

Septiembre 2004

### TÍTULO

**Eurocódigo 1: Acciones en estructuras**

**Parte 1-5: Acciones generales**

**Acciones térmicas**

*Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-5: General actions. Thermal actions.*

*Eurocode 1: Actions sur les structures. Partie 1-5: Actions générales. Actions thermiques.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 1991-1-5 de noviembre de 2003.

### OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-ENV 1991-2-5 de noviembre de 1998.

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 140 *Eurocódigos Estructurales* cuya Secretaría desempeña SEOPAN.

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 38557:2004

© AENOR 2004  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR**

C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Teléfono 91 432 60 00  
Fax 91 310 40 32

40 Páginas

**Grupo 703**



Versión en español

**Eurocódigo 1: Acciones en estructuras**  
**Parte 1-5: Acciones generales**  
**Acciones térmicas**

**Eurocode 1: Actions on structures.**  
**Part 1-5: General actions. Thermal**  
**actions.**

**Eurocode 1: Actions sur les structures.**  
**Partie 1-5: Actions générales. Actions**  
**thermiques.**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2003-09-18. Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

**CEN**  
**COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN**  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung  
**SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles**

## ÍNDICE

	Página
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>6</b>
Antecedentes del programa de los Eurocódigos .....	7
Estatus y campo de aplicación de los Eurocódigos.....	7
Las normas nacionales de aplicación de los Eurocódigos.....	8
Vínculos entre los Eurocódigos y las especificaciones técnicas armonizadas (ENs y DITEs) de productos .....	8
Información adicional específica de la Norma EN 1991-1-5.....	9
El anexo nacional de la Norma EN 1991-1-5 .....	9
<b>CAPÍTULO 1 GENERALIDADES</b>	
1.1 Objeto y campo de aplicación .....	10
1.2 Normas para consulta.....	10
1.3 Consideraciones.....	10
1.4 Distinción entre Principios y Reglas de Aplicación.....	10
1.5 Términos y definiciones .....	10
1.6 Símbolos.....	11
<b>CAPÍTULO 2 CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES</b>	
<b>CAPÍTULO 3 SITUACIONES DE PROYECTO</b>	
<b>CAPÍTULO 4 REPRESENTACIÓN DE LAS ACCIONES</b>	
<b>CAPÍTULO 5 VARIACIONES DE TEMPERATURA EN EDIFICIOS</b>	
5.1 Generalidades.....	16
5.2 Determinación de temperaturas .....	16
5.3 Determinación de las distribuciones de temperatura .....	17
<b>CAPÍTULO 6 VARIACIONES DE TEMPERATURA EN PUENTES</b>	
6.1 Tableros de puentes .....	19
6.1.1 Tipos de tableros de puentes .....	19
6.1.2 Consideración de las acciones térmicas.....	19
6.1.3 Componente uniforme de la temperatura.....	19
6.1.4 Componentes de la diferencia de temperatura.....	21
6.1.5 Simultaneidad de la componente uniforme y de la componente de la diferencia de temperatura .....	27
6.1.6 Diferencias en la componente uniforme de la temperatura entre elementos estructurales diferentes.....	27
6.2 Pilas de puente.....	28
6.2.1 Consideración de las acciones térmicas.....	28
6.2.2 Diferencias de temperatura.....	28

## CAPÍTULO 7 VARIACIONES DE TEMPERATURA EN CHIMENEAS INDUSTRIALES, TUBERÍAS, SILOS, DEPÓSITOS Y TORRES DE REFRIGERACIÓN

7.1	Generalidades.....	29
7.2	Componentes de la temperatura.....	29
7.2.1	Temperatura del aire a la sombra .....	29
7.2.2	Temperatura de gases de combustión, líquidos y materiales calentados .....	29
7.2.3	Temperatura del elemento .....	30
7.3	Consideración de las componentes de la temperatura.....	30
7.4	Determinación de las componentes de la temperatura .....	30
7.5	Valores de las componentes de la temperatura (valores indicativos) .....	30
7.6	Simultaneidad de las componentes de la temperatura.....	31
ANEXO A (Normativo)	ISOTERMAS DE LAS TEMPERATURAS NACIONALES MÁXIMA Y MÍNIMA DEL AIRE A LA SOMBRA.....	33
A.1	Generalidades.....	33
A.2	Valores de la temperaturas máxima y mínima del aire a la sombra con una probabilidad anual de ser excedidos de valor $p$ diferente de 0,02.....	33
ANEXO B (Normativo)	DIFERENCIAS DE TEMPERATURA PARA DIFERENTES ESPESORES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA .....	35
ANEXO C (Informativo)	COEFICIENTES DE DILATACIÓN LINEAL .....	37
ANEXO D (Informativo)	DISTRIBUCIONES DE TEMPERATURA EN EDIFICIOS Y OTRAS CONSTRUCCIONES .....	38
BIBLIOGRAFÍA.....		40

### ANTECEDENTES

Esta Norma Europea 1991-1-5 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 250 *Eurocódigos estructurales*, cuya Secretaría desempeña BSI.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de mayo de 2004, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de marzo de 2010.

Los anexos A y B son normativos. Los anexos C y D son informativos.

Esta norma anula y sustituye a la Norma ENV 1991-2-5:1997.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

### Antecedentes del programa de Eurocódigos

En 1975, la Comisión de la Comunidad Europea decidió llevar a cabo un programa de actuación en el campo de la construcción, basado en el artículo 95 del Tratado. El objetivo de este programa era la eliminación de las barreras técnicas al comercio y la armonización de las especificaciones técnicas.

Dentro de este programa de actuación, la Comisión tomó la iniciativa de establecer un conjunto de reglas técnicas armonizadas para el proyecto de las estructuras que, en una primera etapa, sirviera como alternativa a las reglas nacionales en vigor en los Estados Miembro y, finalmente, las pudiera reemplazar.

Durante quince años, la Comisión, con la ayuda de un Comité Director con representantes de los Estados Miembro, condujo el desarrollo del programa de los Eurocódigos, lo que llevó en los años 80 a la primera generación de códigos europeos.

En 1989, la Comisión y los Estados Miembro de la UE y de la AELC decidieron, sobre la base de un acuerdo<sup>1)</sup> entre la Comisión y el CEN, transferir al CEN la preparación y la publicación de los Eurocódigos mediante una serie de Mandatos, con el fin de dotarlos de un futuro estatus de Norma Europea (EN). Esto vincula *de facto* los Eurocódigos con las disposiciones de todas las Directivas del Consejo y Decisiones de la Comisión que hacen referencia a las normas europeas (por ejemplo, la Directiva del Consejo 89/106/CEE sobre productos de construcción -DPC- y las Directivas del Consejo 93/37/CEE, 92/50/CEE y 89/440/CEE sobre obras públicas y servicios y las Directivas de la AELC equivalentes iniciadas para conseguir la implantación del mercado interior).

El programa Eurocódigos Estructurales comprende las siguientes normas, compuestas a su vez de diversas Partes:

EN 1990	Eurocódigos: Bases para el cálculo de estructuras
EN 1991	Eurocódigo 1: Acciones en estructuras
prEN 1992	Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón
prEN 1993	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero
prEN 1994	Eurocódigo 4: Proyecto de estructuras mixtas
prEN 1995	Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera
prEN 1996	Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de fábrica
prEN 1997	Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico
prEN 1998	Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes
prEN 1999	Eurocódigo 9: Proyecto de estructuras de aluminio

Los Eurocódigos reconocen la responsabilidad de las autoridades reglamentadoras de cada Estado Miembro y han salvaguardado su derecho a determinar, en el ámbito nacional, los valores relacionados con temas reglamentarios de seguridad cuando éstos sigan siendo distintos de un Estado a otro.

### Estatus y campo de aplicación de los Eurocódigos

Los Estados Miembro de la UE y de la AELC reconocen que los Eurocódigos sirven como documentos de referencia para los siguientes fines:

- como medio para demostrar el cumplimiento en las obras de edificación y de ingeniería civil de los requisitos esenciales de la Directiva del Consejo 89/106/CEE, en particular del Requisito Esencial nº 1 - Resistencia mecánica y estabilidad - y del Requisito Esencial nº 2 - Seguridad en caso de incendio;
- como base para especificar los contratos de las obras de construcción y de los servicios de ingeniería relacionados con ellas;
- como marco para redactar las especificaciones técnicas armonizadas de productos de construcción (ENs y DITEs).

---

1) Acuerdo entre la Comisión de la Comunidad Europea y el Comité Europeo de Normalización (CEN) referente al trabajo sobre los EUROCÓDIGOS para el proyecto de edificios y de obras de ingeniería civil.

Los Eurocódigos, en la medida en que están relacionados con las construcciones, tienen una relación directa con los Documentos Interpretativos<sup>2)</sup> a los que hace referencia el artículo 12 de la DPC, aunque son de distinta naturaleza que las normas armonizadas de producto<sup>3)</sup>. Por ello, los Comités Técnicos del CEN y/o los Grupos de Trabajo de la EOTA que trabajen sobre normas de producto deben considerar de manera adecuada los aspectos técnicos de los Eurocódigos, con vistas a obtener una compatibilidad total entre estas especificaciones técnicas y los Eurocódigos.

Los Eurocódigos dan reglas comunes de cálculo estructural para su uso habitual en el proyecto de estructuras completas y de productos componentes de naturaleza tanto tradicional como innovadora. Las formas de construcción y las condiciones de proyecto poco usuales no quedan cubiertas específicamente y requerirán, en tales casos, un estudio adicional del proyectista.

### **Las normas nacionales de aplicación de los Eurocódigos**

Las normas nacionales de aplicación de los Eurocódigos comprenderán el texto completo del Eurocódigo (incluyendo los anexos) tal y como se publique por el CEN, pudiendo éste venir precedido de una portada nacional y de un preámbulo nacional y terminado en un anexo nacional.

El anexo nacional sólo puede contener información sobre aquellos parámetros, que queden abiertos en los Eurocódigos para la elección de una opción nacional, conocidos como Parámetros de Determinación Nacional, para su empleo en el proyecto de las obras de edificación y de ingeniería civil a construir en el país correspondiente, es decir:

- los valores y/o clases sobre los que se ofrezcan alternativas en el Eurocódigo;
- los valores a emplear cuando sólo se dé un símbolo en el Eurocódigo;
- los datos específicos del país (geográficos, climatológicos, etc.), por ejemplo, un mapa de nieve;
- el procedimiento a emplear cuando los Eurocódigos ofrezcan procedimientos alternativos.

También puede contener:

- decisiones sobre la aplicación de los anexos informativos, y
- referencia a información complementaria no contradictoria que ayude al usuario a aplicar el Eurocódigo.

### **Vínculos entre los Eurocódigos y las especificaciones técnicas armonizadas (ENs y DITEs) de productos**

Hay una necesidad de consistencia entre las especificaciones técnicas armonizadas de los productos de construcción y las reglas técnicas de las obras<sup>4)</sup>. Aún más, toda la información que acompañe al marcado CE de los productos de construcción y que se refiera a los Eurocódigos debe mencionar con claridad qué Parámetros de Determinación Nacional se han tenido en cuenta.

---

2) De acuerdo con el artículo 3.3 de la DPC, los documentos interpretativos darán forma concreta a los requisitos esenciales (REs con el fin de establecer los vínculos necesarios entre los requisitos esenciales y los mandatos para la elaboración de normas armonizadas y DITEs/Guías de DITEs.

3) De acuerdo con el artículo 12 de la DPC los documentos interpretativos deben:

- a) dar forma concreta a los requisitos esenciales mediante la armonización de la terminología y de las bases técnicas y la asignación, en su caso, de clases y niveles para cada requisito esencial;
- b) indicar los métodos para relacionar estas clases y niveles con las especificaciones técnicas, por ejemplo, métodos de cálculo y de prueba, reglas técnicas para el cálculo en proyectos, etc.;
- c) servir de referencia para el establecimiento de las normas armonizadas y de guías para los Documentos de Idoneidad Técnica Europeos.

Los Eurocódigos, de facto, juegan un papel similar en el campo del Requisito Esencial nº 1 y en parte del Requisito Esencial nº 2.

4) Véanse los artículos 3.3 y 12 de la DPC, así como los apartados 4.2, 4.3.1, 4.3.2 y 5.2 del Documento Interpretativo nº 1.



