



**CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.- ESTRUCTURAS Y
CIMENTACIONES**

JUAN PÉREZ VALCÁRCEL

Catedrático de Estructuras

E.T.S.A. de La Coruña

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel

EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Seguridad estructural

Acciones

Estructuras metálicas

Estructuras de fábrica

Estructuras de madera

Cimentaciones

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Parte I Exigencias básicas que deben cumplir los edificios

Capítulo 1. Disposiciones generales

Artículo 1. Objeto

Artículo 2. Ámbito de aplicación

Artículo 3. Contenido del CTE

Artículo 4. Documentos Reconocidos del CTE

Capítulo 2. Condiciones técnicas y administrativas

Artículo 5. Condiciones generales para el cumplimiento del CTE

Artículo 6. Condiciones del proyecto

Artículo 7. Condiciones en la ejecución de las obras

Artículo 8. Condiciones del edificio

Capítulo 3. Exigencias básicas

Artículo 9. Generalidades

Artículo 10. Exigencias básicas de seguridad estructural (SE)

Artículo 11. Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI)

Artículo 12. Exigencias básicas de seguridad de utilización (SU)

Artículo 13. Exigencias básicas de salubridad (HS)

Artículo 14. Exigencias básicas de protección frente el ruido (HR)

Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

ANEJO I. Contenido del proyecto

ANEJO II. Documentación del seguimiento de la obra

ANEJO III. Terminología



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE

Seguridad estructural.



Parte II Documentos Básicos para el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE

Documento Básico SE Seguridad estructural.

1 Generalidades

2 Documentación

3 Análisis estructural y del dimensionado

4 Verificaciones basadas en coeficientes parciales

5 Verificaciones basadas en métodos experimentales

Anejo A Terminología

Anejo B Notaciones

Anejo C Principios de los métodos probabilistas explícito e implícito

Anejo D Evaluación estructural de edificios existentes

Documento Básico SE Seguridad estructural.

Exigencias básicas de seguridad estructural (SE) (Artículo 10, parte I)

- 1. El objetivo del requisito básico "Seguridad estructural" consiste en asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.**
- 2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, fabricarán, construirán y mantendrán de forma que cumplan, con una fiabilidad adecuada, las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.**
- 3. Los Documentos Básicos "DB-SE Seguridad Estructural", "DB-SE-AE Acciones en la Edificación", "DB-SE-C Cimientos", "DB-SE- A Acero", "DB-SE- F Fábrica" y "DB-SE- M Madera", especifican parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad estructural.**

Documento Básico SE Seguridad estructural.

Exigencias básicas de seguridad estructural (SE) (Artículo 10, parte I)

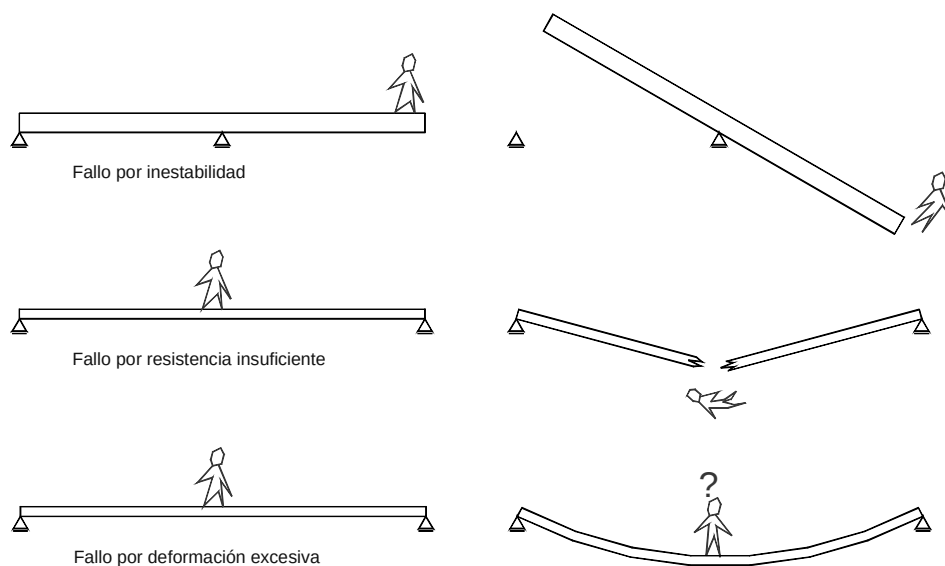
10.1. Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad

La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

10.2. Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio

La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

Documento Básico SE Seguridad estructural.



Condiciones básicas:

- | | |
|--------------|---|
| C Estable | No puede volcar o desplazarse por falta de equilibrio. |
| C Resistente | No puede romperse bajo la acción de cargas exteriores. |
| C Utilizable | No puede deformarse, fisurarse o vibrar excesivamente, de forma tal que resulte inutilizable. |

Documento Básico SE Seguridad estructural.**Validez del DB-SE (Artículo 1.2, importante)**

- 1 El DB-SE constituye la base para los Documentos Básicos siguientes y se utilizará conjuntamente con ellos:
 - DB-SE-AE Acciones en la edificación
 - DB-SE-C Cimentaciones
 - DB-SE-A Estructuras de acero
 - DB-SE-F Estructuras de fábrica
 - DB-SE-M Estructuras de madera
 - DB-SI Seguridad en caso de incendio
- 2 Deberán tenerse en cuenta, además, las especificaciones de la normativa siguiente:
 - NCSE Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación
 - EHE Instrucción de hormigón estructural
 - EFHE Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados

Es decir que las normas NCSE, EHE, EFHE mantienen su validez.

- Con las acciones de DB-SE-AE (pueden aplicarse desde ahora)
- Con las especificaciones de DB-SE-C para cimentaciones.

Documento Básico SE Seguridad estructural.**Clasificación de las acciones**

- 1 Las acciones a considerar en el cálculo se clasifican por su variación en el tiempo en:
 - a) acciones permanentes (G): Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante.
 - Constantes (peso propio de los elementos constructivos o las acciones y empujes del terreno)
 - No constantes (acciones reológicas o el pretensado)
 - b) acciones variables (Q): Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas.
 - c) acciones accidentales (A): Son aquellas cuya posibilidad de actuación es pequeña pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión.

Las deformaciones impuestas (asientos, retracción, etc.) se considerarán como acciones permanentes o variables, atendiendo a su variabilidad.

- 2 Las acciones también se clasifican por:
 - a) su naturaleza: en directas o indirectas;
 - b) su variación espacial: en fijas o libres;
 - c) la respuesta estructural: en estáticas o dinámicas.
- 3 La magnitud de la acción se describe por diversos valores representativos, dependiendo de las demás acciones que se deban considerar simultáneas con ella, tales como valor característico, de combinación, frecuente y casi permanente.

**Documento Básico SE Seguridad estructural.****Valor característico de las acciones (Planteamiento probabilista)**

- 1 El valor característico de una acción, F_k , se define, según el caso, por su valor medio, por un fráctil superior o inferior, o por un valor nominal.
- 2 Acciones permanentes, G_k
Normalmente, su valor medio.
Acción permanente (con un coeficiente de variación superior entre 0,05 y 0,1): dos valores característicos:

Valor característico superior	fráctil del 95%
Valor característico inferior	fráctil 5%
- 3 Acción permanente debida al pretensado, P
Se podrá definir, en cada instante t , un valor característico superior, $P_{k,sup}(t)$, y un valor característico inferior, $P_{k,inf}(t)$. En algunos casos, el pretensado también se podrá representar por su valor medio, $P_m(t)$.
- 4 Acciones variables, Q_k alguno de los siguientes valores:
 - a) un valor superior o inferior con una determinada probabilidad de no ser superado en un periodo de referencia específico;
 - b) un valor nominal, en los casos en los que se desconozca la correspondiente distribución estadística.
- 5 En el caso de las acciones climáticas, los valores característicos están basados en una probabilidad anual de ser superado de 0,02, lo que corresponde a un periodo de retorno de 50 años.
- 6 Las acciones accidentales se representan por un valor nominal. Este valor nominal se asimila, normalmente, al valor de cálculo.

**Documento Básico SE Seguridad estructural.****Otros valores representativos de las acciones**

- 1 El valor de combinación de una acción variable representa su intensidad en caso de que, en un determinado periodo de referencia, actúe simultáneamente con otra acción variable, estadísticamente independiente, cuya intensidad sea extrema. En este DB se representa como el valor característico multiplicado por un coeficiente ψ_0
- 2 El valor frecuente de una acción variable se determina de manera que sea superado durante el 1% del tiempo de referencia. En este DB se representa como el valor característico multiplicado por un coeficiente ψ_1
- 3 El valor casi-permanente de una acción variable se determina de manera que sea superado durante el 50% del tiempo de referencia. En este DB se representa como el valor característico multiplicado por un coeficiente ψ_2

Acciones dinámicas

- 1 Las acciones dinámicas producidas por el viento, un choque o un sismo, se representan a través de fuerzas estáticas equivalentes. Según el caso, los efectos de la aceleración dinámica estarán incluidos implícitamente en los valores característicos de la acción correspondiente, o se introducirán mediante un coeficiente dinámico.

**Documento Básico SE Seguridad estructural.****Materiales**

- 1 Las propiedades de la resistencia de los materiales se representan por sus valores característicos.
- 2 En el caso de que la verificación de algún estado límite resulte sensible a la variabilidad de alguna de las propiedades de un material, se considerarán dos valores característicos, superior e inferior, de esa propiedad, definidos por el fractil 95% o el 5% según que el efecto sea globalmente desfavorable o favorable.
- 3 Los valores de las propiedades de los materiales o de los productos podrán determinarse experimentalmente a través de ensayos. Cuando sea necesario, se aplicará un factor de conversión con el fin de extrapolar los valores experimentales en valores que representen el comportamiento del material o del producto en la estructura o en el terreno.
- 4 Las propiedades relativas a la rigidez estructural, se representan por su valor medio. No obstante, dependiendo de la sensibilidad del comportamiento estructural frente a la variabilidad de estas características, será necesario emplear valores superiores o inferiores al valor medio (por ejemplo en el análisis de problemas de inestabilidad). En cualquier caso, se tendrá en cuenta la dependencia de estas propiedades respecto de la duración de la aplicación de las acciones.
- 5 A falta de prescripciones en otro sentido, las características relativas a la dilatación térmica se representan por su valor medio.

**Documento Básico SE Seguridad estructural.****Modelos para el análisis estructural**

- 1 El análisis estructural se basará en modelos adecuados del edificio que proporcionen una previsión suficientemente precisa de dicho comportamiento, y que permitan tener en cuenta todas las variables significativas y que reflejen adecuadamente los estados límite a considerar.
- 2 Se podrán establecer varios modelos estructurales, bien complementarios, para representar las diversas partes del edificio, o alternativos, para representar más acertadamente distintos comportamientos o efectos.
- 3 Se usarán modelos específicos en las zonas singulares de una estructura en las que no sean aplicables las hipótesis clásicas de la teoría de la resistencia de materiales.
- 4 Las condiciones de borde o sustentación aplicadas a los modelos deberán estar en concordancia con las proyectadas.
- 5 Se tendrán en cuenta los efectos de los desplazamientos y de las deformaciones en caso de que puedan producir un incremento significativo de los efectos de las acciones.
- 6 El modelo para la determinación de los efectos de las acciones dinámicas tendrá en cuenta todos los elementos significativos con sus propiedades (masa, rigidez, amortiguamiento, resistencia, etc.).
- 7 El modelo tendrá en cuenta la cimentación y la contribución del terreno en el caso de que la interacción entre terreno y estructura sea significativa.
- 8 El análisis estructural se puede llevar a cabo mediante modelos teóricos o mediante modelos teóricos complementados con ensayos.



Documento Básico SE Seguridad estructural.

Verificaciones.- Estados límites últimos.

Condición de estabilidad. $E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$

siendo $E_{d,dst}$ valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras
 $E_{d,stb}$ valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

Condición de resistencia $E_d \leq R_d$

siendo E_d valor de cálculo del efecto de las acciones
 R_d valor de cálculo de la resistencia correspondiente



Documento Básico SE Seguridad estructural.

Combinación de acciones.- Estados límites últimos.

Valor de cálculo de los efectos de las acciones de una situación persistente o transitoria

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$).

Valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación extraordinaria

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma \cdot G_k$);
- una acción accidental cualquiera, en valor de cálculo (A_d), debiendo analizarse sucesivamente con cada una de ellas.
- una acción variable, en valor de cálculo frecuente ($\gamma \cdot \psi_1 \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal, una tras otra sucesivamente en distintos análisis con cada acción accidental considerada.
- El resto de las acciones variables, en valor de cálculo casi-permanente ($\gamma \cdot \psi_2 \cdot Q_k$).



Documento Básico SE Seguridad estructural.

Combinación de acciones.- Estados límites últimos. Acción sísmica.

En los casos en los que la acción accidental sea la acción sísmica, todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi-permanente, según la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$



Documento Básico SE Seguridad estructural.

Coeficientes de seguridad

•Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones			
Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	Favorable
Resistencia	Permanente	1,35	0,80
	Peso propio, peso del terreno		
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		Desestabilizadora	Estabilizadora
	Permanente	1,10	0,90
	Peso propio, peso del terreno		
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C



Documento Básico SE Seguridad estructural.

Coeficientes de simultaneidad

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)			
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
Cubiertas transitables (Categoría G)	(1)		
Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7
(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.			

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE Seguridad estructural.

Combinación de acciones.- Estados límites de servicio.

Valor de cálculo de los efectos de acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Valor de cálculo de los efectos de acciones de corta duración que pueden resultar reversibles

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Valor de cálculo de los efectos de acciones de larga duración

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

En las que los significados de los símbolos son iguales a los E.L.U.

Documento Básico SE Seguridad estructural.

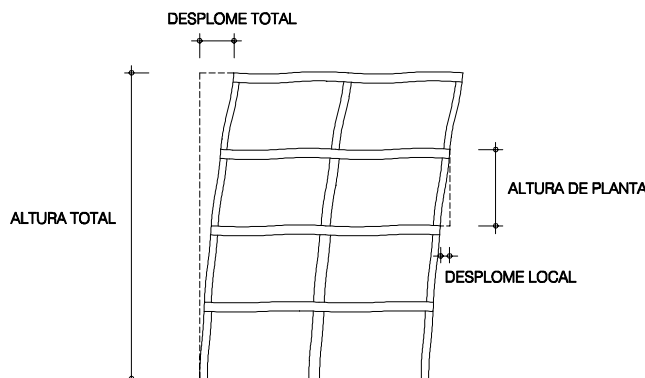
Deformaciones.- Flechas

- 1 La flecha relativa , considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, será menor que:
 - a) $1/500$ en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
 - b) $1/400$ en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
 - c) $1/300$ en el resto de los casos.
(Por integridad de los elementos constructivos)
- 2 La flecha relativa , considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento (sólo acciones de corta duración), será menor que $1/350$
(Por confort de los usuarios)
- 3 La flecha relativa, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, será menor que $1/300$.
(Por apariencia de la obra)
- 4 Las condiciones anteriores deben verificarse entre dos puntos cualesquiera de la planta, tomando como luz el doble de la distancia entre ellos. En general, será suficiente realizar dicha comprobación en dos direcciones ortogonales.
- 5 En los casos en los que los elementos dañables (por ejemplo tabiques, pavimentos) reaccionan de manera sensible frente a las deformaciones (flechas o desplazamientos horizontales) de la estructura portante, además de la limitación de las deformaciones se adoptarán medidas constructivas apropiadas para evitar daños. Estas medidas resultan particularmente indicadas si dichos elementos tienen un comportamiento frágil.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel

Deformaciones.- Desplazamientos horizontales

- 1 Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome es menor de:
 - a) desplome total: $1/500$ de la altura total del edificio;
 - b) desplome local: $1/250$ de la altura de la planta, en cualquiera de ellas.
- 2 Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo es menor que $1/250$.
- 3 En general es suficiente que dichas condiciones se satisfagan en dos direcciones sensiblemente ortogonales en planta



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE Seguridad estructural. Comentarios

- El contenido prescriptivo del DB-SE son los coeficientes de seguridad y de simultaneidad, los límites de flecha y de desplome.

En general	1,35	Cargas permanentes
	1,50	Cargas variables

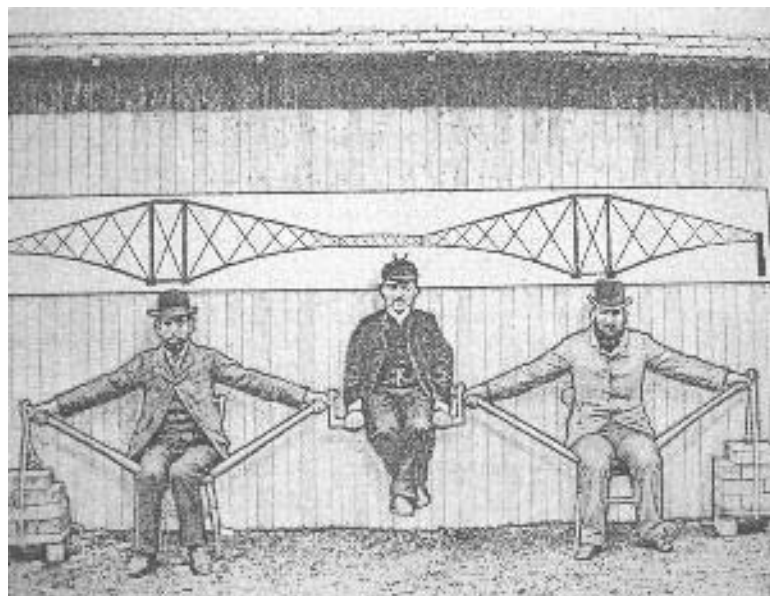
Afecta muy poco al acero
 No afecta al hormigón (Sigue la EHE. Posible conflicto)
- Coeficientes de simultaneidad hasta un 70%
 Cálculos diferentes de los actuales y más complejos.
 Pueden ser ventajosos en diferentes casos.
- Límites de flecha entre 1/300 y 1/500
 Cambia considerablemente la forma de calcularlo.
 Conflicto con la EHE.
- Criterio límite de vibraciones. No parece afectar a viviendas.
- No trata de asientos DB-SE-C (muy detallado)
- Fatiga: No afecta a edificios, salvo a los aparatos de elevación.
- Criterios para peritar edificios construidos
 Muy decepcionante.
 Sólo vale para edificios construidos según las reglas del CTE.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación.



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación.

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

2 Acciones permanentes

2.1 Peso propio

2.2 Pretensado

2.3 Acciones del terreno

3 Acciones variables

3.1 Sobrecarga de uso

3.2 Acciones sobre barandillas y elementos divisorios

3.2 Viento

3.3 Acciones térmicas

3.4 Nieve

4 Acciones accidentales

4.1 Sismo

4.2 Incendio

4.3 Impacto

Anejo A. Terminología

Anejo B. Notaciones y unidades

Anejo C. Prontuario de pesos y coeficientes de rozamiento interno

Anejo D. Acción del viento

Anejo E. Datos climáticos



EL NUEVO CÓDIGO TÉCNICO

ACCIONES

C	AE-88 + NTE	220 g
C	Eurocódigo	1880 g
C	Código Técnico	??

EL SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDAS S.I.

Para daltónicos estructurales (confunden masa y peso)

Correspondencias		
1 kp. = 9,81 N.		1 N. = 0,102 kp.
1 kp/cm ² . = 0,098 N/mm ² .		1 N/mm ² . = 100 N/cm ² . = 10,194 kp/cm ² .
Unidades recomendadas		Correspondencias
Fuerzas	kN.	0,102 t.
Fuerzas por unidad de longitud	kN/m.	0,102 t/m.
Fuerzas por unidad de superficie	kN/m ² .	0,102 t/m ² .
Fuerzas por unidad de volumen	kN/m ³ .	0,102 t/m ³ .
Momentos	kN.m.	0,102 t.m.
Resistencias y tensiones	N/mm ² . = Mpa.	10,194 kp/cm ² .



Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Comentarios

- Incluye las actuales (peso propio, sobrecarga de uso, nieve, viento, acción térmica)
- Incluye prescripciones adicionales (empuje lateral en barandillas, en suelos, impacto de vehículos y zonas de paso de vehículos de bomberos).
Paso definitivo al SI
- La sobrecarga de tabiquería es siempre uniforme y ahora es carga permanente
Tabiques ordinarios 1 kN/m². Con condiciones 0,8 kN/m².
Permite considerar efectos de reparto, arcos de descarga, etc.
- Las sobrecargas de uso siguen entre 2 y 5 kN/m²
No se exige la alternancias, salvo en voladizos o locales de gran afluencia.
Cálculo complicado en garajes. Permite valores del orden de 4 kN/m² en viguetas, del orden de 3 kN/m² en vigas y del orden de 2 kN/m² en pilares y zapatas.
- Sobrecargas sobre el terreno para cálculo de empujes: 1 kN/m² para terreno de uso privado y 3 kN/m² para terreno de uso público.
Hasta ahora se venía tomando 10 kN/m²
- Cambios muy notables en la consideración del viento
Varía con la altura y el tipo de entorno
Puede incrementar el efecto del viento hasta un 30%
Aporta datos para el cálculo de elementos locales, pero sin un planteamiento general



Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Acciones gravitatorias

Elemento		Peso
Forjados	Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	kN / m ² 2
	Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
	Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
	Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
	Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5
Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido		kN / m
	Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
	Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
	Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7
Solados (incluyendo material de agarre)		kN / m ²
	Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
	Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
	Placas de piedra, o peldaño; grueso total < 0,15 m	1,5
Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)		kN / m ²
	Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
	Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
	Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
	Cubierta plana, recreado, con impermeabilización vista protegida	1,5
	Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
Rellenos		kN / m ³
	Agua en aljibes o piscinas	10
	Terreno, como en jardineras, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾	20



Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Viento

Presión del viento

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

q_b Presión dinámica del viento. 0,5 kN/m².

c_e Coeficiente de exposición

En edificios urbanos de hasta 8 plantas 2,0.

c_p Coeficiente eólico o de presión

Depende de la forma y orientación de la superficie.

Tabla 3.3 Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Tabla 3.4 Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≤ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	0,6	0,7

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Viento

Coeficiente eólico de naves y construcciones diáfanas

Tabla 3.5 Coeficientes de presión interior

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
≤1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5
≥4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3

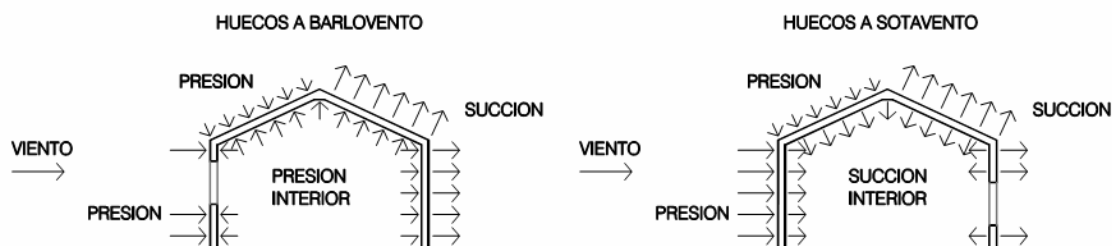


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Comentarios

Zonas eólicas

Datos más precisos: Anejo D

q_b Presión dinámica del viento.

Zona A

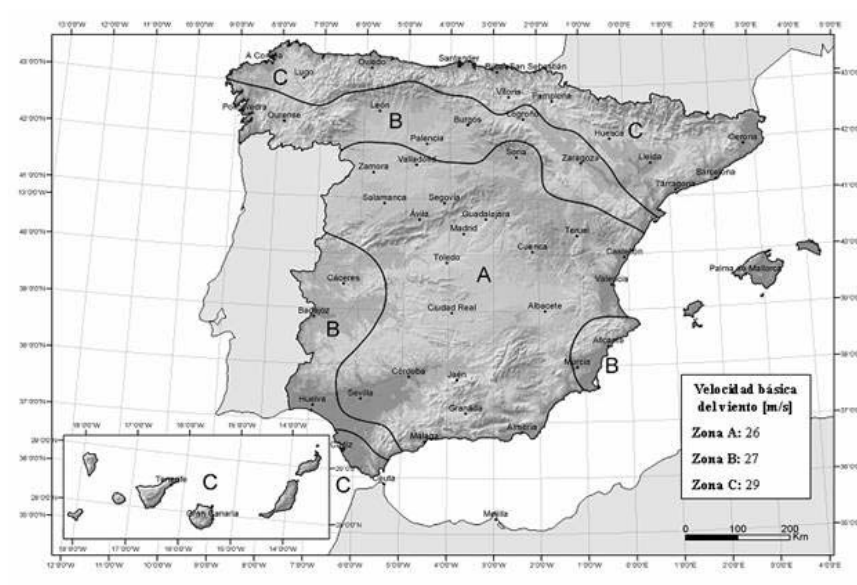
Zona B

Zona C

$q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$.

