de acero"). En el Listado e Informe de Datos de Cálculo se indica la normativa seleccionada.

Criterios de comprobación

Se han seguido los criterios indicados en CTE DB SE-A o CODIGO ESTRUCTURAL "Estructuras de acero" para realizar la comprobación de la estructura, en base al método de los estados límites.

Tipos de secciones

Se definen las siguientes clases de secciones:

Clase	Tipo	Descripción
1	Plástica	Permiten la formación de la rótula plástica con la capacidad de rotación suficiente para la redistribución de momentos.
2	Compacta	Permiten el desarrollo del momento plástico con una capacidad de rotación limitada.
3	Semicompacta	En la fibra más comprimida se puede alcanzar el límite

	o Elástica	elástico del acero pero la abolladura impide el desarrollo del momento plástico
4	Esbelta	Los elementos total o parcialmente comprimidos de las secciones esbeltas se abollan antes de alcanzar el límite elástico en la fibra más comprimida.

Tenga en cuenta que una misma barra, puede ser de diferente clase en cada sección (en cada punto) y para cada combinación de solicitaciones.

En función de la clase de las secciones, el tipo de cálculo es:

Clase de Sección	Método para la determinación de las solicitaciones	Método para la determinación de la resistencia de las secciones
1 Plástica	Elástico	Plástico
2 Compacta	Elástico	Plástico
3 Semicompacta	Elástico	Elástico
4 Esbelta	Elástico	Elástico con resistencia reducida

La asignación de la clase de sección en cada caso, se realiza de acuerdo con lo indicado en el CTE DB SE-A o la CODIGO ESTRUCTURAL "Estructuras de acero". En el caso de secciones de clase 4, el cálculo de sus parámetros resistentes reducidos (sección eficaz) se realiza asimilando la sección a un conjunto de rectángulos eficaces, de acuerdo con lo establecido en el CTE DB SE-A y CODIGO ESTRUCTURAL "Estructuras de acero".

Estado limite último de equilibrio

Se comprueba que en todos los nudos deben igualarse las cargas aplicadas con los esfuerzos de las barras. No se realiza la comprobación general de vuelco de la estructura.

Estabilidad lateral global y pandeo

El programa puede realizar un cálculo en 1º orden o en 2º orden. Las imperfecciones iniciales pueden ser tenidas en cuenta de forma automática, aunque también el usuario puede introducir las acciones equivalentes en las barras que sean necesarias.

La consideración de los efectos del pandeo se realiza de la siguiente forma:

- Si la estructura es intraslacional (distorsión de pilares $r \leq 0,1$), basta realizar un análisis elástico y lineal en primer orden y de segundo orden, y considerar el pandeo de los pilares como intraslacionales.
- Si la estructura es traslacional (distorsión de pilares $r > 0,1$), puede realizarse un análisis elástico y lineal considerando el pandeo como estructura traslacional, o bien:
 - Realizar un análisis elástico y lineal de 1º orden considerando el pandeo como estructura intraslacional pero habiendo multiplicado todas las acciones horizontales sobre el edificio por el coeficiente de amplificación $1 / (1 - r)$.
 - Realizar un análisis elástico y lineal de 2º orden considerando el pandeo como estructura intraslacional sin coeficiente de amplificación.

Se define para cada tipo de barra (vigas, pilares o diagonales) o cada barra individual y en cada uno de sus ejes principales independientemente, si se desea realizar la comprobación de pandeo, se desea considerar la estructura traslacional, intraslacional o se desea fijar manualmente su factor de longitud de pandeo λ (factor que al multiplicarlo por la longitud de la barra se obtiene la longitud de pandeo), tal como se recoge en el LISTADO DE OPCIONES.

Si se deshabilita la comprobación de pandeo en un determinado plano de pandeo de una barra, no se realiza la comprobación especificada anteriormente en dicho plano. El factor reductor de pandeo de una barra, χ , será el menor de los factores de pandeo correspondientes a los dos planos principales de la barra.

Si se fija el factor de longitud de pandeo ' λ ' de una barra, se considerará que para esa barra la estructura es traslacional cuando λ sea mayor o igual que 1,0, e intraslacional en caso contrario.

La formulación para el cálculo de los coeficientes de pandeo es la recogida en CTE DB SE-A, y es la siguiente:

El cálculo del factor de pandeo β en cada uno de los planos principales de las barras, en función de los factores de empotramiento η_1 (en la base del pilar) y η_2 (en su cabeza) es (cuando no es fijado por el usuario).