### **Información adicional específica a la Norma EN 1991-1-5**

La Norma EN 1991-1-5 proporciona una guía de proyecto para la determinación de las acciones térmicas a considerar en el proyecto de obras de edificación y de ingeniería civil, procedentes de las condiciones climáticas y de operación.

La Norma EN 1991-1-2 proporciona información sobre las acciones térmicas inducidas por fuego.

La Norma EN 1991-1-5 está dirigida a clientes, proyectistas, contratistas y las autoridades pertinentes.

La Norma EN 1991-1-5 se utiliza conjuntamente con la Norma EN 1990, las otras partes de la Norma EN 1991 y las Normas EN 1992 a EN 1999 para el proyecto de estructuras.

En el caso de puentes, los anexos nacionales especifican si la componente general no lineal de la temperatura o la componente simplificada lineal de la temperatura debería utilizarse en los cálculos del proyecto.

En el caso de chimeneas, se debería hacer referencia a la Norma EN 13084-1 para el establecimiento de aquellas acciones térmicas derivadas de los procesos de operación.

### **Anexo nacional de la Norma EN 1991-1-5**

Esta norma proporciona procedimientos alternativos, valores y recomendaciones en cuanto a clases, con notas indicando dónde pueden introducirse los parámetros nacionales, por lo que la norma nacional adopción de la Norma EN 1991-1-5, debería tener un anexo nacional conteniendo todos los Parámetros de Determinación Nacional a emplear en el proyecto de obras de edificación y de ingeniería civil a construir en el país correspondiente.

La Norma EN 1991-1-5 permite la elección de opciones nacionales en los apartados siguientes:

- 5.3(2) (Tablas 5.1, 5.2 y 5.3)
- 6.1.1(1)
- 6.1.2(2)
- 6.1.3.1(4)
- 6.1.3.2(1)
- 6.1.3.3(3)
- 6.1.4(3)
- 6.1.4.1(1)
- 6.1.4.2(1)
- 6.1.4.3(1)
- 6.1.4.4(1)
- 6.1.5(1)
- 6.1.6(1)
- 6.2.1(1)P
- 6.2.2(1)
- 6.2.2(2)
- 7.2.1(1)
- 7.5(3)
- 7.5(4)
- A.1(1)
- A.1(3)
- A.2(2)
- B(1) (Tablas B.1, B.2 y B.3)

## CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

### 1.1 Objeto y campo de aplicación

- (1) La Norma EN 1991-1-5 proporciona los principios y reglas para el cálculo de las acciones térmicas en edificios, puentes y otras estructuras, incluyendo sus elementos estructurales. Se proporcionan también los principios necesarios para cerramientos y otras partes de edificios.
- (2) Esta norma describe los cambios de temperatura de los elementos estructurales. Los valores característicos de las acciones térmicas son los utilizados en el proyecto de estructuras que estén expuestas a cambios climáticos diarios y estacionales. Las estructuras no expuestas a estos cambios climáticos puede que no necesiten ser analizadas frente a las acciones térmicas.
- (3) Las estructuras en las que las acciones térmicas dependen principalmente de su uso (por ejemplo, torres de refrigeración, silos, depósitos, instalaciones de almacenamiento en frío y calor, instalaciones de calor y frío, etc.), se tratan en el capítulo 7. Las chimeneas se tratan en la Norma EN 13084-1.

### 1.2 Normas para consulta

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Para las referencias con fecha, no son aplicables las revisiones o modificaciones posteriores de ninguna de las publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo modificaciones).

EN 1990:2002 – *Eurocódigos: Bases de cálculo de estructuras.*

prEN 1991-1-6 – *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-6: Acciones generales. Acciones durante la ejecución.*

EN 13084-1 – *Chimeneas autoportantes. Parte 1: Requisitos generales.*

ISO 2394 – *Principios generales sobre fiabilidad estructural.*

ISO 3898 – *Bases de cálculo de estructuras. Notaciones. Símbolos generales.*

ISO 8930 – *Principios generales sobre fiabilidad estructural. Lista de términos equivalentes.*

### 1.3 Consideraciones

- (1)P Las consideraciones generales de la Norma EN 1990 también son de aplicación a esta norma.

### 1.4 Distinción entre Principios y Reglas de Aplicación

- (1)P Las reglas del apartado 1.4 de la Norma EN 1990:2002, también son de aplicación a esta norma.

### 1.5 Términos y definiciones

A los efectos de esta norma europea, son de aplicación las definiciones dadas en las Normas EN 1990, ISO 2394, ISO 3898 e ISO 8930, así como las siguientes:

**1.5.1 acciones térmicas:** Las acciones térmicas sobre una estructura o un elemento estructural son aquellas acciones que provienen de las variaciones de temperatura dentro de un intervalo específico de tiempo.

**1.5.2 temperatura del aire a la sombra:** La temperatura del aire a la sombra es la temperatura medida por los termómetros colocados en una caja de madera con taladros pintada de color blanco, conocida como “pantalla de Stevenson”.

**1.5.3 temperatura máxima del aire a la sombra  $T_{\text{máx.}}$ :** Es el valor de la temperatura máxima del aire a la sombra con una probabilidad anual de ser excedido de 0,02 (equivalente a un período de retorno medio de 50 años), basado en los valores máximos registrados en intervalos de una hora.

**1.5.4 temperatura mínima del aire a la sombra  $T_{\text{mín.}}$ :** Es el valor de la temperatura mínima del aire a la sombra con una probabilidad anual de ser excedido de 0,02 (equivalente a un período de retorno medio de 50 años), basado en los valores mínimos registrados en intervalos de una hora.

**1.5.5 temperatura inicial  $T_0$ :** Es la temperatura de un elemento estructural en la etapa en la que se bloquean sus coacciones a los movimientos (terminación).

**1.5.6 cerramiento:** Es la parte del edificio que actúa como membrana protectora frente a las inclemencias del tiempo. Normalmente el cerramiento solamente soportará su peso propio y/o la acción del viento.

**1.5.7 componente uniforme de temperatura:** Es la temperatura, constante en la sección transversal, que rige la dilatación o contracción de un elemento o estructura (en puentes, a esta temperatura se le denomina temperatura “efectiva”; no obstante, para esta norma se ha adoptado el término “uniforme”).

**1.5.8 componente de diferencia de temperatura:** Es la parte de la distribución de temperaturas en un elemento estructural que representa la diferencia de temperatura existente entre la cara externa del elemento y cualquier punto en su interior.

## 1.6 Símbolos

(1) A los efectos de esta parte del Eurocódigo 1, se utilizan los siguientes símbolos.

NOTA – La notación empleada se basa en la Norma ISO 3898.

(2) En la Norma EN 1990 se incluye una lista básica de símbolos. Los símbolos adicionales que se indican a continuación son específicos de esta norma.

### *Letras latinas mayúsculas*

$R$	resistencia térmica del elemento estructural
$R_{\text{in}}$	resistencia térmica en la superficie interna
$R_{\text{out}}$	resistencia térmica en la superficie externa
$T_{\text{máx.}}$	temperatura máxima del aire a la sombra con una probabilidad anual de ser excedida de 0,02 (equivalente a un período de retorno medio de 50 años)
$T_{\text{mín.}}$	temperatura mínima del aire a la sombra con una probabilidad anual de ser excedida de 0,02 (equivalente a un período de retorno medio de 50 años)
$T_{\text{máx.,p}}$	temperatura máxima del aire a la sombra con una probabilidad anual de ser excedida de valor $p$ (equivalente a un período de retorno medio de valor $1/p$ )
$T_{\text{mín.,p}}$	temperatura mínima del aire a la sombra con una probabilidad anual de ser excedida de valor $p$ (equivalente a un período de retorno medio de valor $1/p$ )
$T_{\text{e.máx.}}$	máxima componente uniforme de temperatura en un puente
$T_{\text{e.mín.}}$	mínima componente uniforme de temperatura en un puente

$T_0$	temperatura inicial cuando es coaccionado el elemento estructural
$T_{in}$	temperatura del aire del ambiente interior
$T_{out}$	temperatura ambiente exterior
$\Delta T_1, \Delta T_2,$ $\Delta T_3, \Delta T_4$	valores de las diferencias de temperatura en fase de calentamiento (enfriamiento)
$\Delta T_u$	componente uniforme de la temperatura
$\Delta T_{N,exp}$	máxima variación de dilatación de la componente uniforme de temperatura de un puente ( $T_{e.máx.} \geq T_0$ )
$\Delta T_{N,con}$	máxima variación de contracción de la componente uniforme de temperatura de un puente ( $T_0 \geq T_{e.mín.}$ )
$\Delta T_N$	variación total de la componente uniforme de temperatura de un puente
$\Delta T_M$	componente lineal de la diferencia de temperatura
$\Delta T_{M,heat}$	componente lineal de la diferencia de temperatura (calentamiento)
$\Delta T_{M,cool}$	componente lineal de la diferencia de temperatura (enfriamiento)
$\Delta T_E$	parte no lineal de la componente de diferencia de temperatura
$\Delta T$	suma de la componente lineal y de la parte no lineal de la componente de diferencia de temperatura
$\Delta T_p$	diferencia de temperatura entre distintas partes de una estructura obtenida como diferencia de las temperaturas medias de dichas partes

#### *Letras latinas minúsculas*

$h$	canto de la sección transversal
$k_1, k_2$ $k_3, k_4$	coeficientes para calcular la temperatura máxima (mínima) del aire a la sombra con una probabilidad anual de ser excedida de valor $p$ , diferente de 0,02
$k_{sur}$	coeficiente que tiene en cuenta el tipo y espesor de la superficie para la determinación de la componente lineal de la diferencia de temperatura
$p$	probabilidad anual de que sea excedida la temperatura máxima (mínima) del aire a la sombra (equivalente a un período de retorno medio de $1/p$ años)
$u, c$	moda y parámetro de dispersión de la distribución anual de la temperatura máxima (mínima) del aire a la sombra

#### *Letras griegas minúsculas*

$\alpha_T$	coeficiente de dilatación lineal ( $1/^\circ\text{C}$ )
$\lambda$	conductividad térmica
$\omega_N$	factor de reducción de la componente uniforme de temperatura para su combinación con la componente de la diferencia de temperatura
$\omega_M$	factor de reducción de la componente de la diferencia de temperatura para su combinación con la componente uniforme de temperatura

## **CAPÍTULO 2 CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES**

- (1)P Las acciones térmicas deben clasificarse como acciones variables e indirectas, véanse los apartados 1.5.3 y 4.1.1 de la Norma EN 1990:2002.
- (2) Todos los valores de las acciones térmicas que se dan en esta norma son valores característicos, salvo que se indique lo contrario.
- (3) Los valores característicos de las acciones térmicas dados en esta norma, son valores con una probabilidad anual de ser excedidos de 0,02, salvo que se indique lo contrario, como por ejemplo, para situaciones transitorias de proyecto.

NOTA – Para situaciones transitorias de proyecto, los valores relacionados de las acciones térmicas pueden obtenerse utilizando el método de cálculo que se recoge en el capítulo A.2.

### **CAPÍTULO 3 SITUACIONES DE PROYECTO**

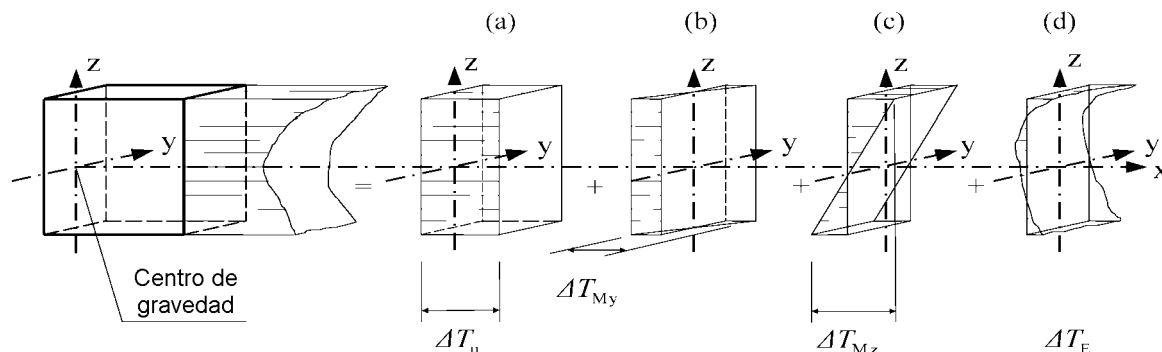
- (1)P Para cada situación pertinente de proyecto, identificada de acuerdo con la Norma EN 1990, se deben determinar las acciones térmicas.