$q_b = 0,45 \text{ kN/m}^2$.

$q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$.



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Comentarios

- Reducción de sobrecargas: Varía el sistema y los coeficientes (categorías de uso A, B, C y D).
Elementos horizontales (vigas, nervios de forjados, etc.), por superficie.
Elementos verticales (pilar, muro) por plantas y simultáneamente con superficie si tiene el mismo uso.

Tabla 3.2 Coeficiente de reducción de sobrecargas

Elementos verticales			Elementos horizontales			
Número de plantas del mismo uso			Superficie tributaria (m^2)			
1 o 2	3 o 4	5 o más	16	25	50	100
1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	0,7

- Acciones sobre barandillas

Tabla 3.2 Acciones sobre las barandillas y otros elementos divisorios

Categoría de uso	Fuerza horizontal [kN/m]
C5	3,0
C3, C4, E, F	1,6
Resto de los casos	0,8

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Comentarios

- **Acciones térmicas:** Mantiene en criterio de juntas de dilatación
Aclara que el límite de 40 m se refiere a un elemento continuo (no al edificio)

Las temperaturas ambiente extremas de verano y de invierno pueden obtenerse del Anejo E.

Para elementos expuestos a la intemperie, como temperatura mínima se adoptará la extrema del ambiente. Como temperatura máxima en verano se adoptará la extrema del ambiente incrementada en la procedente del efecto de la radiación solar, según la tabla 3.6

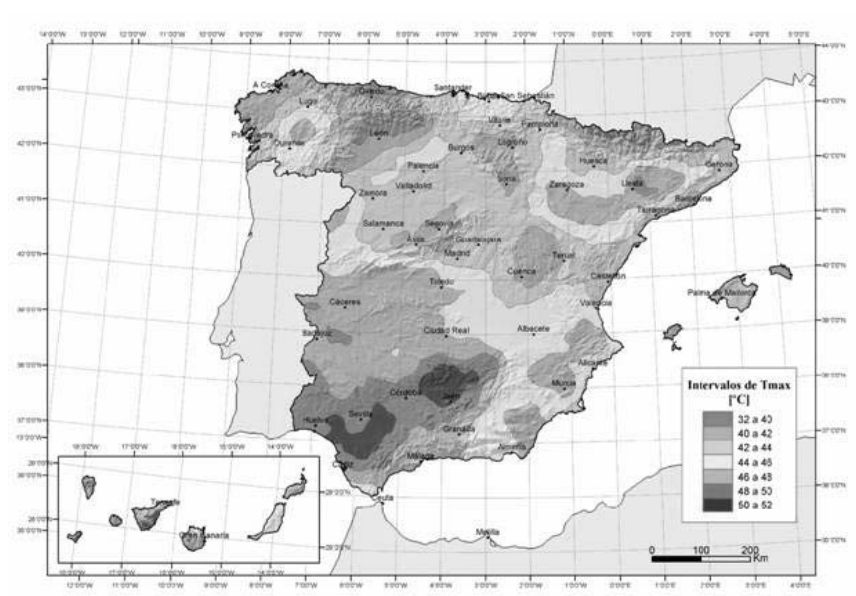
Tabla 3.6 Incremento de temperatura debido a la radiación solar

Orientación de la superficie	Color de la superficie		
	Muy claro	Claro	Oscuro
Norte y Este	0 °C	2 °C	4 °C
Sur y Oeste	18 °C	30 °C	42 °C



Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Comentarios

Isotermas de la temperatura del aire





Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Comentarios

Zonas climáticas en invierno



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Comentarios

- **Acciones térmicas:** Mantiene en criterio de juntas de dilatación
Aclara que el límite de 40 m se refiere a un elemento continuo (no al edificio)
- **Nieve:** Aporta nuevos valores
En zonas costeras baja de 0,4 kN/m² a 0,2 kN/m².
Datos relativos a la capital de provincia.

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

siendo:

μ coeficiente de forma de la cubierta

s_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal

- **Sobrecarga del camión de bomberos** 20 kN/m²
Es accidental y sólo en una zona de 3x8, pero afecta a todas las zonas de paso.
- **Acciones de impacto de vehículos.**
- **Tablas de pesos**

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-C Cimientos.



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-C Cimientos.

- 1 Generalidades**
- 2 Bases de cálculo**
- 3 Estudio geotécnico**
- 4 Cimentaciones directas**
- 5 Cimentaciones profundas**
- 6 Elementos de contención**
- 7 Acondicionamiento del terreno**
- 8 Mejora o refuerzo del terreno**
- 9 Anclajes al terreno**

Anejo A. Terminología

Anejo B. Notación y unidades

Anejo C. Técnicas de prospección

Anejo D. Criterios de clasificación, correlaciones y valores orientativos tabulados de referencia

Anejo E. Interacción suelo-estructura

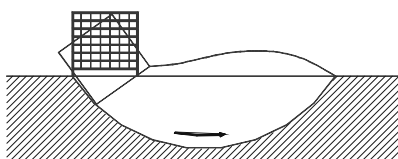
Anejo F. Modelos de referencia para el cálculo de cimentaciones y elementos de contención

Anejo G. Normativa de referencia

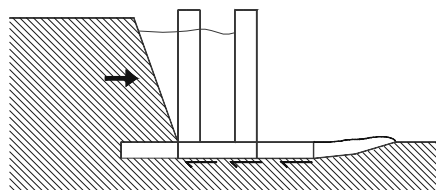
E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



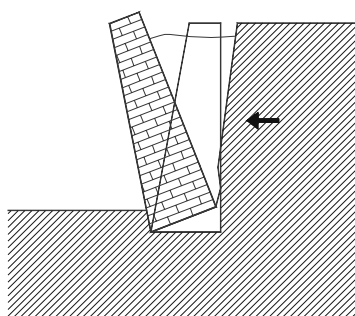
ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS.



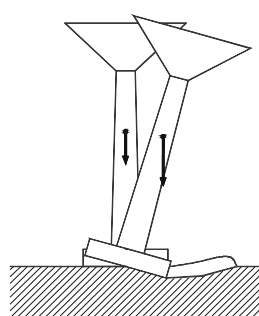
Hundimiento



Deslizamiento



Vuelco

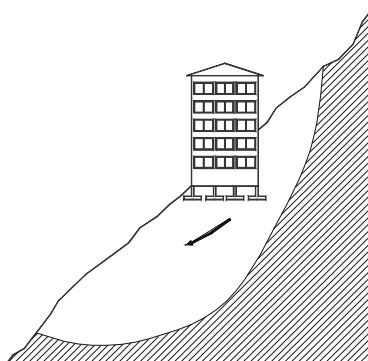


Vuelco

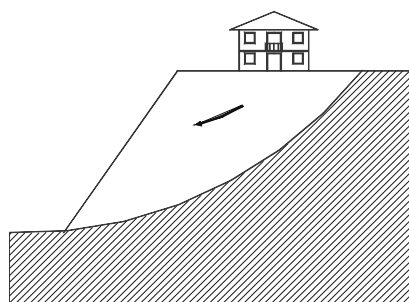
E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS.



Estabilidad: Desliz. Ladera



Estabilidad: Desliz. talud

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



SE- C Cimientos

Estados límites últimos

Estabilidad

El equilibrio de la cimentación (estabilidad al vuelco o estabilidad frente a la subpresión) :

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

siendo

$E_{d,dst}$ el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras;
 $E_{d,stb}$ el valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

Resistencia

resistencia local (hundimiento y deslizamiento) y resistencia global (deslizamientos globales)

$$E_d \leq R_d$$

siendo

E_d el valor de cálculo del efecto de las acciones
 R_d el valor de cálculo de la resistencia del terreno.

Capacidad estructural la cimentación

Según EHE.



SE- C Cimientos

Estados límites últimos

Valores de cálculo del efecto de las acciones

$$E_d = \gamma_E E \left(\gamma_F \cdot F_{repr} ; \frac{X_K}{\gamma_M} ; a_d \right)$$

Valor de cálculo de la resistencia del terreno

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left(\gamma_F \cdot F_{repr} ; \frac{X_K}{\gamma_M} ; a_d \right)$$

siendo

F_{repr} el valor representativo de las acciones que intervienen en la situación dimensionada considerada;
 X_K el valor característico de los materiales;
 a_d el valor de cálculo de los datos geométricos;
 γ_E el coeficiente parcial para el efecto de las acciones;
 γ_F el coeficiente parcial para las acciones;
 γ_M el coeficiente parcial para las propiedades de los materiales.
 γ_R el coeficiente parcial de resistencia



SE- C Cimientos

Estados límites últimos

Situación de dimensionado	Tipo	Materiales		Acciones	
		γ_R	γ_M	γ_E	γ_F
Persistente o transitoria	Hundimiento	3,0 ⁽¹⁾	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,5 ⁽²⁾	1,0	1,0	1,0
	Vuelco ⁽²⁾				
	Acciones estabilizadoras	1,0	1,0	0,9 ⁽³⁾	1,0
	Acciones desestabilizadoras	1,0	1,0	1,8	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,8	1,0	1,0
	Capacidad estructural	- ⁽⁴⁾	- ⁽⁴⁾	1,6 ⁽⁵⁾	1,0
	Pilotes				
	Arrancamiento	3,5	1,0	1,0	1,0
	Rotura horizontal	3,5	1,0	1,0	1,0
	Pantallas				
	Estabilidad fondo excavación	1,0	2,5 ⁽⁶⁾	1,0	1,0
	Sifonamiento	1,0	2,0	1,0	1,0
	Rotación o traslación				
	Equilibrio límite	1	1,0	0,6 ⁽⁷⁾	1,0
	Modelo de Winkler	1	1,0	0,6 ⁽⁷⁾	1,0
	Elementos finitos	1,0	1,5	1,0	1,0

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



SE- C Cimientos

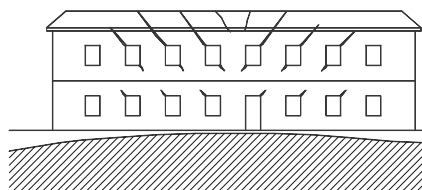
Estados límites últimos

Situación de dimensionado	Tipo	Materiales		Acciones	
		γ_R	γ_M	γ_E	γ_F
Extraordinaria Extraordinaria	Hundimiento	2,0 ⁽⁸⁾	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,1 ⁽²⁾	1,0	1,0	1,0
	Vuelco ⁽²⁾				
	Acciones estabilizadoras	1,0	1,0	0,9	1,0
	Acciones desestabilizadoras	1,0	1,0	1,2	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,2	1,0	1,0
	Capacidad estructural	- ⁽⁴⁾	- ⁽⁴⁾	1,0	1,0
	Pilotes				
	Arrancamiento	2,3	1,0	1,0	1,0
	Rotura horizontal	2,3	1,0	1,0	1,0
	Pantallas				
	Rotación o traslación				
	Equilibrio límite	-	-	-	-
	Modelo de Winkler	1,0	1,0	0,8	1,0
	Elementos finitos	1,0	1,2	1,0	1,0
	Hundimiento	2,0 ⁽⁸⁾	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,1 ⁽²⁾	1,0	1,0	1,0

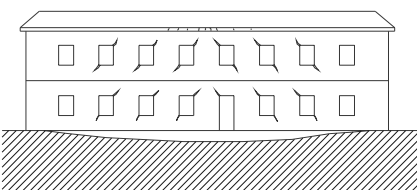
E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



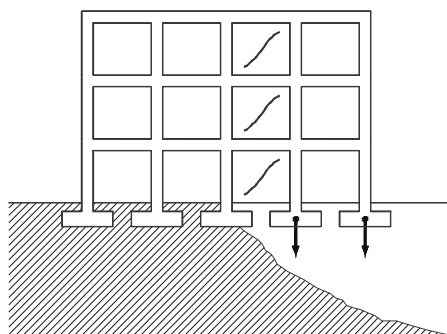
ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO.