- Estructuras traslacionales:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,60 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}}$$

- Estructuras intraslacionales:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \frac{1 + 0,145 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,265 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{2 - 0,364 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,247 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}$$

donde ' β ' es el factor de pandeo, L_k la longitud de pandeo y L la longitud del pilar, o distancia entre sus dos nudos extremos.

Para secciones constantes y axil constante, la esbeltez reducida es

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k} \right)^2 \cdot E \cdot I$$

El factor reductor de pandeo de una barra, χ , se calcula de acuerdo con CTE DB SE-A o CODIGO ESTRUCTURAL "Estructuras de acero".

Estado limite último de rotura

La comprobación a rotura de las barras, sometidas a la acción de las cargas mayoradas, se desarrolla de la siguiente forma:

Descomposición de la barra en secciones y cálculo en cada uno de ellas de los valores de momentos flectores, cortantes, axil de compresión y axil de tracción.

- Cálculo de la tensión combinada en las siguientes secciones:

Sección de máxima compresión

Sección de máxima tracción

Sección de máximo momento flector según el eje Y_p

Sección de máximo momento flector según el eje Z_p

Sección de mayor tensión tangencial combinada

Sección de mayor tensión combinada, que puede coincidir con alguna de las anteriores, aunque no necesariamente.

- Obtención de las seis combinaciones de solicitaciones más desfavorables para otras tantas secciones de la barra.

Resistencia de las secciones

La capacidad resistente de las secciones depende de su clase. Para secciones de clase 1 y 2 la distribución de tensiones se escogerá atendiendo a criterios plásticos (en flexión se alcanza el límite elástico en todas las fibras de la sección). Para las secciones de clase 3 la distribución seguirá un criterio elástico (en flexión se alcanza el límite elástico sólo en las fibras extremas de la sección) y para secciones de clase 4 este mismo criterio se establecerá sobre la sección eficaz.

En todos los casos, se considera $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$, salvo que se indique lo contrario.

- Resistencia de las secciones a tracción. Se cumplirá:

$$N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd}$$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

- Resistencia de las secciones a corte. En ausencia de torsión, se considera la resistencia plástica:

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

siendo A_v el área resistente a cortante, que el programa toma de la base de datos de perfiles.

- Resistencia de las secciones a compresión sin pandeo. Se cumplirá

$$N_{c,Ed} \leq N_{c,Rd}$$

La resistencia de la sección, será, para secciones clase 1, 2 o 3:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

Para secciones clase 4:

$$N_{c,Rd} = N_{u,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

- Resistencia de las secciones a flexión. Se cumplirá

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

La resistencia plástica de la sección bruta, para secciones de clase 1 o 2, será

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd}$$

La resistencia elástica de la sección bruta, para secciones de clase 3, será

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el} \cdot f_{yd}$$

La resistencia elástica de la sección eficaz, para secciones de clase 4 será

$$M_{c,Rd} = M_{0,Rd} = W_{ef} \cdot f_{yd}$$

- Resistencia de las secciones a torsión

Deberán considerarse las tensiones tangenciales debidas al torsor uniforme, $\tau_{t,Ed}$, así como las tensiones normales $\sigma_{w,Ed}$ y tangenciales $\tau_{w,Ed}$ debidas al bimomento y al esfuerzo torsor de torsión de alabeo.

En ausencia de cortante, se considera:

$$T_{Ed} \leq T_{c,Rd}$$

$$T_{c,Rd} = W_T \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

siendo W_T el módulo resistente a torsión, que el programa toma de la base de datos de perfiles.

Interacción de esfuerzos en secciones

Normalmente, en una misma sección y combinación de acciones, se dan varias solicitaciones simultáneamente. El CTE considera los siguientes casos:

- **Flexión compuesta sin cortante ni pandeo.** Puede usarse, conservadoramente:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 1 y 2})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 3})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{0,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 4})$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

- **Flexión y cortante.** Si $V_{Ed} > 0,5 \cdot V_{c,Rd}$, se comprobará que:

$$M_{Ed} \leq M_{V,Rd}$$

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_{yd} \not\geq M_{0,Rd} \text{ para secciones I o H con flexión y cortante en el plano del}$$

alma

$$M_{V,Rd} = W_{pl} \cdot (1 - \rho) \cdot f_{yd} \not\geq M_{0,Rd} \text{ para el resto de casos}$$

$$\rho = \left(2 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

■ **Flexión, axil y cortante sin pandeo.** Si $V_{Ed} < 0,5 \cdot V_{c,Rd}$ basta considerar el caso 'Flexión compuesta sin cortante ni pandeo'. En caso contrario, se utilizará también dicho caso, pero el área de cortante se multiplicará por $(1 - \rho)$, tomando ρ del caso anterior.