NOTA – Las estructuras no expuestas a cambios climáticos diarios y estacionales ni a cambios de temperatura de operación, pueden no necesitar ser analizadas frente a las acciones térmicas.

- (2)P Los elementos de estructuras que resistan cargas deben comprobarse para asegurarse de que los movimientos térmicos no causarán esfuerzos adicionales que induzcan tensiones excesivas en la estructura, ya sea mediante la disposición de juntas o mediante la consideración de estos efectos en el proyecto.

## CAPÍTULO 4 REPRESENTACIÓN DE LAS ACCIONES

- (1) Los cambios diarios y estacionales en la temperatura del aire a la sombra, radiación solar, re-radiación, etc., se traducirán en variaciones de la distribución de temperatura dentro de los elementos individuales de una estructura.
- (2) La magnitud de los efectos térmicos dependerá de las condiciones climáticas locales, conjuntamente con la orientación de la estructura, su masa global, acabados (por ejemplo, cerramientos de edificios) y, en el caso de estructuras de edificación, de los regímenes de calefacción y ventilación y del aislamiento térmico.
- (3) La distribución de temperatura dentro de un elemento estructural individual puede separarse en las siguientes cuatro componentes constituyentes esenciales, tal como se muestra en la figura 4.1:
  - a) Una componente uniforme de temperatura,  $\Delta T_u$ ;
  - b) Una componente lineal de la diferencia de temperatura, variando alrededor del eje  $z$ - $z$ ,  $\Delta T_{My}$ ;
  - c) Una componente lineal de la diferencia de temperatura, variando alrededor del eje  $y$ - $y$ ,  $\Delta T_{Mz}$ ;
  - d) Una componente no lineal de la diferencia de temperatura,  $\Delta T_E$ . Esta componente da lugar a un estado de tensiones autoequilibradas, que no produce, por consiguiente, ningún efecto de carga o acción sobre el elemento estructural.



**Fig. 4.1 – Representación esquemática de las componentes constituyentes de una distribución de temperaturas**

- (4) Las deformaciones y consecuentemente las tensiones resultantes, dependen de la geometría y de las condiciones de contorno del elemento considerado y de las propiedades físicas del material. Cuando se empleen conjuntamente materiales con distintos coeficientes de dilatación lineal, deberían tenerse en cuenta los efectos térmicos derivados de esta situación.
- (5) Con el objetivo de determinar los efectos térmicos, debería conocerse el coeficiente de dilatación lineal del material.

NOTA – El anexo C proporciona el coeficiente de dilatación lineal para materiales utilizados habitualmente.

## CAPÍTULO 5 VARIACIONES DE TEMPERATURA EN EDIFICIOS

### 5.1 Generalidades

- (1)P Las acciones térmicas en edificios debidas a cambios de temperatura climáticos y de operación deben considerarse en el proyecto de edificios en los que exista la posibilidad de que los estados límite últimos y de servicio sean sobrepasados, debido a los movimientos térmicos y/o a las tensiones resultantes.

NOTA 1 – Los cambios de volumen y/o tensiones ocasionados por los cambios de temperatura pueden también estar influidos por:

- a) la sombra de edificios adyacentes;
- b) la utilización de diferentes materiales con diferentes coeficientes de dilatación térmica y de transferencia de calor;
- c) la utilización de diferentes formas de sección transversal con diferente temperatura uniforme.

NOTA 2 – La humedad y otros factores ambientales pueden también afectar a los cambios de volumen de los elementos.

### 5.2 Determinación de temperaturas

- (1) Las acciones térmicas en edificios debidas a cambios de temperatura climáticos y de operación deberían determinarse de acuerdo con los principios y reglas que se presentan en este capítulo, teniendo en cuenta los datos nacionales (regionales) y la experiencia.
- (2)P Los efectos climáticos deben determinarse considerando la variación de la temperatura del aire a la sombra y de la radiación solar. Los efectos térmicos de operación (ocasionados por calefacción, procesos tecnológicos o industriales) deben considerarse de acuerdo con el proyecto específico.
- (3)P De acuerdo con las componentes de temperatura definidas en el capítulo 4, las acciones térmicas climáticas y de operación sobre un elemento estructural deben especificarse utilizando las cantidades básicas siguientes:
- a) Una componente uniforme de temperatura  $\Delta T_u$  dada por la diferencia entre la temperatura media  $T$  de un elemento y su temperatura inicial  $T_0$ .
  - b) Una componente lineal de diferencia de temperatura dada por la diferencia  $\Delta T_M$  entre las temperaturas en las superficies externa e interna de una sección transversal, o en las superficies de capas individuales.
  - c) Una diferencia de temperatura  $\Delta T_p$  de diferentes partes de una estructura dada por la diferencia de temperaturas medias de dichas partes.

NOTA – Los valores de  $\Delta T_M$  y  $\Delta T_p$  pueden darse en el proyecto específico.

- (4) Además de considerar  $\Delta T_u$ ,  $\Delta T_M$  y  $\Delta T_p$ , cuando proceda, se deberían considerar los efectos locales de las acciones térmicas (por ejemplo, en soportes o fijaciones de elementos estructurales y cerramientos). La adecuada representación de las acciones térmicas debería definirse teniendo en cuenta el emplazamiento del edificio y los detalles constructivos estructurales.
- (5) La componente uniforme de temperatura de un elemento estructural  $\Delta T_u$  se define como:

$$\Delta T_u = T - T_0 \quad (5.1)$$

donde

$T$  es la temperatura media de un elemento estructural inducida por las temperaturas climáticas, en invierno o verano, y por las temperaturas de operación.



- (6) Las cantidades  $\Delta T_u$ ,  $\Delta T_M$ ,  $\Delta T_p$  y  $T$  deberían determinarse de acuerdo con los principios establecidos en el apartado 5.3, utilizando datos regionales. Cuando no se disponga de datos regionales, pueden aplicarse las reglas indicadas en el apartado 5.3.

### 5.3 Determinación de las distribuciones de temperatura

- (1) La temperatura  $T$  en la expresión (5.1) debería determinarse como la temperatura media de un elemento estructural, en invierno o verano, utilizando una distribución de temperaturas. En el caso de un elemento sándwich,  $T$  es la temperatura media de una capa específica.

NOTA 1 – En el anexo D se indican métodos para determinar las distribuciones de temperaturas, basados en la teoría de la transmisión de calor.

NOTA 2 – Cuando se consideren elementos de una capa y cuando las condiciones ambientales en ambas caras sean similares,  $T$  puede determinarse de manera aproximada como la media de la temperatura ambiente del entorno interior y exterior,  $T_{in}$  y  $T_{out}$ .

- (2) La temperatura del ambiente interior,  $T_{in}$ , debería determinarse de acuerdo con la tabla 5.1. La temperatura del entorno exterior,  $T_{out}$ , debería determinarse de acuerdo con:

- a) tabla 5.2 para las partes localizadas por encima del nivel del suelo;
- b) tabla 5.3 para las partes localizadas por debajo del nivel del suelo.

NOTA – Las temperaturas  $T_{out}$  para la estación de verano, tal como se indica en la tabla 5.2, dependen del factor de absorción solar de la superficie y de su orientación:

- las máximas temperaturas se suelen alcanzar en superficies orientadas hacia el oeste, sudoeste o en superficies horizontales;
- las mínimas temperaturas (en °C alrededor de la mitad de las máximas) se alcanzan en superficies orientadas hacia el norte.

**Tabla 5.1**  
**Valores indicativos de la temperatura del ambiente interior  $T_{in}$**

Estación	Temperatura $T_{in}$
Verano	$T_1$
Invierno	$T_2$
NOTA – Los valores de $T_1$ y $T_2$ pueden especificarse en el anexo nacional. Cuando no existan datos disponibles, se recomienda adoptar los siguientes valores de $T_1 = 20$ °C y $T_2 = 25$ °C	

**Tabla 5.2**  
**Valores indicativos de la temperatura exterior  $T_{out}$  sobre rasante del terreno para edificios**

Estación	Factor significativo		Temperatura $T_{out}$ en °C
Verano	Factor de absorción solar dependiendo del color de la superficie	0,5 superficie clara brillante	$T_{máx.} + T_3$
		0,7 superficie clara coloreada	$T_{máx.} + T_4$
		0,9 superficie oscura	$T_{máx.} + T_5$
Invierno			$T_{min.}$
NOTA – Los valores de las temperaturas máxima $T_{máx.}$ y mínima $T_{min.}$ del aire a la sombra, y los efectos de la radiación solar $T_3$ , $T_4$ y $T_5$ pueden especificarse en el anexo nacional. Cuando no existan datos disponibles para regiones comprendidas entre las latitudes de 45°N y 55°N, se recomienda adoptar para superficies orientadas al nordeste los valores de $T_3 = 0\text{ °C}$ , $T_4 = 2\text{ °C}$ y $T_5 = 4\text{ °C}$ , y para superficies orientadas al sudoeste o para superficies horizontales los valores de $T_3 = 18\text{ °C}$ , $T_4 = 30\text{ °C}$ y $T_5 = 42\text{ °C}$ .			

**Tabla 5.3**  
**Valores indicativos de la temperatura exterior  $T_{\text{out}}$  para partes de edificios bajo rasante del terreno**

Estación	Profundidad por debajo del nivel del suelo	Temperatura $T_{\text{out}}$ en °C
Verano	Menor que 1 m	$T_6$
	Mayor que 1 m	$T_7$
Invierno	Menor que 1 m	$T_8$
	Mayor que 1 m	$T_9$
NOTA – Los valores de $T_6$ , $T_7$ , $T_8$ y $T_9$ pueden especificarse en el anexo nacional. Cuando no existan datos disponibles para regiones comprendidas entre las latitudes 45°N y 55°N, se recomienda adoptar los valores de $T_6 = 8$ °C, $T_7 = 5$ °C, $T_8 = -5$ °C y $T_9 = -3$ °C		

## CAPÍTULO 6 VARIACIONES DE TEMPERATURA EN PUENTES

### 6.1 Tableros de puentes

#### 6.1.1 Tipos de tableros de puentes

(1) A los efectos de esta norma, los tableros de puentes se agrupan en:

Tipo 1	Tablero de acero:	<ul style="list-style-type: none"><li>– cajón de acero</li><li>– celosía o viga armada de acero</li></ul>
Tipo 2	Tablero mixto	
Tipo 3	Tablero de hormigón:	<ul style="list-style-type: none"><li>– losa de hormigón</li><li>– viga de hormigón</li><li>– cajón de hormigón</li></ul>

NOTA 1 – Véase también la figura 6.2

NOTA 2 – El anexo nacional puede especificar los valores de la componente uniforme de temperatura y de la componente de la diferencia de temperatura para otros tipos de tableros de puentes.

#### 6.1.2 Consideración de las acciones térmicas

- (1) Los valores representativos de las acciones térmicas deberían caracterizarse mediante la componente uniforme de temperatura (véase el apartado 6.1.3) y las componentes de la diferencia de temperatura (véase el apartado 6.1.4).
- (2) La componente vertical de la diferencia de temperatura dada en el apartado 6.1.4. debería incluir, en general, la componente no lineal, (véase el punto (3) del capítulo 4). Debería utilizarse el planteamiento 1 (véase el apartado 6.1.4.1) o el planteamiento 2 (véase el apartado 6.1.4.2).

NOTA – La elección del planteamiento que utilice un país puede encontrarse en el anexo nacional correspondiente.

- (3) Cuando sea necesario considerar una componente horizontal de diferencia de temperatura, puede adoptarse una componente lineal de la diferencia de temperatura en ausencia de otra información (véase el apartado 6.1.4.3).