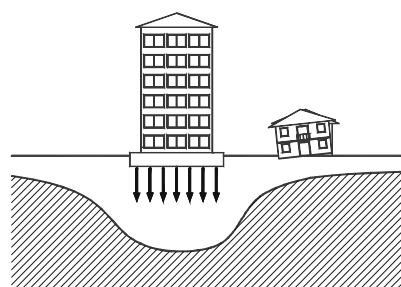
Deformación convexa



Deformación cóncava



Asiento directo



Asiento inducido

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



SE- C Cimientos

Estados límites de servicio

Criterio básico

$$E_{serv} \leq C_{lim}$$

siendo

E_{serv}
 C_{lim}

el efecto de las acciones para una determinada situación
el valor límite para el mismo efecto.

Tabla 2.2. Valores límite basados en la distorsión angular

Tipo de estructura	Límite
Estructuras isostáticas y muros de contención	1/300
Estructuras reticuladas con tabiquería de separación	1/500
Estructuras de paneles prefabricados	1/700
Muros de carga sin armar con flexión cóncava hacia arriba	1/1000
Muros de carga sin armar con flexión cóncava hacia abajo	1/2000

Tabla 2.3. Valores límite basados en la distorsión horizontal

Tipo de estructura	Límite
Muros de carga	1/2000

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



SE- C Cimientos

Estudios geotécnicos

De acuerdo con el tipo de terreno y del tipo de construcción se define detalladamente el contenido del estudio geotécnico.

Tabla 3.1. Tipo de construcción

•Tipo	•Descripción (1)
•C-0	•Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m ²
•C-1	•Construcciones de menos de 4 plantas
•C-2	•Construcciones de altura máxima entre 4 y 10 plantas
•C-3	•Construcciones de altura máxima entre 11 a 20 plantas
•C-4	•Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas.

•(1) En el cómputo de plantas se incluyen los sótanos.



SE- C Cimientos

Estudios geotécnicos

Tabla 3.2. Grupo de terreno

• Grupo	• Descripción
• T-1	• Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
• T-2	• Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.
• T-3	• Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores. De forma especial se considerarán en este grupo los siguientes terrenos: 1. Suelos expansivos 2. Suelos colapsables 3. Suelos blandos o sueltos 4. Terrenos kársticos en yesos o calizas 5. Terrenos variables en cuanto a composición y estado 6. Rellenos antrópicos con espesores superiores a 3 m 7. Terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos 8. Rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades 9. Terrenos con desnivel superior a 15° 10. Suelos residuales 11. Terrenos de marismas



SE- C Cimientos

Estudios geotécnicos

Aporta correlaciones entre ensayos geotécnicos.

Tabla 4.1 Correlación entre golpeo N_{SPT} , y CPT con el ángulo de rozamiento

	Muy suelto	Suelto	Medio- denso	Denso	Muy denso
Ángulo de rozamiento interno del terreno	30°	32°	34° 36°	38° 40°	42°
Golpeo N_{SPT} (número)	10	15	22 30	36 45	55
Resistencia por punta del penetrómetro estático (MPa)	-	2	4 7	15 21	30

Tabla 4.2 Correlación entre CPT y N_{SPT}

	Arena	Arena limosa	Arena limosa o limo	Limo arcilloso o arcilla limosa	Arcilla
q_c / N (MPa / n_{30})	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
D_{50} (mm)	0,3	0,1	0,04	0,01	0,001



SE- C Cimientos

Cimentaciones directas

Definición de presiones

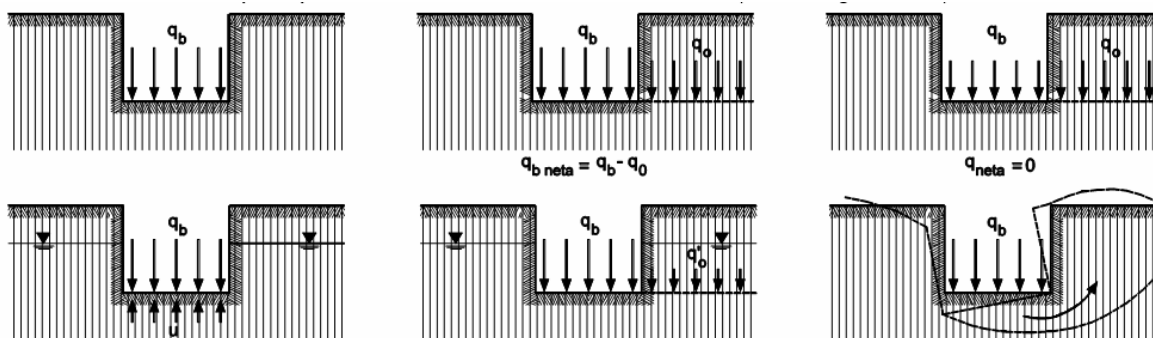


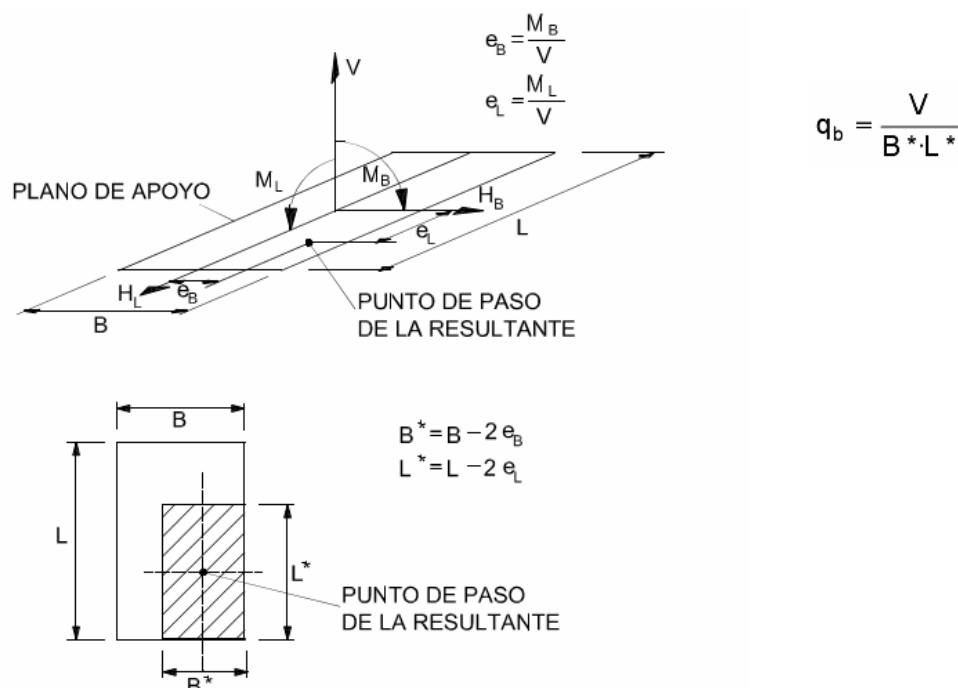
Figura 4.11. Definiciones de presiones



SE- C Cimientos

Cimentaciones directas

Dimensionado: Área equivalente.



SE- C Cimientos

Cimentaciones directas

Dimensionado: Presión de hundimiento.

FÓRMULA GENERAL DE BRINCH HANSEN

$$P_h = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot \xi_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot \xi_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \gamma B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot \xi_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

FÓRMULA DEL C.T.E.

$$P_h = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot t_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot t_q + \frac{1}{2} \gamma B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot t_\gamma$$

Tabla 4.3. Presiones de hundimiento para zapatas $1 \leq B^* \leq 3$, (kN/m²)

ϕ (°)	c_k (kN/m ²)	$B^*/L^* = 1$			$B^*/L^* = 0,5$			$B^*/L^* = 0,25$			$B^*/L^* = 0$		
		D (m)			D (m)			D (m)			D (m)		
		0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
0°	50	310	385	450	280	355	420	270	340	400	255	325	385
	100	615	750	860	565	690	790	540	660	755	515	630	720
	150	925	1120	1265	850	1025	1160	810	980	1110	770	935	1060
15°	10	145	255	375	140	245	360	135	240	355	130	235	350
	20	280	410	545	260	390	520	250	375	510	240	365	495
20°	10	215	385	570	210	375	560	205	370	555	200	365	550
	20	395	595	805	370	570	775	360	555	760	350	540	745
25°	10	335	605	915	330	600	905	330	595	900	330	595	895
	20	580	900	1240	560	870	1205	550	855	1185	535	840	1165
30°	0	190	580	1055	230	620	1095	250	640	1115	270	660	1135
	10	550	1010	1530	560	1015	1530	565	1015	1530	570	1020	1530
35°	0	425	1135	1990	520	1225	2085	565	1270	2130	610	1320	2175



SE- C Cimientos

Dimensionado: Presión admisible.

Formulación simplificada: Válida si

Superficie del terreno marcadamente horizontal (pendiente inferior al 10%).
La inclinación con la vertical de la resultante de las acciones sea menor del 10% .
Se admiten asientos de hasta 25 mm.

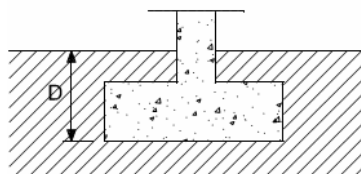
Cimentaciones directas

a) Para $B^* < 1,2 \text{ m}$

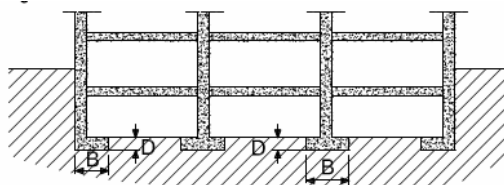
$$q_{adm} = 12 N_{SPT} \left(1 + \frac{D}{3B^*} \right) \left(\frac{S_t}{25} \right) \text{ kN/m}^2$$

b) Para $B^* \geq 1,2 \text{ m}$:

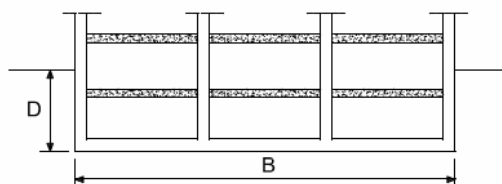
$$q_d = 8 N_{SPT} \left[1 + \frac{D}{3B^*} \right] \left(\frac{S_t}{25} \right) \left(\frac{B^* + 0,3}{B^*} \right)^2 \text{ kN/m}^2$$



a) Zapata aislada



b) Edificio con sótanos cimentado mediante zapatas aisladas y corridas



c) Edificio con sótanos cimentado mediante losa

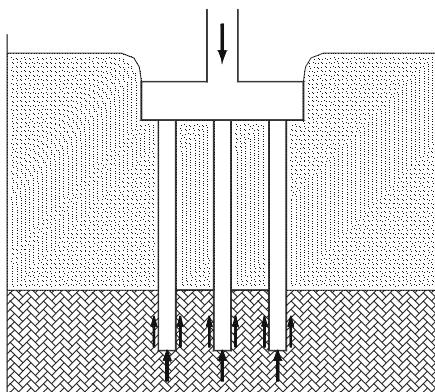
E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



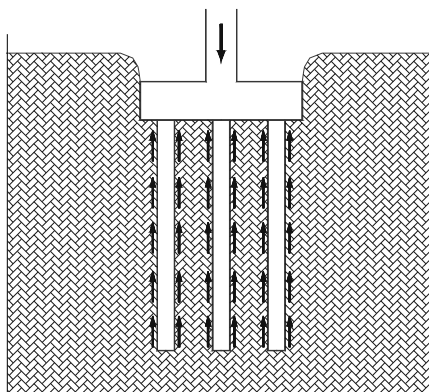
CIMENTACIONES PROFUNDAS

CPilotes trabajando por punta.

CPilotes trabajando por fuste.