■ **Cortante y torsión.** En la resistencia a cortante se empleará la resistencia plástica a cortante reducida por la existencia de tensiones tangenciales de torsión uniforme:

$$V_{c,Rd} \leq V_{pl,T,Rd}$$

En secciones huecas cerradas:

$$V_{pl,T,Rd} = \left(1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{f_{yd} / \sqrt{3}} \right) \cdot V_{pl,Rd}$$

Resistencia de las barras

■ **Compresión y pandeo.** Se cumplirá que

$$N_{c,Rd} \leq N_{pl,Rd}$$

$$N_{c,Rd} \leq N_{b,Rd}$$

La resistencia a pandeo por flexión en compresión centrada puede calcularse con:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

■ **Compresión y flexión con pandeo**

Las expresiones aquí reproducidas corresponden al criterio de ejes del CTE DB SE-A, cuya correspondencia con los ejes principales de **Tricalc** es:

Eje	DB	Tricalc
Longitudinal de la barra	X	Xp
Paralelo a las alas	Y	Zp
Paralelo al alma	Z	Yp

En el caso del CTE, para toda pieza se comprobará:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Además, si no hay pandeo por torsión (secciones cerradas):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A^* \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Además, si hay pandeo por torsión (secciones abiertas):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_{yLT} \cdot \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Ver el apartado 6.3.4.2 de CTE DB SE-A para más información.

En el caso de la EAE se comprobará:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \gamma_{M1} \leq 1$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \gamma_{M1} \leq 1$$

Ver el apartado 35.3 de la EAE para más información.

Estado limite de servicio de deformación

De acuerdo con el CTE DB SE y CODIGO ESTRUCTURAL "Estructuras de acero", se comprueba la máxima deformación vertical (flecha) de vigas y diagonales referente a:

- Flecha producida por las sobrecargas con las combinaciones características.
- Flecha producida por toda la carga con las combinaciones casi permanentes.

Estado limite último de abolladura del alma

Se realiza la comprobación de abolladura del alma por cortante de acuerdo con el artículo 6.3.3.3 de la norma CTE DB SE-A o el anejo 25 del CODIGO ESTRUCTURAL "Estructuras de acero", considerando la pieza de alma llena. El programa indica, caso de ser necesario, la distancia y espesor de los rigidizadores transversales a disponer para así cumplir esta comprobación.

Estado limite último de pandeo lateral de vigas

Esta comprobación es opcional en *Tricalc* y sólo se realiza en vigas y diagonales.

Se comprobará que $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$. En el caso de barras traccionadas y flectadas, el momento M_{Ed} podrá sustituirse por $M_{ef,Ed}$ para esta comprobación de acuerdo con la expresión:

$$M_{ef,Ed} = W \cdot [M_{Ed}/W - N_{t,Ed}/A]$$

El momento resistente de pandeo lateral será:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_z \cdot f_y / \gamma_{M1}$$

siendo W_z el módulo resistente de la sección, según su clase y χ_{LT} el factor reductor por pandeo lateral. El programa calcula e indica el coeficiente de seguridad a pandeo lateral ($M_{Ed} / M_{b,Rd}$).

9.3. CALCULOS POR ORDENADOR

Para la obtención de las solicitaciones y dimensionado de los elementos estructurales, se ha dispuesto de programas informáticos de ordenador (TRICALC).

TRICALC 8.0.20.

Arktec S.A.

Plaza Pablo Ruiz Picasso- planta 19 28020 Madrid.

10.-CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR

10.1.ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO:

Componentes:

ACERO Art. 34 CODIGO ESTRUCTURAL

BARRAS:

- Tipo B 500-S
- Límite elástico 434,78 N/mm²
- Nivel de control (art. 88 EHE) Normal
- Coeficiente de minoración Y_s 1,15

MALLAS:

- Tipo B 500-S
- Límite elástico 434,78 N/mm²
- Nivel de control (art. 71 EHE) en fábrica
- Coeficiente de minoración Y_s 1,15

HORMIGÓN: Art. 33 CODIGO ESTRUCTURAL

- Resistencia de Proyecto f_{ck} 30 N/mm²
- Diagrama Tensión-Deformación parábola-rectángulo
- Módulo de deformación longitudinal $E=29240$ N/mm²
- Coeficiente de retracción 0,25 mm.xml
- Nivel de control Estadístico
- Coeficiente de minoración Y_c 1,50

BiRG, S.L. Taller de Arquitectura y Urbanismo Arria Auzunea nº1 Azpeitia 20730 Guipuzcoa Tel.943 81 54 20 email: birg@telefonica.net	MEMORIA
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------