#### 6.1.3 Componente uniforme de la temperatura

##### 6.1.3.1 Generalidades

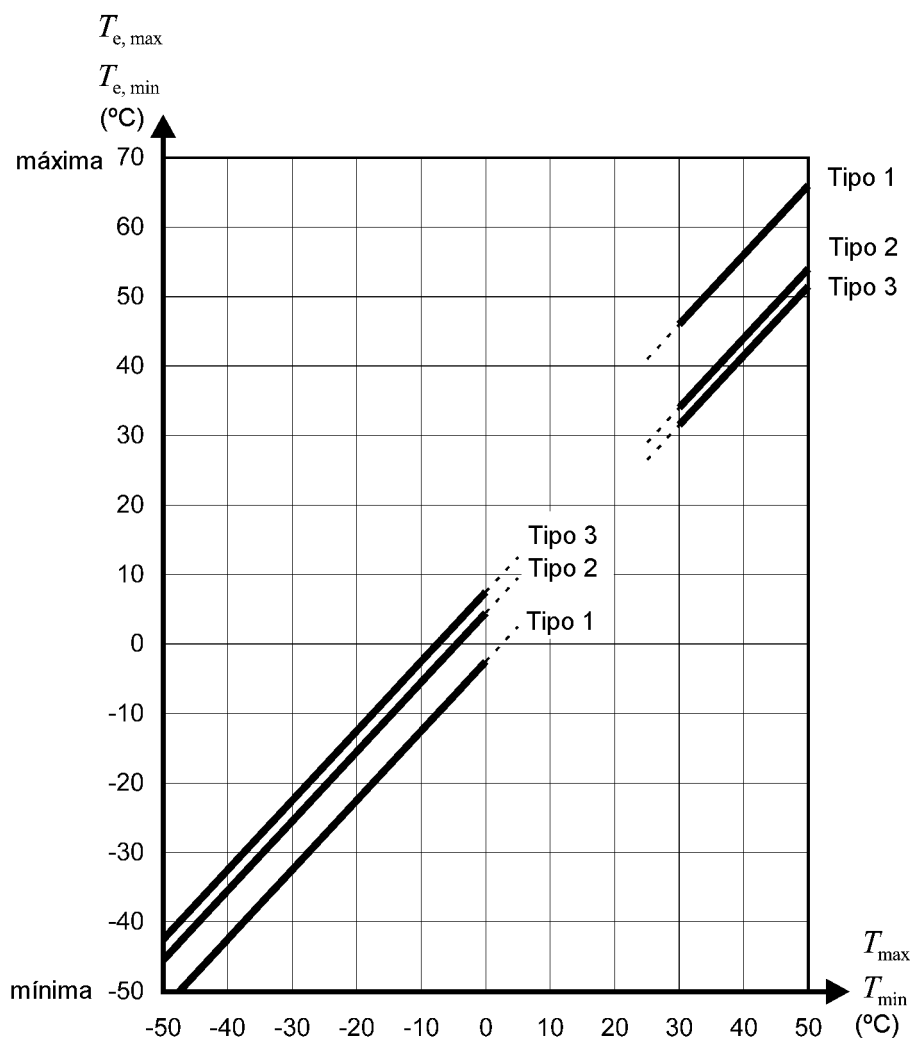
- (1) La componente uniforme de la temperatura depende de la temperatura mínima y máxima que el puente alcance. Ello da lugar a un rango de cambios de la temperatura uniforme, los cuales, en una estructura sin coacción al movimiento, ocasionarían un cambio en la longitud del elemento.
- (2) Cuando proceda, se deberían considerar los siguientes efectos:
  - coacción de la dilatación o contracción asociada debido al tipo estructural que se construye (por ejemplo, pórtico, arco, apoyos elastoméricos);
  - rozamiento en apoyos de rodillo o deslizantes;
  - efectos debidos a la no linealidad geométrica (efectos de segundo orden);

- para puentes de ferrocarril, los efectos de interacción entre la vía y el puente, debidos a la variación de la temperatura del tablero y de los carriles, pueden inducir esfuerzos horizontales adicionales en los apoyos (y esfuerzos adicionales en los carriles).

NOTA – Para más información, véase la Norma EN 1991-2.

- (3)P Las temperaturas mínima ( $T_{\min.}$ ) y máxima ( $T_{\max.}$ ) del aire a la sombra en el lugar de emplazamiento deben obtenerse a partir de las líneas isotermas de acuerdo con el apartado 6.1.3.2.
- (4) Deberían determinarse las componentes uniformes mínima  $T_{e.\min.}$  y máxima  $T_{e.\max.}$  de temperatura del puente.

NOTA – El anexo nacional puede especificar  $T_{e.\min.}$  y  $T_{e.\max.}$ . La figura 6.1 proporciona valores recomendados para dichas temperaturas.



NOTA 1 – Los valores mostrados en la figura 6.1 se han obtenido en base a un rango diario de la temperatura de 10  $^{\circ}\text{C}$ . Dicho rango puede considerarse apropiado para la mayoría de los Estados Miembros.

NOTA 2 – Para celosías y vigas armadas de acero, los valores máximos dados para el tipo 1 pueden reducirse en 3  $^{\circ}\text{C}$ .

**Fig. 6.1 – Correlación entre la temperatura mínima/máxima del aire a la sombra ( $T_{\min.}/T_{\max.}$ ) y la componente uniforme mínima y máxima de la temperatura del puente ( $T_{e.\min.}/T_{e.\max.}$ )**

### 6.1.3.2 Temperatura del aire a la sombra

- (1)P Los valores característicos de las temperaturas mínima y máxima del aire a la sombra deben obtenerse para el lugar de emplazamiento, por ejemplo, a partir de mapas nacionales de isotermas.

NOTA – La información (por ejemplo, mapas de isotermas) sobre las temperaturas mínima y máxima del aire a la sombra a emplear en un país puede encontrarse en su anexo nacional.

- (2) Estos valores característicos deberían representar las temperaturas del aire a la sombra en emplazamientos en descampado, y a una altitud correspondiente al nivel medio del mar, con una probabilidad anual de ser excedidos de 0,02. Para otras probabilidades anuales de ser excedidos estos valores ( $p$  diferente de 0,02), para otras altitudes por encima del nivel del mar y para otras condiciones de contorno locales (por ejemplo, bolsas de hielo), los valores deberían ajustarse de acuerdo con el anexo A.
- (3) Cuando se crea que la probabilidad anual de ser excedidos los valores característicos de 0,02 es inadecuada, las temperaturas mínima y máxima del aire a la sombra deberían modificarse de acuerdo con el anexo A.

### 6.1.3.3 Rango de la componente uniforme de temperatura del puente

- (1)P Los valores de las componentes uniformes mínima y máxima de la temperatura del puente para el cálculo de reacciones deben obtenerse a partir de las temperaturas mínima ( $T_{\min.}$ ) y máxima ( $T_{\max.}$ ) del aire a la sombra (véanse los puntos (3) y (4) del apartado 6.1.3.1).
- (2) La temperatura inicial del puente  $T_0$  en el momento en que la estructura está coaccionada puede obtenerse del anexo A. Dicha temperatura es necesaria para calcular la contracción hasta alcanzar la componente uniforme mínima de la temperatura del puente y para calcular la dilatación hasta alcanzar la componente uniforme máxima de la temperatura del puente.
- (3) Así, el valor característico de la máxima variación de contracción de la componente uniforme de la temperatura del puente,  $\Delta T_{N,\text{con}}$ , debería tomarse como

$$\Delta T_{N,\text{con}} = T_0 - T_{e,\text{mín.}} \quad (6.1)$$

y el valor característico de la máxima variación de dilatación de la componente uniforme de la temperatura del puente,  $\Delta T_{N,\text{exp}}$ , debería tomarse como

$$\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\text{máx.}} - T_0 \quad (6.2)$$

NOTA 1 –La variación total de la componente uniforme de la temperatura del puente es  $\Delta T_N = T_{e,\text{máx.}} - T_{e,\text{mín.}}$ .

NOTA 2 –Para los apoyos y las juntas de dilatación, si no se requieren otras disposiciones, el anexo nacional puede especificar la máxima variación de dilatación de la componente uniforme de temperatura del puente y la máxima variación de contracción de la componente uniforme de temperatura del puente. Los valores recomendados son  $(\Delta T_{N,\text{exp}} + 20)$  °C y  $(\Delta T_{N,\text{con}} + 20)$  °C. Si se conoce la temperatura a la que se colocan los apoyos y las juntas de dilatación, entonces los valores recomendados son  $(\Delta T_{N,\text{exp}} + 10)$  °C y  $(\Delta T_{N,\text{con}} + 10)$  °C.

NOTA 3 –Para el proyecto de apoyos y juntas de dilatación, los valores del coeficiente de dilatación dados en la tabla C.1 del anexo C, pueden modificarse, si los valores alternativos han sido verificados mediante ensayos o estudios más detallados.

### 6.1.4 Componentes de la diferencia de temperatura

- (1) En un periodo de tiempo prescrito, el calentamiento y enfriamiento de la superficie superior de un tablero de puente dará lugar a una variación de temperatura de máximo calentamiento (superficie superior más caliente) y de máximo enfriamiento (superficie inferior más caliente).

- (2) La componente vertical de la diferencia de temperatura puede producir efectos estructurales debidos a:
- coacción de la curvatura libre debido a la forma de la estructura (por ejemplo, pórticos, vigas continuas, etc.);
  - rozamientos en apoyos articulados;
  - efectos de la no linealidad geométrica (efectos de segundo orden).
- (3) En el caso de construcción en voladizo, puede ser necesario considerar una diferencia inicial de temperatura, en el cierre del voladizo.

NOTA – Los valores de la diferencia inicial de temperatura pueden especificarse en el anexo nacional.

#### 6.1.4.1 Componente vertical lineal de la diferencia de temperatura (Planteamiento 1)

- (1) El efecto de las diferencias de temperatura verticales debería considerarse mediante la utilización de una componente lineal equivalente de la diferencia de temperatura (véase el punto (2) del apartado 6.1.2) con  $\Delta T_{M,heat}$  y  $\Delta T_{M,cool}$ . Estos valores deberían aplicarse entre las fibras superior e inferior del tablero del puente.

NOTA – Los valores de  $\Delta T_{M,heat}$  y  $\Delta T_{M,cool}$  que se utilicen en un país pueden encontrarse en el anexo nacional. En la tabla 6.1 se dan los valores recomendados para  $\Delta T_{M,heat}$  y  $\Delta T_{M,cool}$ .

**Tabla 6.1**  
**Valores recomendados de la componente lineal de la diferencia de temperatura para diferentes tipos de tablero de puentes de carretera, de ferrocarril y pasarelas peatonales**

Tipo de tablero	Fibra superior más caliente que fibra inferior	Fibra inferior más caliente que fibra superior
	$\Delta T_{M,heat}$ (°C)	$\Delta T_{M,cool}$ (°C)
Tipo 1: Tablero de acero	18	13
Tipo 2: Tablero mixto	15	18
Tipo 3: Tablero de hormigón:		
– cajón de hormigón	10	5
– viga de hormigón	15	8
– losa de hormigón	15	8
NOTA 1 – Los valores dados en la tabla representan valores límite superiores de la componente lineal de la diferencia de temperatura para ejemplos representativos de geometrías de puentes.		
NOTA 2 – Los valores dados en la tabla se han obtenido considerando un espesor de superficie de rodadura de 50 mm para puentes de carretera y ferrocarril. Para otros espesores de la superficie, los valores de la tabla deberían multiplicarse por el coeficiente $k_{sur}$ . En la tabla 6.2 se recogen los valores recomendados para este coeficiente		

**Tabla 6.2**  
**Valores recomendados del coeficiente  $k_{\text{sur}}$  para tener en cuenta la influencia del tipo y espesor de la superficie de rodadura**

Puentes de carretera y de ferrocarril y pasarelas peatonales						
Espesor de la superficie de rodadura	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3	
	Fibra superior más caliente que fibra inferior	Fibra inferior más caliente que fibra superior	Fibra superior más caliente que fibra inferior	Fibra inferior más caliente que fibra superior	Fibra superior más caliente que fibra inferior	Fibra inferior más caliente que fibra superior
[mm]	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$	$k_{\text{sur}}$
sin superficie de rodadura	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
impermeabilizado <sup>1)</sup>	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
balasto (750 mm)	0,6	1,4	0,8	1,2	0,6	1,0

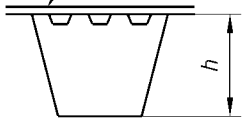
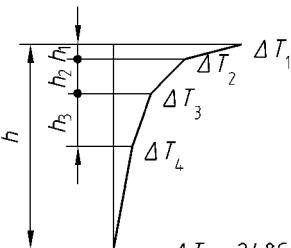
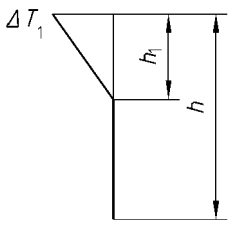
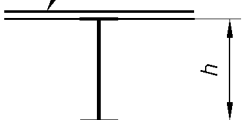
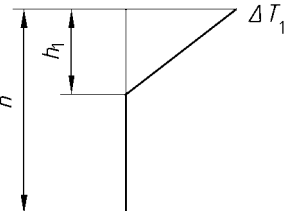
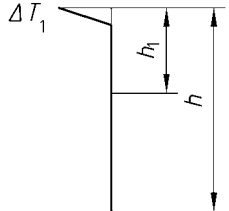
1) Estos valores representan valores límite superiores para superficies de color oscuro.