Pilotes por punta



Pilotes por fuste

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel

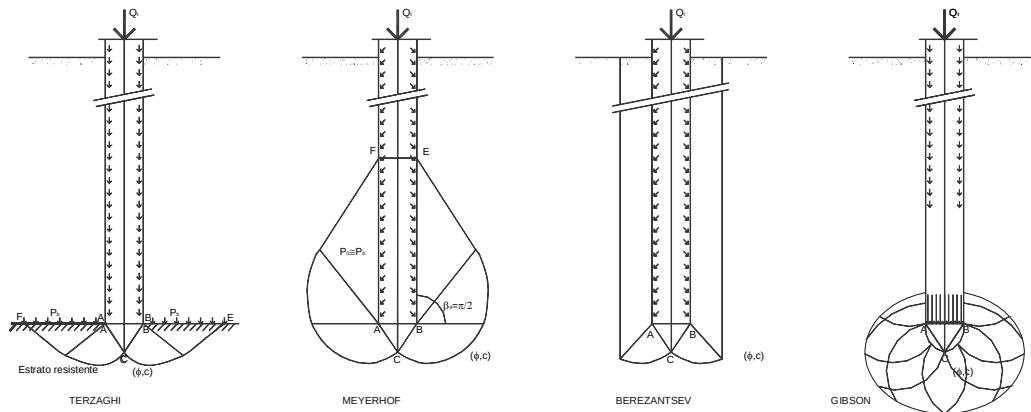


CARGAS DE HUNDIMIENTO DEL PILOTE AISLADO

$Q_h = \text{Resistencia de punta} + \text{Resistencia de fuste}$

$$Q_h = A_p \cdot r_p + A_f \cdot r_f$$

La estimación de esos valores se hace por métodos empíricos, según los modelos de cálculo propuestos por diversos autores



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Resistencia de punta

- Da criterios en función de la forma de la sección (pilotes pantalla o no circulares)
- Da criterios para terrenos de menor resistencia bajo la punta.

Resistencia de fuste

- Da criterios en función de la forma de la sección
- Da criterios para pilotes sobre roca.

Efecto grupo

- Da criterios para la determinación del coeficiente de eficiencia η .

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel

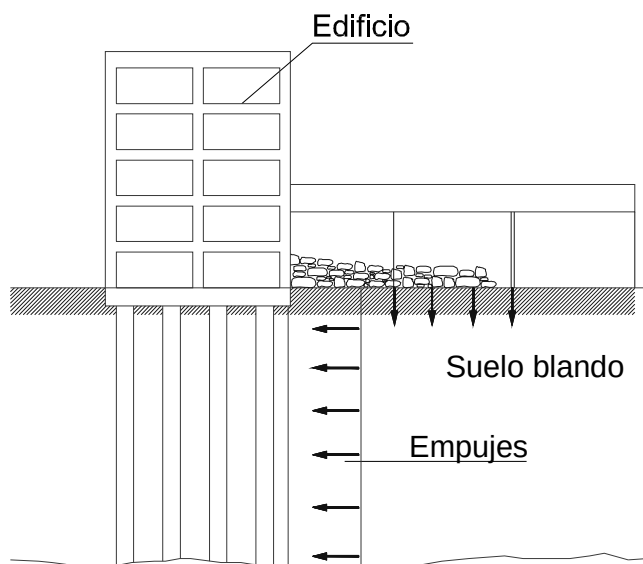


EFFECTOS PARÁSITOS

Rozamiento negativo.- Asiento del terreno mayor que el del pilote.

Empujes horizontales por sobrecargas.- Se producen por:

- ⌋ Desplazamientos horizontales del terreno por efecto de sobrecargas.
- ⌋ Pilotaje en terrenos en talud.



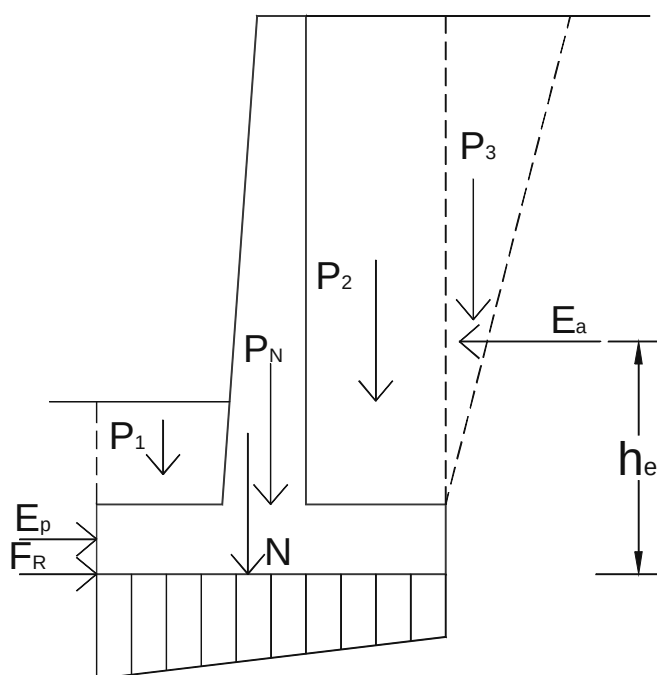
E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



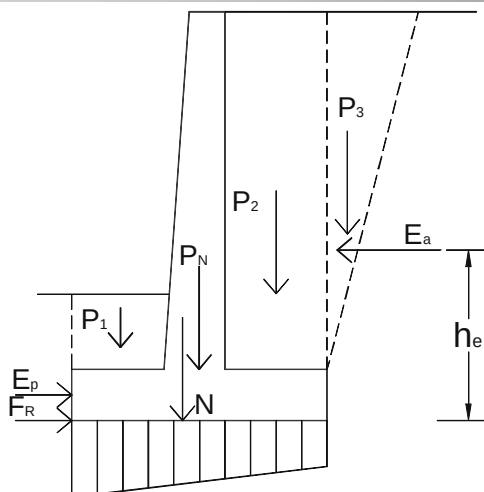
EMPUJES SOBRE MUROS

Se utilizan las fórmulas clásicas de Rankine.

Varían los coeficientes de seguridad.



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



MUROS EN L o MÉNSULA

Rozamiento

Arenas $\mu = 0,55$

Arena limosa $\mu = 0,45$

Limos $\mu = 0,35$

Roca sana $\mu = 0,60$

SEGURIDAD AL DESPLAZAMIENTO

Fuerza de rozamiento $F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot (P_M + P_1 + P_2) \rightarrow \mu = \tan\left(\frac{2}{3}\phi'\right)$

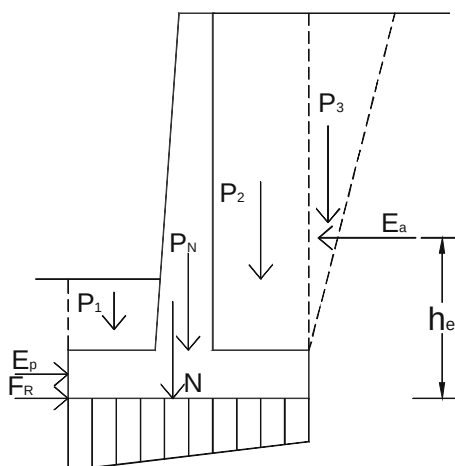
$$F_R = N \cdot \tan\left(\frac{2}{3}\phi'\right) + c^* \cdot B \quad (\text{cohesión y rozamiento})$$

Empuje horizontal $T = E_a$

Fuerza resistente $F_R + E_p$

E_p no se admite salvo justificación.

Condición de seguridad $T \leq F_R / \gamma_R \rightarrow \gamma_R = 1,5$



MUROS EN L o MÉNSULA

Rozamiento

Arenas $\mu = 0,55$

Arena limosa $\mu = 0,45$

Limos $\mu = 0,35$

Roca sana $\mu = 0,60$

Seguridad al vuelco

Momento de vuelco

$$M_v = E_a h_e$$

Momento estabilizador

$$M_e = N \cdot (B/2 - e) + P_1 d_1 + P_2 d_2 + P_3 d_3$$

Coefficiente de seguridad $M_e \cdot 0,9 \leq M_v \cdot \gamma_E \rightarrow \gamma_E = 1,8$

Permite prescindir de esta comprobación si la resultante pasa por el núcleo central.



Documento Básico SE-C Cimientos. Comentarios

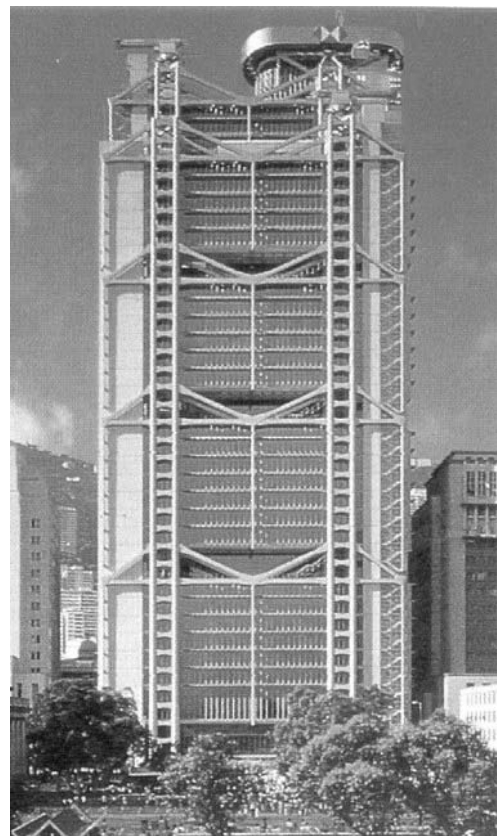
- **Amplitud excesiva y tono de libro de texto**
- **Requisitos para la realización y documentación del informe geotécnico**
Homogenización de los informes.
Facilidad de uso si se limitan a los parámetros definidos por el CTE.
- **Coeficientes de seguridad con pocas variaciones sobre los anteriores, pero de manejo complicado.**
- **Apenas hay reglas para dimensionado de zapatas que no sean aisladas.**
Prácticamente todo sigue igual.
- **Sigue sin aportar soluciones válidas a las losas.**
- **En pilotes las variaciones son reducidas**
En algunos terrenos al carga por punta puede aumentar mucho.
- **Los empujes siguen manteniendo los criterios clásicos**
Los coeficientes de seguridad aumentan apreciablemente en algunos casos
- **Las pantallas siguen manteniendo los criterios clásicos**
Considerando el conjunto puede reducirse su espesor y armado

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-A Acero.



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-A Acero.

- 1 GENERALIDADES
- 2 BASES DE CÁLCULO
- 3 DURABILIDAD
- 4 MATERIALES
- 5 ANÁLISIS
- 6 ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS
- 7 ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO
- 8 UNIONES
- 9 FATIGA
- 10 EJECUCIÓN
- 11 TOLERANCIAS
- 12 CONTROL DE CALIDAD
- 13 INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

ANEJO A. TERMINOLOGÍA

ANEJO B. NOTACIÓN Y UNIDADES

ANEJO C. FATIGA. MÉTODO DE LAS CURVAS S-N

ANEJO D. RELACIÓN DE NORMAS UNE



Documento Básico SE-A Acero.

Coeficientes parciales de seguridad para determinar la resistencia

Coeficientes parciales para la resistencia :

$\gamma_{M0} = 1,05$	plastificación del material
$\gamma_{M1} = 1,05$	fenómenos de inestabilidad
$\gamma_{M2} = 1,25$	resistencia última del material o sección, y resistencia de los medios de unión
$\gamma_{M3} = 1,1$	deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Servicio.
$\gamma_{M3} = 1,25$	deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Último.
$\gamma_{M3} = 1,4$	deslizamiento de uniones con tornillos pretensados y agujeros rasgados o con sobremedida.

Los coeficientes parciales para la resistencia frente a la fatiga están en el Anejo C y en edificación sólo afectan a los ascensores.

Documento Básico SE-A Acero.

	Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)			Tensión de rotura f_u (N/mm ²)
	$t \leq 16$	$16 < t \leq 40$	$40 < t \leq 63$	$3 \leq t \leq 100$
S235JR				
S235J0	235	225	215	360
S235J2				
S275JR				
S275J0	275	265	255	410
S275J2				
S355JR				
S355J0	355	345	335	470
S355J2				
S355K2				
S450J0	450	430	410	550

Documento Básico SE-A Acero.

Resistencia de cálculo

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M$$

siendo:

f_y tensión del límite elástico del material base (tabla 4.1). No se considerará el efecto de endurecimiento derivado del conformado en frío o de cualquier otra operación.

γ_M coeficiente parcial de seguridad del material, de acuerdo al apartado 2.3.3,

Resistencia última del material o la sección, se adopta como resistencia de cálculo el valor

$$f_{ud} = f_u / \gamma_{M2}$$

siendo: γ_{M2} coeficiente de seguridad para resistencia última.



Documento Básico SE-A Acero.

Análisis estructural

Comprobación ante cada estado límite en dos fases:

- ❑ Determinación de los efectos de las acciones, o análisis (esfuerzos y desplazamientos de la estructura) y comparación con la correspondiente limitación.
- ❑ Verificación (resistencias y flechas o vibraciones admisibles respectivamente).