		Toda la obra	Comprimidos	Flectados	Traccionados	Placas de anclaje
Sistema y designación	Soldaduras	Electrodo básico B-50	Electrodo básico B-50	Electrodo básico B-50	Electrodo básico B-50	Electrodo básico B-50
	Tornillos Ordinarios	A-4t en atado y sujeción de correas				
	Tornillos calibrados	No existen				
	Tornillos de alta resistencia	A-10t en unión de pilares y dinteles				
	Roblones	No existen				
	Pernos o tornillos de anclajes	B-500-S				

CUADRO DE CARACTERISTICAS DEL HORMIGON (SEGUN INSTRUCCION EHE)

HORMIGON

Localización	Tipificación	Resistencia de cálculo	Mínimo contenido cemento	Máxima relación A/C	Valor nominal recubrimientos	Nivel de control	Coficiente Yc
Zapatas	HA-25/F/20/XC2	16,6 N/mm2	300 kg/m3	0,60	40+10 mm	Estadístico	1,50
Muros cimentación	HA-25/F/20/XC3	16,6 N/mm2	300 kg/m3	0,60	30+10 mm	Estadístico	1,50
Vigas cimentación	HA-25/F/20/XC3	16,6 N/mm2	300 kg/m3	0,60	30+10 mm	Estadístico	1,50
Pilares	HA-25/F/20/XC3	15,0 N/mm2	300 kg/m3	0,60	25+10 mm	Estadístico	1,50
Resto de elementos	HA-25/F/20/XC3	16,6 N/mm2	300 kg/m3	0,60	25+10 mm	Estadístico	1,50

ACERO

Localización	Designación	Resistencia de cálculo	Producto certificado	Nivel de control	Coficiente Ys
Todos los elementos	B 500S	348 N/mm2	Marca N/AENOR	Normal	1,15

EJECUCION

Tipo de acción	Nivel de control	Coficientes
Permanenes Yg	Normal	1,35
Permanentes de valor no constante Yg*	Normal	1,50
Variables Yq	Normal	1,50

BiRG, S.L. Taller de Arquitectura y Urbanismo Arria Auzunea nº1 Azpeitia 20730 Guipuzcoa Tel.943 81 54 20 email: birg@telefonica.net	MEMORIA
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------

CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES DEL HORMIGON (SEGUN CODIGO ESTRUCTURAL)

CARACTERISTICAS DEL HORMIGON			ESPECIFICACIONES SEGUN CODIGO ESTRUCTURAL				
			GENERAL	ELEMENTOS QUE VARIAN			
C O M P O N E N T E S	Cemento: Tipo, Clase y Características Art. 28 del CODIGO ESTRUCTURAL		CEM II-a 42,5R				
	Agua: Cumplirá lo especificado en el Art. 29 CODIGO ESTRUCTURAL		180				
	ARIDO Art. 30 CODIGO ESTRUCTURAL	Clase/Naturaleza	machaqueo				
		Tamaño máximo (mm)	25				
	Otros Componentes: Aditivos/Adiciones. Art. 31 CODIGO ESTRUCTURAL						
	ARMADURAS Art. 34 CODIGO ESTRUCTURAL	Tipo de Acero	B500S				
Límite elástico N/mm2		443					
H O R M I G O N	DOSIFICACION	Designación del AMBIENTE Según Art. 27.1.a	AMBIENTE INTERIOR				
		Contenido mínimo de Cemento (kg/m3)	300				
		Relación máxima: Agua/Cemento	0,60				
	Dosificación tipo Orientativa	Agua (L) Cemento (kg) Grava (Kg) Arena (Kg)	Agua: 180 Cemento: 300 Grava: 1290 Arena: 645				
	Consistencia		FLUIDA				
	Asiento Cono de Abrams: cm		10-15				
	Compactación		VIBRADO				
	RESISTENCIA CARACTERISTICA (n/mm2)	A 7 Días	18				
		A 28 Días	25				
	Otras resisterncias especificadas. Observaciones						
	PUESTA EN OBRA		Recubrimiento mínimo de armaduras	35			
	CONTROLES						
R E S I S T E N C I A	ENSAYOS DE CONTROL	Nivel	Según proyecto				
		Lotes de subdivisión de la obra Frecuencia de ensayos	según cuadro Art. 57				
		Nº de amasadas a controlar por lote	2				
		Nº de probetas por amasada	4				
		Tipo de probetas	cilíndrica				
		Edad de rotura	7 y 28 días				
	Otros ensayos de control según CODIGO ESTRUCTURAL		Cono Abrams				
CONTROL DE ACERO		NIVEL	Normal				

Azpeitia marzo 2023.
El Arquitecto Fdo. Xabier Rezabal Gurruchaga.