#### 6.1.4.2 Componentes verticales de la diferencia de temperatura considerando efectos no lineales (Planteamiento 2)

- (1) El efecto de la diferencia de la temperatura vertical debería considerarse mediante una componente no lineal de la diferencia de temperatura (véase el apartado 6.1.2.2).

NOTA 1 – Los valores de las diferencias de temperatura según la vertical para tableros de puente a utilizar en un país pueden encontrarse en su anexo nacional. En las figuras 6.2a – 6.2c se dan distribuciones y valores recomendados para dichas diferencias de temperatura. En estas figuras, la palabra “calentamiento” se refiere a aquellas condiciones tales que la radiación solar y otros efectos originan una ganancia de calor a través de la superficie superior del tablero del puente. Contrariamente, la palabra “enfriamiento” se refiere a aquellas condiciones tales que el calor se pierde a través de la superficie superior del tablero del puente como resultado de la radiación y otros efectos.

NOTA 2 – La diferencia de temperatura  $\Delta T$  incorpora las componentes  $\Delta T_M$  y  $\Delta T_E$  (véase el punto (3) del capítulo 4) junto con una pequeña parte de la componente  $\Delta T_N$ . Esta última parte queda incluida en la componente uniforme de la temperatura del puente (véase el apartado 6.1.3).

Tipo de tablero	Diferencia de temperatura ( $\Delta T$ )	
	(a) Calentamiento	(b) Enfriamiento
<div><p>Espesor de superficie de rodadura de 40 mm</p></div> <p>1a. Tablero de acero sobre viga cajón de acero</p>	<div><p><math>\Delta T_1 = 24^{\circ}\text{C}</math> <math>\Delta T_2 = 14^{\circ}\text{C}</math> <math>\Delta T_3 = 8^{\circ}\text{C}</math> <math>\Delta T_4 = 4^{\circ}\text{C}</math></p><p><math>h_1 = 0,1 \text{ m}</math> <math>h_2 = 0,2 \text{ m}</math> <math>h_3 = 0,3 \text{ m}</math></p></div>	<div><p><math>\Delta T_1 = -6^{\circ}\text{C}</math> <math>h_1 = 0,5 \text{ m}</math></p></div>
<div><p>Espesor de superficie de rodadura de 40 mm</p></div> <p>1b. Tablero de acero sobre celosía o viga armada de acero</p>	<div><p><math>h_1 = 0,5 \text{ m}</math> <math>\Delta T_1 = 21^{\circ}\text{C}</math></p></div>	<div><p><math>\Delta T_1 = -5^{\circ}\text{C}</math> <math>h_1 = 0,1 \text{ m}</math></p></div>

**Fig. 6.2 a – Diferencias de temperatura para tableros de puente. Tipo 1: Tableros de acero**

\*NOTA – La diferencia de temperatura  $\Delta T$  incorpora  $\Delta T_M$  y  $\Delta T_E$  (véase el apartado 4.3) conjuntamente con una pequeña parte de la componente  $\Delta T_N$ , esta última parte ha sido incluida en la componente uniforme de la temperatura del puente (véase el apartado 6.1.3).



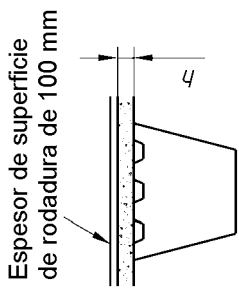
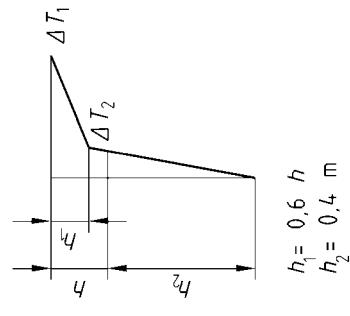
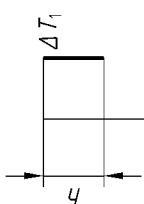
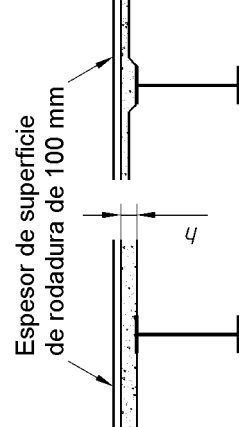
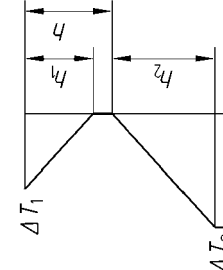
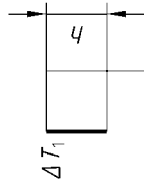
Diferencia de temperatura ( $\Delta T$ )														
Tipo de tablero		(a) Calentamiento (b) Enfriamiento												
	Procedimiento normal	 <table><thead><tr><th><math>h</math></th><th><math>\Delta T_1</math></th><th><math>\Delta T_2</math></th></tr></thead><tbody><tr><td>m</td><td>°C</td><td>°C</td></tr><tr><td>0,2</td><td>13</td><td>4</td></tr><tr><td>0,3</td><td>16</td><td>4</td></tr></tbody></table>  <p><math>\Delta T_1 = 10^\circ\text{C}</math></p>	$h$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	m	°C	°C	0,2	13	4	0,3	16	4
$h$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$												
m	°C	°C												
0,2	13	4												
0,3	16	4												
	Procedimiento simplificado	 <table><thead><tr><th><math>h</math></th><th><math>\Delta T_1</math></th><th><math>\Delta T_2</math></th></tr></thead><tbody><tr><td>m</td><td>°C</td><td>°C</td></tr><tr><td>0,2</td><td>3,5</td><td>8</td></tr><tr><td>0,3</td><td>-5,0</td><td>-8</td></tr></tbody></table>  <p><math>\Delta T_1 = -10^\circ\text{C}</math></p>	$h$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	m	°C	°C	0,2	3,5	8	0,3	-5,0	-8
$h$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$												
m	°C	°C												
0,2	3,5	8												
0,3	-5,0	-8												
2. Tablero de hormigón sobre viga cajón de acero, celosía, o viga armada	NOTA – Para puentes mixtos pueden utilizarse el procedimiento simplificado dado arriba, proporcionando un límite superior de los efectos térmicos. Los valores $\Delta T$ según este procedimiento son indicativos y pueden utilizarse a menos que el anexo nacional proporcione otros valores específicos.													

Fig. 6.2 b – Diferencias de temperatura para tableros de puente. Tipo 2: Tableros mixtos

\*NOTA – La diferencia de temperatura  $\Delta T$  incorpora  $\Delta T_{N1}$  y  $\Delta T_{E1}$  (véase el apartado 4.3) conjuntamente con una pequeña parte de la componente  $\Delta T_{N1}$ , esta última parte ha sido incluida en la componente uniforme de la temperatura del puente (véase el apartado 6.1.3).

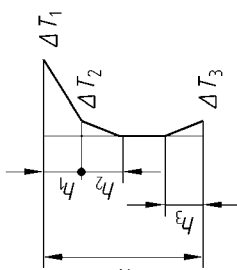
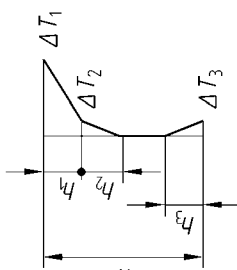
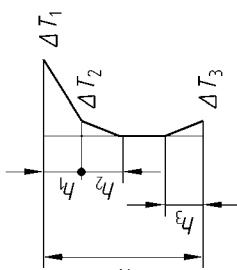
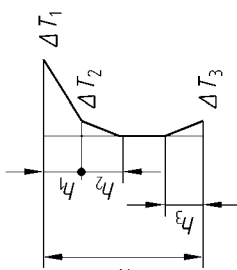
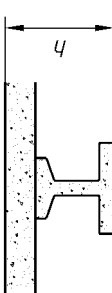
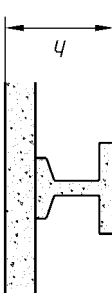
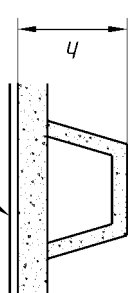
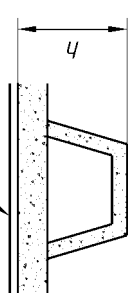
Tipo de tablero		Diferencia de temperatura ( $\Delta T$ )																																									
		(a) Calentamiento	(b) Enfriamiento																																								
<div><div></div><div>3a. Losa de hormigón</div></div>	<div><div></div><div><math>h_1 = 0,3h</math> siendo <math>\leq 0,15</math> m <math>h_2 = 0,3h</math> siendo <math>\geq 0,10</math> m siendo <math>\leq 0,25</math> m <math>h_3 = 0,3h</math> siendo <math>\leq (0,10 \text{ m} + \text{espesor de superficie de rodadura en metros})</math> (para losas de poco canto, <math>h_3</math> está limitado por <math>h - h_1 - h_2</math>)</div></div>	<div><div></div><div><math>h_1 = h_4 = 0,20h</math> siendo <math>\leq 0,25</math> m <math>h_2 = h_3 = 0,25h</math> siendo <math>\leq 0,20</math> m</div></div>	<div><div></div><div><math>h_1 = h_4 = 0,20h</math> siendo <math>\leq 0,25</math> m <math>h_2 = h_3 = 0,25h</math> siendo <math>\leq 0,20</math> m</div></div>																																								
<div><div></div><div>3b. Viga de hormigón</div></div>	<div><div></div><div><math>h_1 = 0,3h</math> siendo <math>\leq 0,15</math> m <math>h_2 = 0,3h</math> siendo <math>\geq 0,10</math> m siendo <math>\leq 0,25</math> m <math>h_3 = 0,3h</math> siendo <math>\leq (0,10 \text{ m} + \text{espesor de superficie de rodadura en metros})</math> (para losas de poco canto, <math>h_3</math> está limitado por <math>h - h_1 - h_2</math>)</div></div>		<table><tr><th><math>h</math></th><th><math>\Delta T_1</math></th><th><math>\Delta T_2</math></th><th><math>\Delta T_3</math></th><th><math>\Delta T_4</math></th></tr><tr><td>m</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td><math>\leq 0,2</math></td><td>-2,0</td><td>-0,5</td><td>-0,5</td><td>-1,5</td></tr><tr><td>0,4</td><td>-4,5</td><td>-1,4</td><td>-1,0</td><td>-3,5</td></tr><tr><td>0,6</td><td>-6,5</td><td>-1,8</td><td>-1,5</td><td>-5,0</td></tr><tr><td>0,8</td><td>-7,6</td><td>-1,7</td><td>-1,5</td><td>-6,0</td></tr><tr><td>1,0</td><td>-8,0</td><td>-1,5</td><td>-1,5</td><td>-6,3</td></tr><tr><td><math>\geq 1,5</math></td><td>-8,4</td><td>-0,5</td><td>-1,0</td><td>-6,5</td></tr></table>	$h$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_4$	m					$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5	0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5	0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0	0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0	1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3	$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5
$h$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_4$																																							
m																																											
$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5																																							
0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5																																							
0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0																																							
0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0																																							
1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3																																							
$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5																																							
<div><div></div><div>3c. Cajón de hormigón</div></div>	<div><div></div><div><math>h_1 = 0,3h</math> siendo <math>\leq 0,15</math> m <math>h_2 = 0,3h</math> siendo <math>\geq 0,10</math> m siendo <math>\leq 0,25</math> m <math>h_3 = 0,3h</math> siendo <math>\leq (0,10 \text{ m} + \text{espesor de superficie de rodadura en metros})</math> (para losas de poco canto, <math>h_3</math> está limitado por <math>h - h_1 - h_2</math>)</div></div>																																										

Fig. 6.2 c— Diferencias de temperatura para tableros de puente. Tipo 3: Tableros de hormigón

\*NOTA – La diferencia de temperatura  $\Delta T$  incorpora  $\Delta T_M$  y  $\Delta T_E$  (véase el apartado 4.3) conjuntamente con una pequeña parte de la componente  $\Delta T_N$ ; esta última parte ha sido incluida en la componente uniforme de la temperatura del puente (véase el apartado 6.1.3).