Son admisibles los siguientes procedimientos:

- a) los basados en métodos incrementales en régimen no lineal.
- b) los basados en métodos de cálculo en capacidad.

Modelos del comportamiento estructural

Hipótesis

- 1 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 permitan obtener esfuerzos y desplazamientos en las piezas de la estructura y en sus uniones entre sí y con los cimientos.
- 2 Normalmente se utilizarán modelos elásticos y lineales en las comprobaciones frente a estados límite de servicio. Frente a estados límite últimos pueden emplearse siempre modelos elásticos, si bien se acepta en este DB en determinadas ocasiones el uso de cualquier procedimiento que dé como resultado un conjunto de esfuerzos en equilibrio con las acciones consideradas, como es el caso en el análisis global si las secciones críticas corresponden a la clase 1 (5.2.4), o en la comprobación de nudos o de secciones de las clases 1 y 2. En estos casos el análisis puede llevarse a cabo en régimen elástico, elástico con redistribución de momentos, elastoplástico, rígido-plástico o cualquier combinación coherente.
- 3 En todos los casos es necesario considerar el efecto de las posibles no linealidades geométricas y/o mecánicas.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-A Acero.

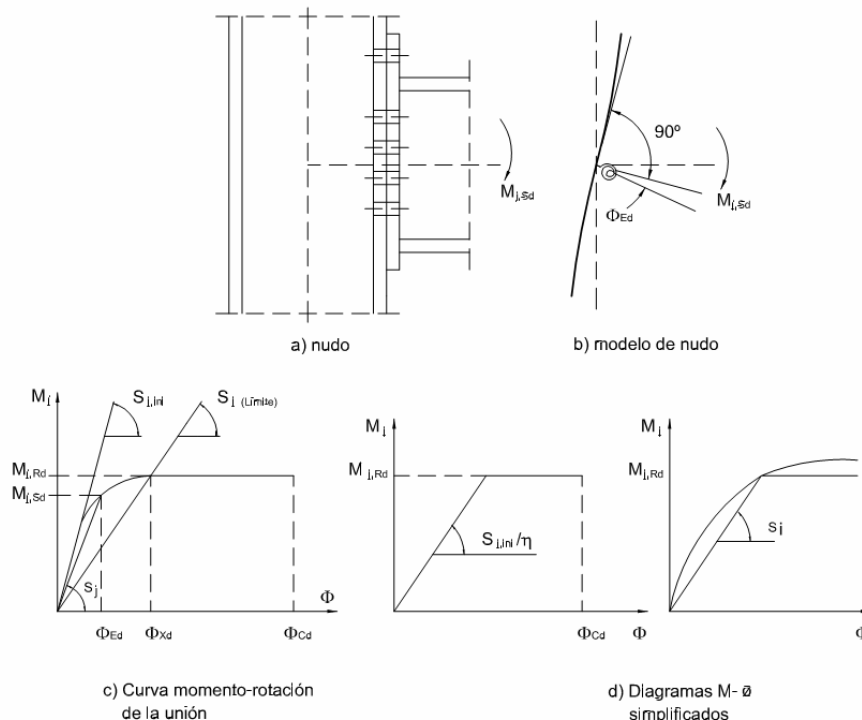


Figura 5.1 Modelado de uniones

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel

Documento Básico SE-A Acero.

Clasificación de secciones.

Tabla 5.1 Clasificación de secciones transversales solicitadas por momentos flectores

Clase 1: Plástica	Permiten la formación de la rótula plástica con la capacidad de rotación suficiente para la redistribución de momentos.
Clase 2: Compacta	Permiten el desarrollo del momento plástico con una capacidad de rotación limitada.
Clase 3: Semicompacta o Elástica	En la fibra más comprimida se puede alcanzar el límite elástico del acero pero la abolladura impide el desarrollo del momento plástico
Clase 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.

Tabla 5.2 Métodos de cálculo

Clase de sección	Método para la determinación de las solicitaciones	Método para la determinación de la resistencia de las secciones
Plástica	Plástico o Elástico	Plástico o Elástico
Compacta	Elástico	Plástico o Elástico
Semicompacta	Elástico	Elástico
Esbelta	Elástico con posible reducción de rigidez	Elástico con resistencia reducida

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel

Documento Básico SE-A Acero.

Clasificación de secciones.

Tabla 5.3 Límites de esbeltez para elementos planos, apoyados en dos bordes, total o parcialmente comprimidos

Geometría				
Solicitación	Elemento plano	Límite de esbeltez: c/t máximo		
Compresión + Tracción -		Clase 1	Clase 2	Clase 3
Compresión		33ε	38ε	42ε
Flexión simple		72ε	83ε	
		Factor de reducción $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$		124ε

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-A Acero.

Estados límite últimos.

- 1 La comprobación frente a los estados límites últimos supone, en este DB, el análisis y la verificación ordenada de la resistencia de las secciones, de las barras y de las uniones.
- 2 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 un punto de una chapa sometido a un estado plano de tensión sería:

$$\sqrt{\sigma_{xd}^2 + \sigma_{zd}^2 - \sigma_{xd} \cdot \sigma_{zd} + 3 \cdot \tau_{xzd}^2} \leq f_{yd}$$

- 3 El valor del límite elástico utilizado será el correspondiente al material base según se indica en el apartado 3 de este DB. No se considerará el efecto de endurecimiento derivado del conformado en frío o de cualquier otra operación.



Documento Básico SE-A Acero.

Estados límite últimos. Esfuerzos en secciones.

Flexión compuesta sin cortante.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{zEd}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

Para secciones de clase 1 y 2

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{zEd}}{M_{el,Rdz}} \leq 1$$

Para secciones de clase 3

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rdy}} + \frac{M_{zEd} + N_{SEd} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rdz}} \leq 1$$

Para secciones de clase 4

Flexión y cortante

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_{yd}$$

Para secciones en I o H

$$M_{V,Rd} = W_{pl} \cdot (1 - \rho) \cdot f_{yd}$$

Resto de casos

siendo

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

En ningún caso podrá ser $M_{V,Rd} > M_{0,Rd}$

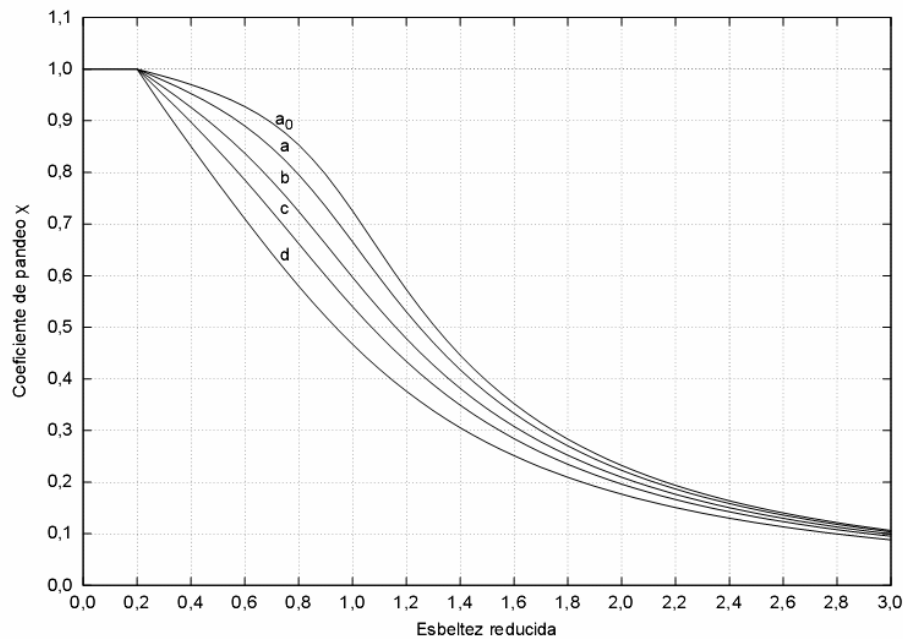


Documento Básico SE-A Acero.

Estados límite últimos. Pandeo.

Coefficiente de pandeo χ (inverso de ω).

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



Esbeltez reducida

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

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

Figura 6.3 Curvas de pandeo

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-A Acero.

Estados límite últimos. Pandeo.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
Coefficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

⁽¹⁾ esbeltez intolerable en los elementos principales

⁽²⁾ esbeltez intolerable incluso en elementos de arriostramiento

Se incluyen correcciones de la longitud de pandeo para sección y carga variables.



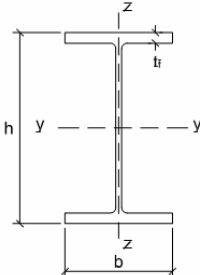
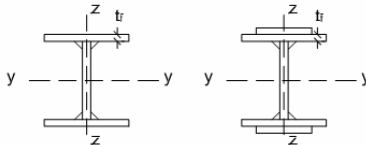
Documento Básico SE-A Acero.

Estados límite últimos. Pandeo.

Tabla 6.1 Longitud de pandeo de barras canónicas

Condiciones de extremo	biarticulada	biempotrada	empotrada articulada	biempotrada desplazable	en ménsula
Longitud L_k	1,0 L	0,5 L	0,7 L	1,0 L	2,0 L

Tabla 6.2 Curva de pandeo en función de la sección transversal

Tipo de sección	Tipo de acero		S235 a S355		S450	
	Eje de pandeo ⁽¹⁾		y	z	y	z
Perfiles laminados en I						
	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_o	a_o
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$		b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$t > 100 \text{ mm}$		d	d	c	c
Perfiles armados en I						
	$t \leq 40 \text{ mm}$		b	c	b	c
	$t > 40 \text{ mm}$		c	d	c	d

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-A Acero.

Estados límite de servicio.

7 ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

7.1 Deformaciones, flecha y desplome

7.2 Vibraciones

7.3 Deslizamiento de uniones

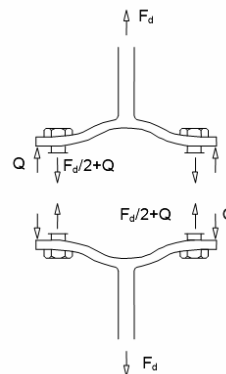
- Los estados límite de servicio tienen como objeto verificar el cumplimiento de la exigencia básica SE-2: aptitud al servicio,
 - limitando los daños en elementos constructivos no estructurales habituales, al limitar la deformación acumulada desde el momento de su puesta en obra (flecha activa);
 - manteniendo la apariencia geométrica de la estructura, limitando las desviaciones por deformación total respecto de la geometría con que el usuario reconoce a la estructura. Dicha desviación puede acotarse limitando los desplazamientos, o estableciendo medidas iniciales que contrarresten sus efectos, como las contraflechas.
- Los estados límite a considerar y los valores límite de cada uno, flechas, desplomes y vibraciones, son los establecidos en SE 4.3, de acuerdo con el tipo de edificio, y el de los elementos implicados en la deformación.
- Puede ser preciso establecer límites más exigentes en el caso de usos concretos, como es el caso de la limitación de vibraciones en salas especiales, como algunas de hospitales. Puede ser preciso igualmente por necesidades constructivas particulares, como las derivadas del soporte de carriles de grúas, o anclajes de muros cortina. En estos casos se emplearán los métodos establecidos en este DB para asegurar el respeto a los límites que pueda requerir el uso previsto o el sistema constructivo adoptado, tal como lo establezca su fabricante.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel

Documento Básico SE-A Acero.

Cálculo de uniones.

- 1 Las uniones se comprobarán a resistencia. Además se comprobará la capacidad de rotación de las uniones en las que se prevea la formación de rótulas plásticas en el análisis global.
- 2 En toda unión debe verificarse $E_d \leq R_d$
- 3 El reparto de los esfuerzos sobre la unión entre los elementos que la componen puede realizarse mediante métodos elásticos o plásticos.
- 4 Debe tenerse en cuenta la excentricidad existente en una unión.
- 5 Se consideran las tracciones adicionales debidas al "efecto palanca".
- 6 En las uniones soldadas sólo se considerarán las tensiones que intervienen en la transmisión de esfuerzos y no las residuales.
- 7 En las uniones de perfiles conformados y chapas plegadas es admisible el empleo de elementos no contemplados en este DB (tornillos autorroscantes, soldaduras por puntos, fijación mediante conectores de estructuras mixtas, etc.) con condiciones.



Uniones articuladas, semirrígidas y rígidas.

En general complejo y pesado

Documento Básico SE-A Acero. Comentarios

- **Muy próximo a los borradores del Eurocódigo**
- **Cambio muy notable en la notación**
Prolija y complicada, aunque intenta acercarse al resto del CTE
- **Acero común S275.**
- **En pandeo cambia la notación y las curvas de referencia.**
Cambia el factor de pandeo ω por su inverso χ (ji).
- **Las comprobaciones pueden llegar a ser sumamente largas y complejas.**
Falta por ver si suponen alguna ventaja práctica.
En edificación normal la tendencia a seguir igual será grande.



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-F Fábrica



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-F Fábrica

- 1 Generalidades
- 2 Bases de cálculo
- 3 Durabilidad
- 4 Materiales
- 5 Comportamiento estructural
- 6 Soluciones constructivas
- 7 Ejecución
- 8 Control de la ejecución
- 9 Mantenimiento

Anejo A. Terminología

Anejo B. Notación y unidades

Anejo C. Valores de resistencia característica a compresión

Anejo D. Determinación del factor Φ_m

Anejo E. Determinación de la altura eficaz de un muro

Anejo F. Cálculo del factor de incremento ξ para cargas concentradas

Anejo G. Normas UNE

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-F Fábrica

Adecuación de los materiales

Tabla 3.3 Restricciones de uso de los componentes de las fábricas ⁽¹⁾

Elementos	Clases de exposición														Tempe- ratura	
	generales							específicas							B	A
	I	II a	II b	III a	III b	III c	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E			
Piezas																
Ladrillo macizo o perforado. Extrusión. Categoría I	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	-	R	R	-	-	-
Ladrillo macizo o perforado. Extrusión. Categoría II.	-	D	-	D	D	R	R	D	R	R	R	D	X	-	-	-
Ladrillo macizo artesanal. Categorías I o II	-	D	D	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-
Bloque de hormigón espumado.	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	D	X	X	-	D	-
Bloque de hormigón con cemento CEM III y CEM IV.	-	-	-	-	-	-	R	R	X	X	R	R	X	-	R	-
Morteros																
cemento Portland CEM I con plastificante.	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	D	X	R	-	D	-
cemento adición CEM II con plastificante.	-	-	R	R	R	X	X	R	X	X	D	X	X	-	D	-
horno alto y/o puzolánico CEM III con plastificante.	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	D	R	X	-	D	-
mixto de CEM II y cal.	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	R	X	-	D	-
de cal.	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-
Elementos de enlace																
Acero inox austenítico	-	-	-	-	-	-	X	-	R	X	-	-	-	-	-	-
Acero inox ferrítico	-	D	R	R	X	X	X	X	X	X	R	R	R	-	R	-
Acero autoprotegido cincado de 140µm (1000gr/m²).	-	D	D	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-
Acero autoprotegido cincado de 90µm (600gr/m²).	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-
Acero autoprotegido grueso cincado 20µm (140gr/m²).	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-
Acero cincado <20µm protegido con resina	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	R	X	-

- : sin restricciones R: con algunas reservas D: puede emplearse si se protege X: no debe usarse
 B: Temperaturas superiores a 100 °C. A: Temperaturas de incendio, superiores a 900 °C.
 El zinc se vuelve quebradizo hacia los 250 °C y funde a los 419 °C. Las resinas son inestables hacia los 80°C.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-F Fábrica

Resistencia a compresión

Tabla 4.4 Resistencia característica a la compresión de fábricas usuales f_k (N/mm²)

Resistencia normalizada de las piezas, f_b (N/mm ²)	10		15		20		25
Resistencia del mortero, f_m (N/mm ²)	5	7,5	7,5	10	10	15	15
Ladrillo macizo con junta delgada	5	5	7	7	9	10	11
Ladrillo macizo	4	4	6	6	8	8	10
Ladrillo perforado	4	4	5	6	7	8	9
Bloques aligerados	3	4	5	5	6	7	8
Bloques huecos	2	3	4	4	5	6	6

Resistencia a compresión.- Mayor detalle en el anejo C.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-F Fábrica

Resistencia a cortante

Tabla 4.5 Resistencia característica a cortante para fábricas de mortero ordinario

Tipo de piezas		f_{vko} (N/mm ²)			Límite de f_{vk} (N/mm ²) ⁽¹⁾		
		M1	M2,5	M10	M1	M2,5	M10
macizas	Mortero						
	Ladrillo cerámico	0,1	0,2	0,3	1,2	1,5	1,7
	Piedra natura	0,1	0,15	-	1,0	1,0	-
	Otras	0,1	0,15	0,2	1,2	1,5	1,7
perforadas	Ladrillo cerámico	0,1	0,2	0,3	1,4*	1,2*	1,0*
	Otras	0,1	0,15	0,2	1,4*	1,2*	1,0*
aligeradas		0,1	0,15	0,2	1,4*	1,2*	1,0*
huecas		0,1	0,2	0,3	**	**	**

* La menor de las resistencias longitudinales a compresión.

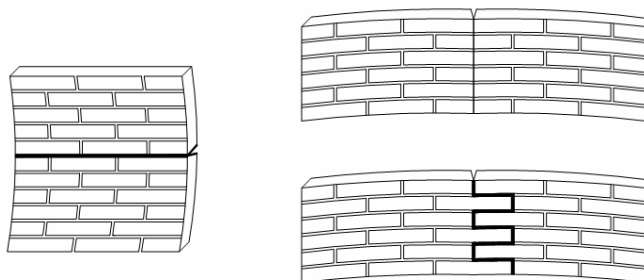
** Sin más limitaciones que las dadas por la ecuación 4.1

⁽¹⁾ Para llagas a hueso, o con tendel hueco, el valor es el 70% del consignado



Documento Básico SE-F Fábrica

Resistencia a flexión



a) Plano de rotura paralelo a los tendeles

b) Plano de rotura perpendicular a los tendeles

Figura 4.1 Modos de flexión en fábricas.

Tabla 4.6 Resistencia a flexión de la fábrica (N/mm²)

Tipo de pieza	Morteros ordinarios				Morteros de junta delgada		Morteros ligeros	
	$f_m < 5$ N/mm ²		$f_m \geq 5$ N/mm ²		f_{xk1}	f_{xk2}	f_{xk1}	f_{xk2}
	f_{xk1}	f_{xk2}	f_{xk1}	f_{xk2}				
Cerámica	0,10	0,20	0,10	0,40	0,15	0,15	0,10	0,10
Sílico-calcareos	0,05	0,20	0,10	0,40	0,20	0,30	-	-
Hormigón ordinario	0,05	0,20	0,10	0,40	0,20	0,30	-	-
Hormigón celular de autoclave	0,05	0,40	0,10	0,40	0,15	0,20	0,10	0,15
Piedra artificial	0,05	0,40	0,10	0,40	-	-	-	-
Piedra natural	0,05	0,20	0,10	0,40	0,15	0,15	-	-

Documento Básico SE-F Fábrica

Coeficientes parciales de seguridad

Tabla 4.8 Coeficientes parciales de seguridad (γ_M)

Situaciones persistentes y transitorias ⁽¹⁾			Categoría de la ejecución		
			A	B	C
Resistencia de la fábrica	Categoría del control de fabricación ⁽²⁾	I	1,7	2,2	2,7
		II	2,0	2,5	3,0
Resistencia de llaves y amarres			2,5	2,5	2,5
Anclaje del acero de armar.			1,7	2,2	
Acero (armadura activa y armadura pasiva)			1,15	1,15	

⁽¹⁾ Para las comprobaciones en situación extraordinaria, los coeficientes de llaves y amarres son los mismos; de las fábricas los coeficientes son 1,2 1,5 y 1,8 respectivamente para las categorías A B y C.

⁽²⁾ Categorías según 8.1.1

Documento Básico SE-F Fábrica

Se calcula como pórtico rígido.

Se admiten redistribuciones en los nudos.

Cálculo de muros

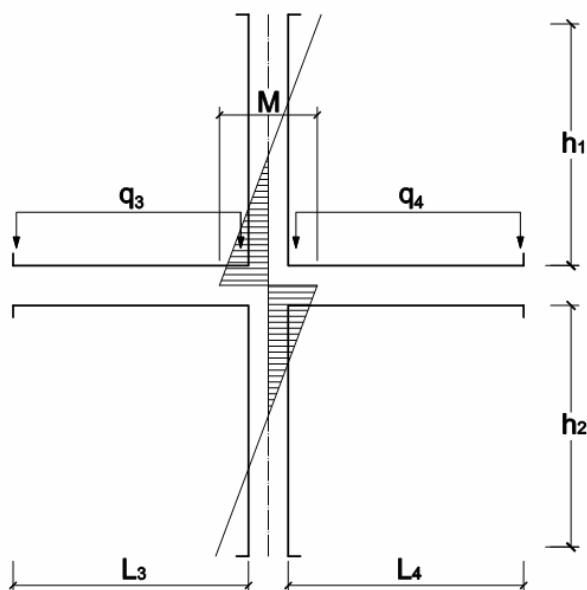


Figura 5.1 Análisis simplificado de un nudo.

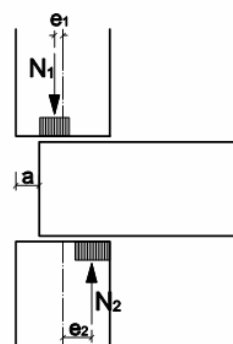


Figura 5.2 Equilibrio de nudos intermedios.



Documento Básico SE-F Fábrica

Cálculo de muros

Se definen las condiciones de arriostramiento.

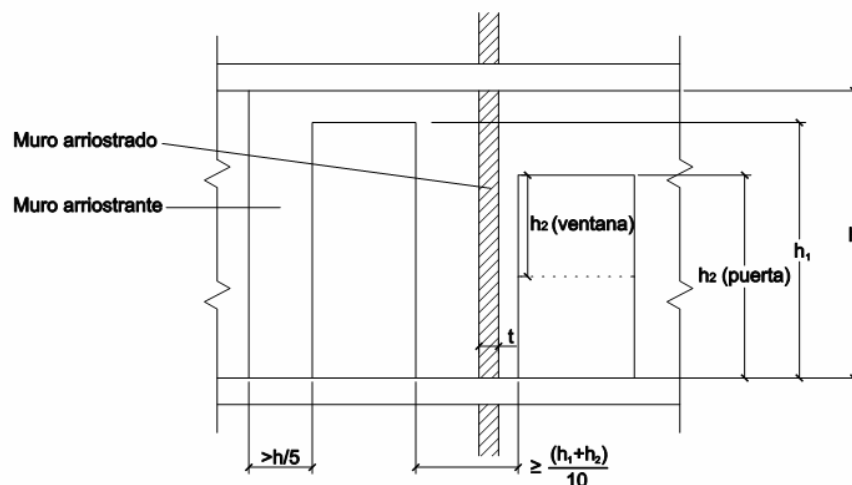


Figura 5.6 Longitud mínima de un muro arriostrante de un borde de otro.

Longitud no menor que 1/5 de la altura libre del arriostrado.

Espesor no menor que 0,3 del espesor eficaz del muro arriostrado, ni menor de 85 mm.

Si tiene huecos, la distancia entre ellos no es menor que 1/5 de la altura media de los huecos (véase figura 5.6) y cuando se prolonga más allá de cada hueco una distancia no menor que 1/5 de la altura libre de la planta.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-F Fábrica

Cálculo de muros

Muros con cargas concentradas.