### 6.1.4.3 Componente horizontal

- (1) En general, la componente de la diferencia de temperatura sólo necesita considerarse en la dirección vertical. Sin embargo, en casos particulares (por ejemplo, cuando la orientación o la configuración del puente determinan que un lado está claramente más expuesto a la luz solar que el otro) debería considerarse una componente de diferencia de temperatura según la dirección horizontal.

NOTA – El anexo nacional puede especificar los valores de la diferencia de temperatura. Si no se dispone de más información y no existen indicios de que puedan existir valores más altos, puede recomendarse adoptar una diferencia lineal de temperatura de 5 °C entre los bordes externos del puente, independientemente de cual sea la anchura del mismo.

### 6.1.4.4 Componentes de la diferencia de la temperatura en paredes de puentes cajón de hormigón

- (1) Debería prestarse especial atención al proyecto de grandes puentes cajón de hormigón en los que pueden aparecer diferencias significativas de temperatura entre las paredes interior y exterior de las almas del cajón.

NOTA – El anexo nacional puede especificar los valores numéricos de la diferencia de temperatura. Si se considera dicho efecto por medio de una diferencia lineal de temperatura, se recomienda adoptar un valor de 15 °C.

### 6.1.5 Simultaneidad de la componente uniforme y de la componente de la diferencia de temperatura

- (1) Si es necesario tener en cuenta la actuación simultánea de la componente de la diferencia de temperatura  $\Delta T_{M,heat}$  (o  $\Delta T_{M,cool}$ ) y de la variación máxima de la componente uniforme de la temperatura del puente  $\Delta T_{N,exp}$  (o  $\Delta T_{N,con}$ ) (por ejemplo, en el caso de estructuras porticadas) pueden utilizarse las siguientes expresiones (las cuales deberían interpretarse como combinaciones de acciones):

$$\Delta T_{M,heat} \text{ (o } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \Delta T_{N,exp} \text{ (o } \Delta T_{N,con}) \quad (6.3)$$

o

$$\omega_M \Delta T_{M,heat} \text{ (o } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp} \text{ (o } \Delta T_{N,con}) \quad (6.4)$$

eligiendo aquella expresión que dé lugar a los efectos más desfavorables.

NOTA 1 – El anexo nacional puede especificar los valores numéricos de  $\omega_N$  y  $\omega_M$ . Si no se dispone de más información, los valores recomendados para  $\omega_N$  y  $\omega_M$  son:

$$\omega_N = 0,35$$

$$\omega_M = 0,75$$

NOTA 2 – Cuando se considere la componente vertical de la diferencia de temperatura teniendo en cuenta los efectos lineales y no lineales (véase el apartado 6.1.4.2),  $\Delta T_M$  debería reemplazarse por  $\Delta T$ , componente ésta que incluye  $\Delta T_M$  y  $\Delta T_E$ .

### 6.1.6 Diferencias en la componente uniforme de la temperatura entre elementos estructurales diferentes

- (1) En estructuras en las que las diferencias de la componente uniforme de temperatura entre diferentes tipos de elementos puedan causar efectos desfavorables, éstos deberían ser considerados.

NOTA – El anexo nacional puede proporcionar valores para las diferencias de la componente uniforme de la temperatura de elementos estructurales. Los valores recomendados son:

– 15 °C entre los elementos estructurales principales (por ejemplo tirante y arco); y

– 10 °C y 20 °C para color claro y oscuro respectivamente entre los cables de suspensión/atirantamiento y el tablero (o pila).

- (2) Estos efectos se deberían considerar como adicionales a los efectos resultantes de la componente uniforme de temperatura en todos los elementos, determinada de acuerdo con el apartado 6.1.3.

## **6.2 Pilas de puente**

### **6.2.1 Consideración de las acciones térmicas**

- (1) Las diferencias de la temperatura entre las caras externas de las pilas de los puentes, huecas o macizas, deben considerarse en el proyecto.

NOTA – El procedimiento de dimensionamiento utilizado en un país puede encontrarse en su anexo nacional. Si no se ofrece ningún procedimiento, puede adoptarse una diferencia de temperaturas lineal equivalente.

- (2) Los efectos globales de la temperatura en las pilas deberían considerarse cuando aquéllos puedan dar lugar a la aparición de reacciones o movimientos en las estructuras colindantes.

### **6.2.2 Diferencias de temperatura**

- (1) Para pilas de hormigón (huecas o macizas), deberían considerarse las diferencias de temperatura lineales entre las caras externas opuestas.

NOTA – El anexo nacional puede especificar los valores para las diferencias lineales de temperatura. En ausencia de información detallada, se recomienda adoptar el valor de 5 °C.

- (2) Para las paredes de las pilas de hormigón, deberían considerarse diferencias de temperatura lineales entre las caras interna y externa.

NOTA 1 – El anexo nacional puede especificar los valores de las diferencias lineales de temperatura. En ausencia de información detallada, se recomienda adoptar el valor de 15 °C.

NOTA 2 – Cuando se consideren diferencias de temperatura en pilas metálicas, puede ser necesario acudir a informes especializados.

## **CAPÍTULO 7 VARIACIONES DE TEMPERATURA EN CHIMENEAS INDUSTRIALES, TUBERÍAS, SILOS, DEPÓSITOS Y TORRES DE REFRIGERACIÓN**

### **7.1 Generalidades**

(1)P Las estructuras que están en contacto con flujo de gas, líquidos o materiales con temperaturas diferentes (por ejemplo, chimeneas industriales, tuberías, silos, depósitos y torres de refrigeración) deben proyectarse, cuando corresponda, para las siguientes condiciones:

- acciones térmicas provenientes de efectos climáticos debidos a la variación de la temperatura del aire a la sombra y a la radiación solar;
- distribuciones de temperatura para condiciones normales y anormales del proceso;
- efectos procedentes de la interacción entre la estructura y su contenido durante los cambios térmicos (por ejemplo, la retracción de la estructura frente a la rigidez del contenido sólido o la expansión del contenido sólido durante el calentamiento o enfriamiento).

NOTA 1 – Los valores de la temperatura del proceso de operación pueden obtenerse del proyecto específico.

NOTA 2 – Para las temperaturas de los procesos de operación de chimeneas véase la Norma EN 13084-1.

NOTA 3 – Las estructuras de contención pueden estar sujetas a cambios en su forma inducidos térmicamente, provenientes de los efectos de calentamiento/enfriamiento de los contenidos o de su entorno exterior colindante.

NOTA 4 – En esta norma no se proporciona ninguna guía adicional sobre los efectos de retracción frente a contenidos sólidos rígidos. Para la consideración de estos efectos en silos véase la Norma EN 1991-4.

### **7.2 Componentes de la temperatura**

#### **7.2.1 Temperatura del aire a la sombra**

(1)P Se deben obtener los valores de las temperaturas mínima y máxima del aire a la sombra en el lugar de emplazamiento, por ejemplo mediante mapas nacionales de isotermas.

NOTA – En el anexo nacional puede encontrarse información (por ejemplo, mapas de isotermas) sobre las temperaturas mínima y máxima del aire a la sombra a utilizar en el país.

- (2) Estas temperaturas del aire a la sombra deberían ser las correspondientes a emplazamientos abiertos, en descampado, a una altitud correspondiente al nivel medio del mar, con una probabilidad anual de ser excedidas de 0,02. El anexo A incluye métodos que permiten ajustar dichas temperaturas a otros valores de probabilidades, a una altitud por encima del nivel del mar y a determinadas condiciones locales, por ejemplo, bolsas de helada.
- (3) Para aquellas circunstancias en las que la probabilidad anual de exceder las temperaturas de 0,02 se crea inapropiada, por ejemplo, durante la ejecución (véase la Norma EN 1991-1-6 “Acciones durante la ejecución”), los valores de la temperatura mínima (o máxima) del aire a la sombra deberían modificarse de acuerdo con el anexo A.

#### **7.2.2 Temperatura de gases de combustión, líquidos y materiales calentados**

- (1) Los valores de las temperaturas máxima y mínima de los gases de combustión, líquidos y materiales con diferentes temperaturas, deberían especificarse en el proyecto particular.

### 7.2.3 Temperatura del elemento

- (1) La obtención de los valores de la temperatura del elemento dependerá de la configuración del material, orientación y localización del elemento y será función de las temperaturas máxima y mínima del aire a la sombra, de la radiación solar externa y de la temperatura interna de operación.

NOTA – En el anexo D se proporcionan reglas generales para la determinación de las distribuciones de la temperatura. Véase también el apartado 7.5.

### 7.3 Consideración de las componentes de la temperatura

- (1)P Para cada capa deben considerarse tanto la componente uniforme de la temperatura de la distribución de temperaturas (véase la figura 4.1 (a)) como la componente lineal de la diferencia de temperatura (véase la figura 4.1 (b)).
- (2)P En el proyecto debe considerarse el efecto de la radiación solar.
- (3) Este efecto puede aproximarse mediante la consideración de una distribución escalonada de temperatura alrededor de una circunferencia de la estructura.
- (4)P La componente uniforme de la temperatura y la componente lineal de la diferencia de temperatura debidas a la temperatura de proceso deben considerarse para cada capa.

### 7.4 Determinación de las componentes de la temperatura

- (1)P Las componentes uniforme y lineal de la temperatura deben determinarse teniendo en cuenta los efectos climáticos y las condiciones de operación.
- (2) Si existe información específica relativa a cómo correlacionar la temperatura del elemento con la radiación solar y la temperatura del aire a la sombra, dicha información debería utilizarse para determinar los valores de proyecto.
- (3)P Los valores de la componente uniforme de la temperatura inducidos por flujo de gas calentado, líquidos y materiales calentados, deben obtenerse de las especificaciones de proyecto. En lo que concierne a las chimeneas, estos valores deben obtenerse de la Norma EN 13084-1.
- (4)P La componente lineal de la diferencia de temperatura en la pared o sus capas, debe determinarse como resultado de la diferencia entre la temperatura mínima (o máxima) del aire a la sombra en la cara externa y el valor de la temperatura del líquido o gas en la cara interna, considerando los efectos de aislamiento.

NOTA – Las distribuciones de temperatura pueden determinarse utilizando el anexo D.

### 7.5 Valores de las componentes de la temperatura (valores indicativos)

- (1) En ausencia de información específica sobre los valores característicos de la temperatura del elemento, pueden utilizarse los valores indicativos siguientes.

NOTA – Estos valores pueden ser contrastados con datos disponibles para asegurar que tales valores son valores límite superiores, para el emplazamiento y el tipo de elemento considerados.

- (2) Los valores máximo y mínimo de la componente uniforme de la temperatura deberían tomarse como los valores máximo y mínimo de la temperatura del aire a la sombra (véase el apartado 7.2.1).

- (3) Para tuberías de hormigón, debería considerarse la componente lineal de la diferencia de temperatura entre las caras interna y externa de la pared.

NOTA 1 – El anexo nacional puede especificar los valores de la componente lineal de la diferencia de temperatura. El valor recomendado es de 15 °C.

NOTA 2 – Para chimeneas, véase la Norma EN 13084-1.

- (4) Para tuberías de hormigón debería considerarse una distribución escalonada de la temperatura alrededor de la circunferencia (causando efectos térmicos globales y locales), de tal manera que a lo largo de un cuadrante de la circunferencia se tenga una temperatura media más alta que la del resto de la propia circunferencia.

NOTA – El anexo nacional puede proporcionar el valor de la diferencia de temperatura. El valor recomendado es de 15 °C.

- (5) En el caso de tuberías de acero, la componente lineal de la diferencia de temperatura y la distribución escalonada de la temperatura alrededor de la circunferencia de la estructura, deberían calcularse teniendo en cuenta las condiciones de operación establecidas en el propio proyecto.

NOTA – La Norma EN 13084-1 proporciona los métodos y reglas para las chimeneas de acero.

## **7.6 Simultaneidad de las componentes de la temperatura**

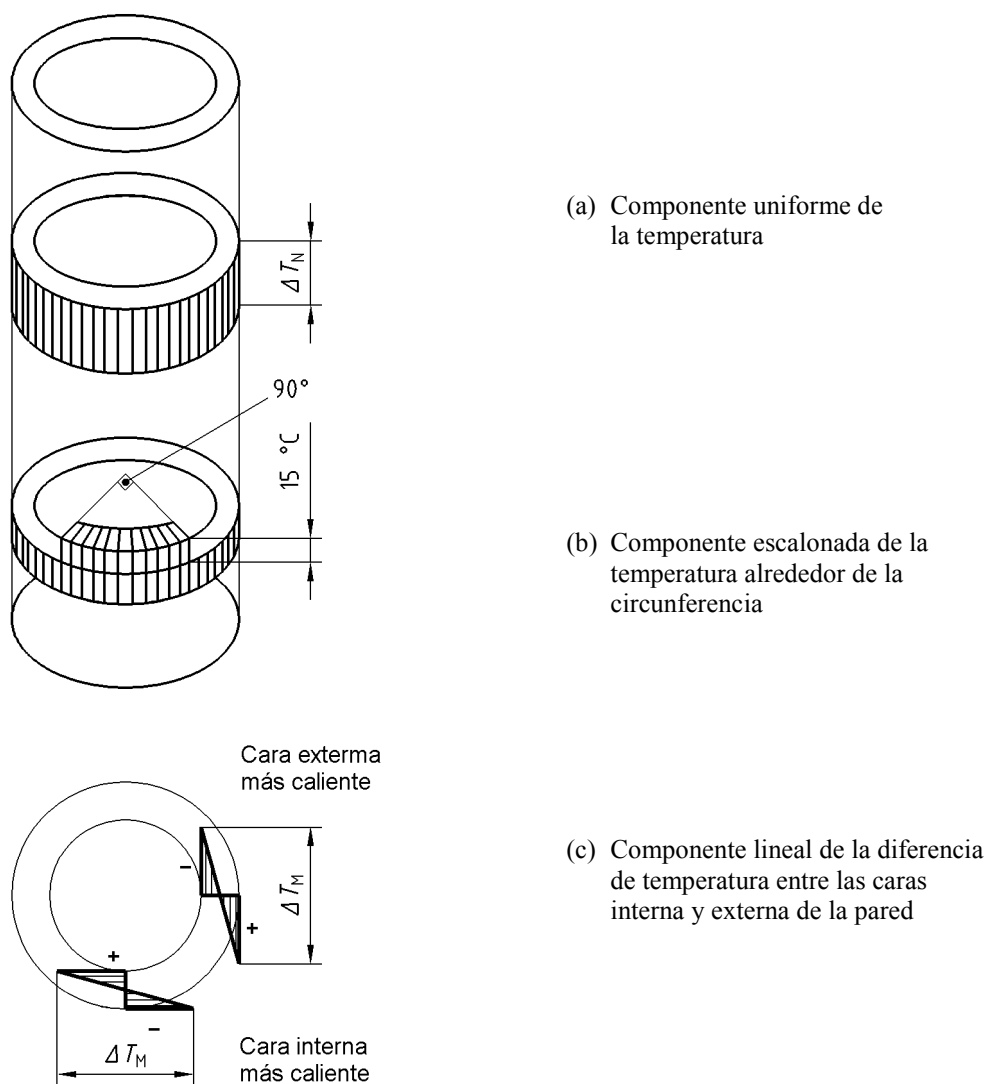
- (1) Cuando se consideren las acciones térmicas debidas sólo a efectos climáticos, deben tenerse en cuenta simultáneamente las siguientes componentes:

- a) la componente uniforme de la temperatura (véase el punto (2) del apartado 7.5 y la figura 7.1 (a));
- b) la componente escalonada de la temperatura (véase el punto (4) del apartado 7.5 y la figura 7.1 (b));
- c) la componente lineal de la diferencia de temperatura entre las caras interna y externa de la pared (véase el punto (3) del apartado 7.5 y la figura 7.1 (c)).

- (2) Cuando se considere una combinación de acciones térmicas debidas a efectos climáticos y de acciones térmicas debidas a efectos del propio proceso (flujo de gas calentado, líquidos o materiales calentados), deberían combinarse las siguientes componentes:

- la componente uniforme de temperatura (véase el punto (3) del apartado 7.4);
- la componente lineal de la diferencia de temperatura (véase el punto (4) del apartado 7.4);
- la componente escalonada (véase el punto (4) del apartado 7.5).

- (3) La componente escalonada de la temperatura debería considerarse actuando simultáneamente con el viento.



#### Leyenda

- (a) Componente uniforme de la temperatura
- (b) Componente escalonada de la temperatura alrededor de la circunferencia
- (c) Componente lineal de la diferencia de la temperatura entre las caras interna y externa de la pared

- 1 Cara externa más caliente
- 2 Cara interna más caliente

**Fig. 7.1 – Componentes de temperatura para tuberías, silos, depósitos y torres de refrigeración**



## ANEXO A (Normativo)

### ISOTERMAS DE LAS TEMPERATURAS NACIONALES MÁXIMA Y MÍNIMA DEL AIRE A LA SOMBRA

#### A.1 Generalidades

- (1) Los valores de las temperaturas anuales máxima y mínima del aire a la sombra representan valores con una probabilidad anual de ser excedidos de 0,02.

NOTA 1 – La información (por ejemplo, mapas o tablas de isotermas) acerca de las temperaturas máxima y mínima del aire a la sombra, a utilizar en un país, puede encontrarse en su anexo nacional.

NOTA 2 – Estos valores pueden necesitar ser ajustados para altitudes por encima del nivel del mar. El procedimiento de ajuste se da en el anexo nacional. Si no se dispone de información, los valores de la temperatura del aire a la sombra pueden ajustarse para considerar la altitud sobre el nivel del mar, restando 0,5 °C por cada 100 m de altitud para la temperatura mínima del aire a la sombra y 1,0 °C por cada 100 m para la temperatura máxima del aire a la sombra.

- (2) En lugares donde los valores mínimos difieran de los valores dados, tales como bolsas de helada y áreas bajas abrigadas, donde la temperatura mínima puede ser sustancialmente menor, o en grandes aglomeraciones urbanas y en zonas costeras, donde la temperatura mínima puede ser mayor que la indicada en las figuras correspondientes, estas diferencias deberían considerarse mediante la utilización de datos meteorológicos locales.
- (3) La temperatura inicial  $T_0$  debería tomarse como la temperatura de un elemento de la estructura en el momento de coaccionar su movimiento (terminación). Si ésta no puede predecirse, debería tomarse para  $T_0$  el valor de la temperatura media del elemento durante el período de construcción.

NOTA – El valor de  $T_0$  puede especificarse en el anexo nacional. Si no se dispone de información, puede tomarse para  $T_0$  el valor de 10 °C.

#### A.2 Valores de las temperaturas máxima y mínima del aire a la sombra con una probabilidad anual de ser excedidos de valor $p$ diferente de 0,02

- (1) Si el valor de la temperatura máxima (o mínima) del aire a la sombra,  $T_{\text{máx.,p}}$  ( $T_{\text{mín.,p}}$ ) se basa en una probabilidad anual  $p$  de ser excedidos diferente de 0,02, la relación  $T_{\text{máx.,p}}/T_{\text{máx.}}$  ( $T_{\text{mín.,p}}/T_{\text{mín.}}$ ) puede determinarse a partir de la figura A.1.
- (2) En general,  $T_{\text{máx.,p}}$  (o  $T_{\text{mín.,p}}$ ) puede determinarse a partir de las siguientes expresiones, basadas en una distribución de valor extremo tipo I:

$$\text{— para la máxima: } T_{\text{máx.,p}} = T_{\text{máx.}} \{ k_1 - k_2 \ln [- \ln (1-p)] \} \quad (\text{A.1})$$

$$\text{— para la mínima: } T_{\text{mín.,p}} = T_{\text{mín.}} \{ k_3 + k_4 \ln [- \ln (1-p)] \} \quad (\text{A.2})$$

donde

$T_{\text{máx.}}$  ( $T_{\text{mín.}}$ ) es el valor de la temperatura máxima (mínima) del aire a la sombra con una probabilidad anual de ser excedido de 0,02

$$k_1 = (uc) / \{ (uc) + 3,902 \} \quad (\text{A.3})$$

$$k_2 = 1 / \{ (uc) + 3,902 \} \quad (\text{A.4})$$

donde

$u, c$  son la moda y el parámetro de dispersión de la distribución anual de la temperatura máxima del aire a la sombra.

$$k_3 = (uc) / \{ (uc) - 3,902 \} \quad (\text{A.5})$$

$$k_4 = 1 / \{ (uc) - 3,902 \} \quad (\text{A.6})$$

Los parámetros  $u$  y  $c$  dependen de la media  $m$  y de la desviación estándar  $\sigma$  de la distribución de valor extremo tipo I:

$$\begin{aligned} \text{Para la máxima} \quad u &= m - 0,57722 / c \\ c &= 1,2825 / \sigma \end{aligned} \quad (\text{A.7})$$

$$\begin{aligned} \text{Para la mínima} \quad u &= m + 0,57722 / c \\ c &= 1,2825 / \sigma \end{aligned} \quad (\text{A.8})$$

Las relaciones  $T_{\text{máx.,p}}/T_{\text{máx.}}$  y  $T_{\text{mín.,p}}/T_{\text{mín.}}$  pueden obtenerse respectivamente de la figura A.1.

NOTA 1 – El anexo nacional puede especificar los valores de los coeficientes  $k_1, k_2, k_3$  y  $k_4$  basados en los valores de los parámetros  $u$  y  $c$ . Si no existe información disponible, se recomiendan los siguientes valores:

$$k_1 = 0,781;$$

$$k_2 = 0,056;$$

$$k_3 = 0,393;$$

$$k_4 = -0,156$$

NOTA 2 – La expresión (A.2) y la figura A.1 sólo pueden utilizarse si  $T_{\text{mín}}$  es negativa.

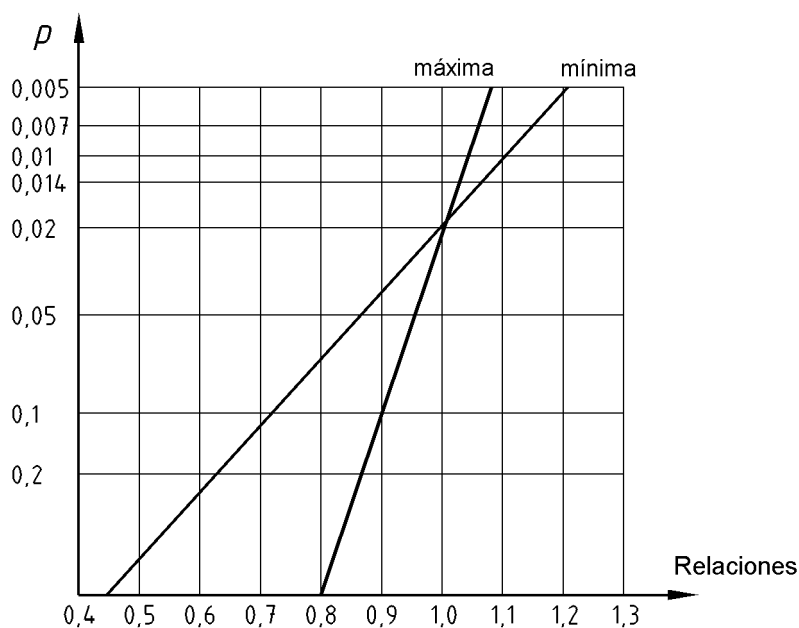


Fig. A.1 – Relaciones  $T_{\text{máx.,p}}/T_{\text{máx.}}$  y  $T_{\text{mín.,p}}/T_{\text{mín.}}$

**ANEXO B (Normativo)**

**DIFERENCIAS DE TEMPERATURA PARA DIFERENTES ESPESORES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA**

- (1) Las distribuciones de la diferencia de temperatura dadas en las figuras 6.2a-6.2c son válidas para un espesor de la superficie de rodadura de 40 mm para tableros tipo 1 y de 100 mm para tableros tipos 2 y 3.

NOTA – El anexo nacional puede proporcionar valores para otros espesores. En las siguientes tablas se dan los valores recomendados:

- Tabla B.1 para tableros tipo 1;
- Tabla B.2 para tableros tipo 2;
- Tabla B.3 para tableros tipo 3.

**Tabla B.1**  
**Valores recomendados de  $\Delta T$  para tableros tipo 1**

Espesor de la superficie de rodadura	Diferencia de temperatura				
	Calentamiento				Enfriamiento
	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_4$	$\Delta T_1$
mm	°C	°C	°C	°C	°C
Sin superficie de rodadura	30	16	6	3	8
20	27	15	9	5	6
40	24	14	8	4	6

**Tabla B.2**  
**Valores recomendados de  $\Delta T$  para tableros tipo 2**

Canto de la losa ( $h$ )	Espesor de la superficie de rodadura	Diferencia de temperatura	
		Calentamiento	Enfriamiento
		$\Delta T_1$	$\Delta T_1$
m	mm	°C	°C
0,2	sin superficie de rodadura impermeabilizado <sup>1)</sup>	16,5	5,9
		23,0	5,9
	50	18,0	4,4
	100	13,0	3,5
	150	10,5	2,3
	200	8,5	1,6
0,3	sin superficie de rodadura impermeabilizado <sup>1)</sup>	18,5	9,0
		26,5	9,0
	50	20,5	6,8
	100	16,0	5,0
	150	12,5	3,7
	200	10,0	2,7

1) Estos valores representan valores límite superiores para superficies de color oscuro.

**Tabla B.3**  
**Valores recomendados de  $\Delta T$  para tableros tipo 3**

Canto de la losa ( <i>h</i> )	Espesor de la superficie de rodadura	Diferencia de temperatura						
		Calentamiento			Enfriamiento			
		$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_4$
m	mm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
0,2	sin superficie de rodadura impermeabilizado <sup>1)</sup>	12,0	5,0	0,1	4,7	1,7	0,0	0,7
		19,5	8,5	0,0	4,7	1,7	0,0	0,7
	50	13,2	4,9	0,3	3,1	1,0	0,2	1,2
	100	8,5	3,5	0,5	2,0	0,5	0,5	1,5
	150	5,6	2,5	0,2	1,1	0,3	0,7	1,7
	200	3,7	2,0	0,5	0,5	0,2	1,0	1,8
0,4	sin superficie de rodadura impermeabilizado <sup>1)</sup>	15,2	4,4	1,2	9,0	3,5	0,4	2,9
		23,6	6,5	1,0	9,0	3,5	0,4	2,9
	50	17,2	4,6	1,4	6,4	2,3	0,6	3,2
	100	12,0	3,0	1,5	4,5	1,4	1,0	3,5
	150	8,5	2,0	1,2	3,2	0,9	1,4	3,8
	200	6,2	1,3	1,0	2,2	0,5	1,9	4,0
0,6	sin superficie de rodadura impermeabilizado <sup>1)</sup>	15,2	4,0	1,4	11,8	4,0	0,9	4,6
		23,6	6,0	1,4	11,8	4,0	0,9	4,6
	50	17,6	4,0	1,8	8,7	2,7	1,2	4,9
	100	13,0	3,0	2,0	6,5	1,8	1,5	5,0
	150	9,7	2,2	1,7	4,9	1,1	1,7	5,1
	200	7,2	1,5	1,5	3,6	0,6	1,9	5,1
0,8	sin superficie de rodadura impermeabilizado <sup>1)</sup>	15,4	4,0	2,0	12,8	3,3	0,9	5,6
		23,6	5,0	1,4	12,8	3,3	0,9	5,6
	50	17,8	4,0	2,1	9,8	2,4	1,2	5,8
	100	13,5	3,0	2,5	7,6	1,7	1,5	6,0
	150	10,0	2,5	2,0	5,8	1,3	1,7	6,2
	200	7,5	2,1	1,5	4,5	1,0	1,9	6,0
1,0	sin superficie de rodadura impermeabilizado <sup>1)</sup>	15,4	4,0	2,0	13,4	3,0	0,9	6,4
		23,6	5,0	1,4	13,4	3,0	0,9	6,4
	50	17,8	4,0	2,1	10,3	2,1	1,2	6,3
	100	13,5	3,0	2,5	8,0	1,5	1,5	6,3
	150	10,0	2,5	2,0	6,2	1,1	1,7	6,2
	200	7,5	2,1	1,5	4,3	0,9	1,9	5,8
1,5	sin superficie de rodadura impermeabilizado <sup>1)</sup>	15,4	4,5	2,0	13,7	1,0	0,6	6,7
		23,6	5,0	1,4	13,7	1,0	0,6	6,7
	50	17,8	4,0	2,1	10,6	0,7	0,8	6,6
	100	13,5	3,0	2,5	8,4	0,5	1,0	6,5
	150	10,0	2,5	2,0	6,5	0,4	1,1	6,2
	200	7,5	2,1	1,5	5,0	0,3	1,2	5,6

1) Estos valores representan valores límite superiores para superficies de color oscuro.

ANEXO C (Informativo)

COEFICIENTES DE DILATACIÓN LINEAL

Para la determinación de los efectos de las acciones debidas a las componentes de la temperatura, la tabla C.1 proporciona los valores del coeficiente de dilatación lineal para una selección de materiales utilizados habitualmente.

**Tabla C.1**  
**Coeficientes de dilatación lineal**

Material	$\alpha_T$ ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )
Aluminio, aleación de aluminio	24
Acero inoxidable	16
Acero estructural, hierro dulce o fundición	12 (véase la nota 6)
Hormigón, excepto el indicado seguidamente	10
Hormigón de áridos ligeros	7
Fábrica (piedra, ladrillo, bloque)	6-10 (véanse las notas)
Vidrio	(véase la nota 4)
Madera, en la dirección paralela a la fibra	5
Madera, en la dirección normal a la fibra	30-70 (véanse las notas)
<p>NOTA 1 – Para otros materiales debería solicitarse un informe especial.</p> <p>NOTA 2 – Los valores dados deberían utilizarse para la determinación de las acciones térmicas, a menos que otros valores puedan ser contrastados mediante ensayos o estudios más detallados.</p> <p>NOTA 3 – Los valores para mampostería variarán dependiendo del tipo de fábrica de ladrillo; los valores para la madera, en la dirección normal a la fibra, pueden variar considerablemente con el tipo de madera</p> <p>NOTA 4 – Para información más detallada véase:</p> <p>EN 572-1 – Vidrio en edificación. Vidrio sódico-cálcico. Parte 1: Definiciones y propiedades generales físicas y mecánicas.</p> <p>prEN 1748-1-1 – Vidrio para la edificación. Productos básicos especiales. Parte 1-1: Vidrio borosilicatado. Definición y descripción.</p> <p>prEN 1748-2-1 – Vidrio para la edificación. Productos básicos especiales. Parte 2-1: Vitrocerámicas. Definición y descripción.</p> <p>prEN 14178-1 – Vidrio para la edificación. Productos de vidrio de silicato básico alcalino-térreo. Parte 1: Vidrio plano.</p> <p>NOTA 5 – Para algunos materiales, tales como la mampostería y la madera, se necesitan considerar otros parámetros (por ejemplo, el contenido de humedad). Véanse las Normas EN 1995 – EN 1996.</p> <p>NOTA 6 – Para estructuras mixtas hormigón-acero el coeficiente de dilatación lineal del acero puede tomarse igual a <math>10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}</math>, despreciando así los efectos de la interacción provenientes de diferentes valores de <math>\alpha_T</math>.</p>	

## ANEXO D (Informativo)

## DISTRIBUCIONES DE TEMPERATURA EN EDIFICIOS Y OTRAS CONSTRUCCIONES

- (1) Las distribuciones de temperatura pueden determinarse utilizando la teoría de la transmisión de calor. En el caso de un elemento sándwich simple (por ejemplo, losa, muro, lámina), considerando que no existen puentes térmicos locales, la temperatura  $T(x)$  a una distancia  $x$  de la superficie interna de la sección transversal puede determinarse, adoptando la situación de estado estacionario, mediante la siguiente expresión

$$T(x) = T_{\text{in}} - \frac{R(x)}{R_{\text{tot}}} (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) \quad (\text{D.1})$$

donde

$T_{\text{in}}$  es la temperatura del aire del ambiente interior;

$T_{\text{out}}$  es la temperatura del ambiente exterior;

$R_{\text{tot}}$  es la resistencia térmica total del elemento incluyendo la resistencia de ambas superficies;

$R(x)$  es la resistencia térmica en la superficie interna y del elemento desde la superficie interna hasta el punto  $x$  (véase la figura D.1).

- (2) Los valores de la resistencia  $R_{\text{tot}}$  y  $R(x)$  [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ] pueden determinarse utilizando los coeficientes de transferencia de calor y los coeficientes de conductividad térmica dados en la Norma EN ISO 6946 (1996) y en la Norma EN ISO 13370 (1998), mediante la siguiente expresión:

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{in}} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} + R_{\text{out}} \quad (\text{D.2})$$

donde

$R_{\text{in}}$  es la resistencia térmica en la superficie interna [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ];

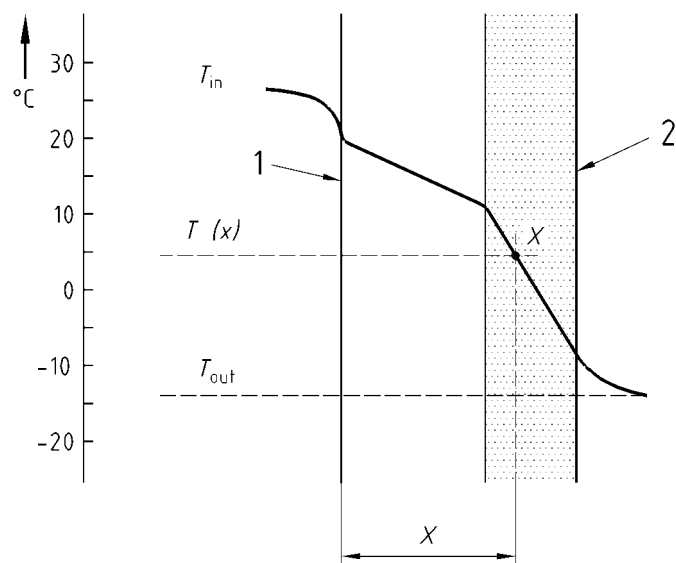
$R_{\text{out}}$  es la resistencia térmica en la superficie externa [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ];

$\lambda_i$  es la conductividad térmica y  $h_i$  [m] es el espesor de la capa  $i$ , [ $\text{W/(mK)}$ ].

$$R(x) = R_{\text{in}} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} \quad (\text{D.3})$$

donde únicamente se consideran las capas (o parte de una capa) existentes desde la superficie interna hasta el punto  $x$  (véase la figura D.1).

NOTA – En edificios, la resistencia térmica en la superficie interna es igual a  $R_{\text{in}} = 0,10$  a  $0,17$  [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ] (dependiendo de la orientación del flujo de calor), y la resistencia térmica en la superficie externa es igual a  $R_{\text{out}} = 0,04$  [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ] (para todas las orientaciones del flujo de calor). La conductividad térmica  $\lambda_i$  del hormigón (de peso específico desde 21 a 25  $\text{kN/m}^3$ ) varía desde  $\lambda_i = 1,16$  a  $1,71$  [ $\text{W/(mK)}$ ].



**Leyenda**

- 1 Superficie interna
- 2 Superficie externa

**Fig. D.1 – Distribución de temperaturas en un elemento bicapa**

## **BIBLIOGRAFÍA**

EN 1991-2 – *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 2: Cargas de tráfico en puentes.*

EN 1991-4 – *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 4: Silos y depósitos.*





---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD POLITECNICA MADRID