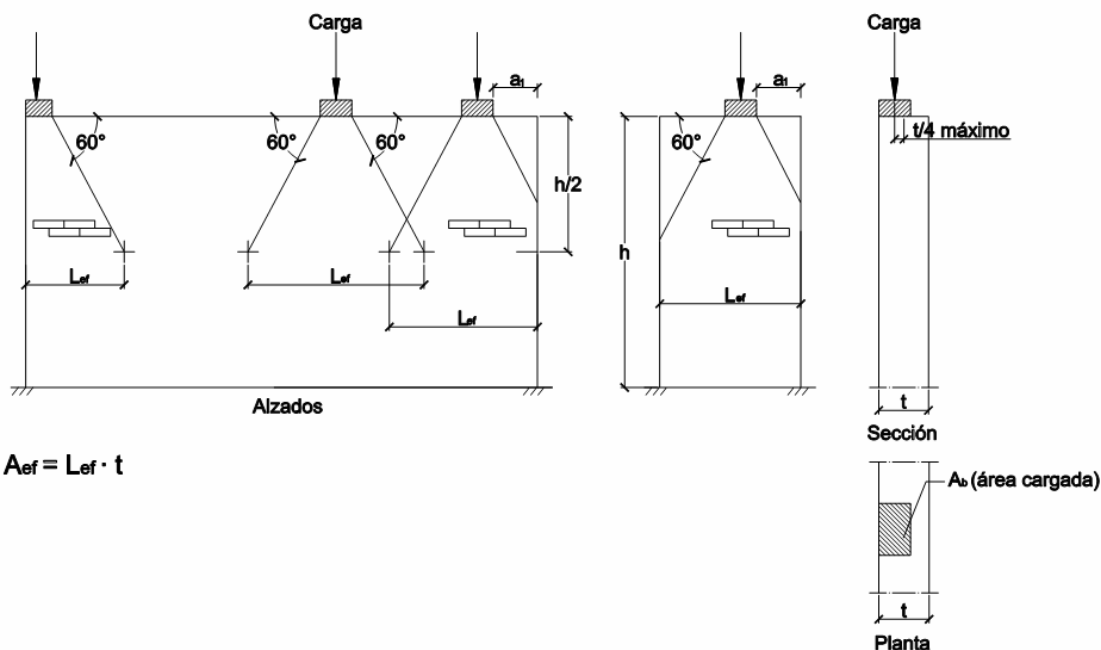


Figura 5.7 Muros con cargas concentradas.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-F Fábrica

Cálculo de muros

Muros con cargas laterales.

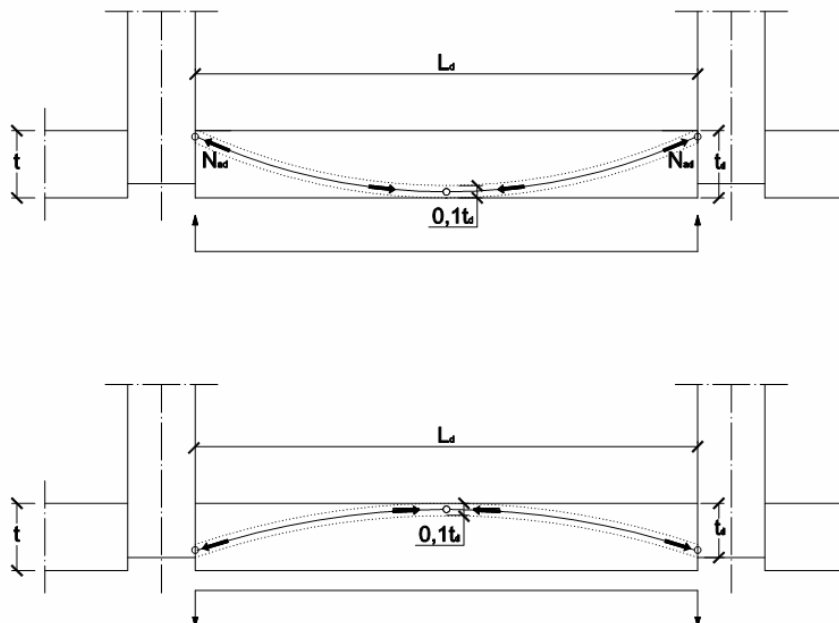


Figura 5.10 Comportamiento del muro como arco rebajado.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-F Fábrica. Comentarios

- Incluye todo tipo de fábricas de ladrillo, pero no de piedra.
- Incluye todo tipo de fábricas, sean o no estructurales
Petos, cerramiento, tabiques, etc.
- Incluye reglas de armado y pretensado.
- El cálculo confirma que es más importante la proporción geométrica que la resistencia.
- Da criterios para justificar la resistencia de muros ante empujes laterales



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-M Madera



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-M Madera

- 1 Generalidades
- 2 Bases de cálculo
- 3 Durabilidad
- 4 Materiales
- 5 Análisis estructural
- 6 Estados límite últimos
- 7 Estados límite de servicio
- 8 Uniones
- 9 Fatiga
- 10 Sistemas estructurales de madera y productos derivados
- 11 Ejecución
- 12 Tolerancias
- 13 Control

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-M Madera

Anejo A. Terminología

Anejo B. Notación y unidades

B.1 Notación

Anejo C. Asignación de clase resistente. Madera aserrada.

C.1 Generalidades

C.2 Asignación de clase resistente a partir de la Calidad de la especie arbórea.

C.3 Relación de normas de clasificación

C.4 Relación de especies arbóreas

Anejo D: Asignación de clase resistente. Madera laminada encolada

D.1 Generalidades

D.2 Asignación de clase resistente mediante ensayos

D.3 Asignación de clase resistente mediante fórmulas

D.4 Correspondencia entre clases resistentes de madera laminada encolada y madera aserrada

Anejo E. Valores de las propiedades de resistencia, rigidez y densidad. Madera aserrada, madera laminada encolada y tableros

E.1 Madera aserrada

E.2 Madera laminada encolada

E.3 Tableros

Anejo F. Valores orientativos de humedad de equilibrio de la madera, con uso en exterior protegido de la lluvia

Anejo G. Longitudes de pandeo

G.1 Introducción

G.2 Longitud de pandeo

Anejo H (Informativo). Fallo de uniones por cortante en el perímetro o en bloque

Anejo I. Relación de normas UNE.



Documento Básico SE-M Madera.

Acciones

Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones

Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

Clases resistentes

C Madera aserrada de coníferas y chopo

D Madera aserrada de frondosas

GI Madera laminada encolada

Clases de servicio

1 Interior seco ($H < 65\%$)

2 Interior húmedo ($65\% < H < 85\%$)

3 Exterior o interior húmedo ($H > 85\%$)

Estará muy bien si se exige a los fabricantes. Es imprescindible para la aplicación del C.T.E.



Documento Básico SE-M Madera.

Valor de cálculo del material y uniones.

$$X_d = k_{mod} \cdot \left(\frac{X_k}{\gamma_M} \right)$$

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γ_M .

Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	1,0

El resultado es que la resistencia de la madera depende de la duración de la carga.



Documento Básico SE-M Madera.

Valor de cálculo del material y uniones.

$$X_d = k_{mod} \cdot \left(\frac{X_k}{\gamma_M} \right)$$

Tabla 2.4 Valores del factor k_{mod} .

Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza		1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Madera laminada encolada		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Madera microlaminada		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero contrachapado	UNE EN 636						
	Partes 1, 2 y 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Partes 2 y 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Parte 3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero de virutas orientadas (OSB) ¹	UNE EN 300						
	OSB/2	1	0,25	0,30	0,40	0,65	1,10
	OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,40	0,50	0,70	1,10
	OSB/3, OSB/4	2	0,20	0,25	0,35	0,50	0,90



Documento Básico SE-M Madera.

Cálculo de secciones.

Tracción uniforme paralela a la fibra

$$\sigma_{t,0,d} = f_{t,0,d}$$

Tracción uniforme perpendicular a la fibra

$$\sigma_{t,90,d} = f_{t,90,d}$$

$$\sigma_{t,90,d} = k_{vol} \cdot f_{t,90,d}$$

madera maciza

madera laminada encolada y madera microlaminada

Compresión uniforme paralela a la fibra

$$\sigma_{c,0,d} = f_{c,0,d}$$

Compresión uniforme perpendicular a la fibra

$$\sigma_{c,90,d} = k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

Flexión simple

$$\sigma_{m,d} = f_{m,d}$$

Flexión esviada

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$k_m = 0,7$ secciones rectangulares

$k_m = 1,0$ secciones de otra forma

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$



Documento Básico SE-M Madera.

Cálculo de secciones.

Flexión y tracción combinadas

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Flexión y compresión combinadas

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Pandeo

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\chi_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$$

análogo para $\chi_{c,z}$

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) \quad \text{análogo para } k_z$$

Flexocompresión con pandeo

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$



Documento Básico SE-M Madera.

Cálculo de secciones.

Tabla 6.1 Valores del factor de pandeo χ_c ($\chi_{c,y}$ o $\chi_{c,z}$), para las diferentes clases resistentes de madera maciza y laminada encolada, en función de la esbeltez mecánica y de la clase resistente.

Clase Resistente	Esbeltez mecánica de la pieza																			
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
C14	0,98	0,93	0,86	0,74	0,60	0,48	0,39	0,31	0,26	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07	
C16	0,99	0,94	0,87	0,77	0,64	0,51	0,41	0,34	0,28	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	
C18	0,99	0,94	0,88	0,78	0,65	0,53	0,43	0,35	0,29	0,24	0,21	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	
C20	0,99	0,94	0,88	0,78	0,66	0,54	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	
C22	0,99	0,94	0,88	0,78	0,66	0,53	0,43	0,35	0,29	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	
C24	0,99	0,95	0,89	0,80	0,68	0,55	0,45	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	
C27	0,99	0,95	0,89	0,80	0,69	0,57	0,46	0,38	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	
C30	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,44	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	
C35	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,45	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	
C40	0,99	0,95	0,89	0,80	0,69	0,56	0,46	0,38	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	
C45	0,99	0,95	0,89	0,81	0,69	0,57	0,47	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	
C50	0,99	0,95	0,89	0,81	0,69	0,57	0,47	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09	0,09	
D30	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,44	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	
D35	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,45	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	
D40	0,99	0,95	0,89	0,80	0,69	0,56	0,46	0,38	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	
D50	1,00	0,96	0,91	0,83	0,73	0,61	0,50	0,42	0,35	0,29	0,25	0,21	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	
D60	1,00	0,96	0,92	0,85	0,76	0,65	0,54	0,45	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	
D70	1,00	0,97	0,93	0,87	0,79	0,69	0,58	0,49	0,41	0,35	0,30	0,26	0,22	0,20	0,17	0,16	0,14	0,13	0,11	
GL24h	1,00	0,98	0,95	0,89	0,80	0,66	0,54	0,44	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	
GL28h	1,00	0,98	0,95	0,89	0,79	0,65	0,53	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	
GL32h	1,00	0,98	0,94	0,89	0,79	0,65	0,52	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	
GL36h	1,00	0,98	0,94	0,89	0,79	0,65	0,53	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	
GL24c	1,00	0,98	0,96	0,91	0,84	0,72	0,60	0,49	0,41	0,34	0,29	0,25	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	
GL28c	1,00	0,98	0,95	0,91	0,82	0,70	0,57	0,47	0,39	0,32	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	
GL32c	1,00	0,98	0,95	0,90	0,82	0,69	0,57	0,46	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	
GL36c	1,00	0,98	0,95	0,90	0,81	0,68	0,56	0,45	0,37	0,31	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA - DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Juan Pérez Valcárcel



Documento Básico SE-M Madera.

Cálculo de uniones.

Uniones entre piezas de madera, tableros y chapas de acero mediante los sistemas de unión siguientes:

- Elementos mecánicos de fijación de tipo clavija (clavos, pernos, pasadores, tirafondos y grapas).
- Elementos mecánicos de fijación de tipo conectores.
- Uniones tradicionales.

En general complejo y pesado.

En madera es más difícil el cálculo de uniones que el de barras.

**Documento Básico SE-M Madera.****Comentarios**

- **Prácticamente igual al Eurocódigo 5**
No supone cambio porque es el que se utilizaba
- **Fuerte penalización de las condiciones de deformación**
En la práctica deja la madera reducida al uso en cubiertas. (Fuerte discrepancia con el Eurocódigo).
- **Define las clases resistentes y de servicio**
Cabe pensar que por fin la industria se verá obligada a clasificar y garantizar la madera
- **Coefficientes de seguridad variables**
Es de esperar que los programas de cálculo lo incorporen
- **Aporta criterios para las uniones.**
Cálculos muy complicados

**Resumen**

Cambios sobre todo formales : notaciones, coeficientes parciales de seguridad, estados límite

Es una apuesta clara por la CALIDAD en la edificación.

- | | |
|----------------------|---|
| Acciones: | las mismas; valores similares. Sube viento
bajan las sobrecargas (no se alternan), baja nieve |
| - Acero : | cambios de notación, pandeo con más variables
complica el cálculo de uniones |
| - Madera : | novedad; notación, problemas de deformación
complica el cálculo de uniones |
| - Fábricas : | amplía el campo; vale para fachadas y muros de sótano |
| - Cimientos : | ambigüedad, dificultad de aplicación
definición más precisa del informe geotécnico
aumenta la capacidad de los pilotes
problemas con los muros de contención |

Compensará pasarse cuanto antes a Seguridad y Acciones comenzando por usarlas junto con EHE.



CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES