



ANEJO 6º

Recomendaciones para la protección adicional contra el fuego de elementos estructurales

1 Alcance

El contenido de este Anejo constituye un conjunto de recomendaciones de aplicación a estructuras de hormigón estructural que, por razones de seguridad general frente a incendios, deben cumplir las condiciones siguientes cuando están expuestas al fuego:

- Evitar un colapso prematuro de la estructura (función portante).
- Limitar la propagación del fuego (llamas, gases calientes, calor excesivo) fuera de áreas concretas (función separadora).

En este anejo se establecen métodos simplificados y tablas que permiten determinar, del lado de la seguridad, la resistencia de los elementos estructurales de hormigón ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura, según UNE-EN 1363-1. Dichos métodos deben considerarse como condición suficiente para establecer la resistencia al fuego de los elementos estructurales de hormigón, pero no como condición necesaria, pudiéndose utilizar siempre métodos más precisos o avanzados de los aquí propuestos, e incluso métodos experimentales, para determinar la resistencia al fuego de tales elementos, según lo establecido en el apartado 4 de este Anejo.

Pueden adoptarse otros modelos de incendio para representar las evolución de la temperatura durante el incendio, tales como las denominadas curvas paramétricas o, para efectos locales los modelos de incendio de una o dos zonas o de fuegos localizados o métodos basados en dinámica de fluidos tales como los que se contemplan en la norma UNE EN 1991-1-2.

Tanto las estructuras laminares como aquellas con pretensado exterior, contempladas en esta Instrucción, deberán comprobarse mediante métodos específicos y, en particular, no serán de aplicación los métodos simplificados y de comprobaciones por tablas incluidos en este Anejo. Asimismo, para hormigones de resistencia característica superior a 80 N/mm^2 , debe recurrirse a bibliografía especializada.

En las estructuras laminares que trabajan fundamentalmente por forma, el principal problema es el efecto de las deformaciones por causas térmicas, aspecto éste no contemplado en los métodos simplificados propuestos, que tienen en cuenta sólo los problemas seccionales derivados de la acción del fuego.

2 Definiciones

Se denomina resistencia al fuego de una estructura o de un parte de ella a su capacidad para mantener durante un período de tiempo determinado la función portante que le sea exigible, así como la integridad y/o el aislamiento térmico en los términos especificados en el ensayo normalizado correspondiente (RD 312/2005)

Se denomina, asimismo, resistencia normalizada al fuego de una estructura o parte de ella (usualmente sólo elementos aislados) a su resistencia al fuego normalizado, dado por la curva de tiempo-temperatura UNE-EN 1363-1. El tiempo máximo de exposición hasta que resulte inminente la pérdida de capacidad para satisfacer las funciones requeridas se denomina período de resistencia al fuego normalizado, y se expresa en minutos según una escala que establece la UNE-EN 13501-2.

Los tiempos nominales de resistencia al fuego utilizados en este Anejo pertenecen a la escala que establece la norma UNE-EN 13501-2 y son los siguientes: 30, 60, 90, 120, 180 y 240 minutos

Para la clasificación del comportamiento frente al fuego, se establecen tres criterios:

- Por capacidad portante de la estructura (criterio R)
- Por estanquidad al paso de llamas y gases calientes (criterio E)
- Por aislamiento térmico en caso de fuego (criterio I)

3 Bases de proyecto

3.1 Combinaciones de acciones

Para la obtención de los esfuerzos debidos a la acción del fuego y otras acciones concomitantes, se adoptará la combinación correspondiente a una situación accidental, de acuerdo con lo expresado en el Artículo 13º de esta Instrucción.

Cuando se utilice el método simplificado de la isoterma 500º, expuesto en el apartado 7, podrán adoptarse, simplificadaamente, como esfuerzos para la comprobación de la situación accidental de fuego, los obtenidos para la combinación pésima de acciones para temperatura ambiente disminuidos por un factor global η_{fi} .

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi} E_d$$

donde:

$E_{fi,d,t}$ Valor de los esfuerzos de cálculo a considerar en la comprobación de la situación accidental de fuego.

E_d Valor de los esfuerzos de cálculo a considerar en la comprobación de situaciones permanentes o transitorias a temperatura ambiente.

η_{fi} Factor de reducción, que puede obtenerse con la siguiente expresión

$$\eta_{fi} = \frac{G_K + \psi_{1,1} Q_{K,1}}{\gamma_G G_K + \gamma_{Q,1} Q_{K,1}}$$

Puede adoptarse, de forma simplificada,:

$$\begin{aligned} \eta_{fi} &= 0,6 && \text{para casos normales.} \\ \eta_{fi} &= 0,7 && \text{para zonas de almacenamiento.} \end{aligned}$$

3.2 Coeficientes parciales de seguridad para los materiales



Los coeficientes parciales de seguridad para los materiales se consideraran iguales a la unidad, $\gamma_c=1,0$ y $\gamma_s=1,0$.

4 Métodos de comprobación

En general, se pueden utilizar diferentes métodos de comprobación frente al fuego que dan lugar a diferentes niveles de precisión y, consecuentemente, de complejidad.

El método general consiste en la comprobación de los distintos Estados Límite Últimos, teniendo en cuenta, tanto en la obtención de esfuerzos de cálculo como en el análisis de la respuesta estructural, la influencia de la acción de fuego considerando el comportamiento físico fundamental.

El modelo para el análisis estructural debe representar adecuadamente las propiedades del material en función de la temperatura, incluyendo la rigidez, la distribución de temperatura en los distintos elementos de la estructura y el efecto de las dilataciones y deformaciones térmicas (acciones indirectas debidas al fuego).

Por otra parte, la respuesta estructural debe tener en cuenta las características de los materiales para las distintas temperaturas que pueden producirse en una misma sección transversal o elemento estructural.

Cualquier modo de fallo que no se tenga en cuenta explícitamente en el análisis de esfuerzos o en la respuesta estructural (por ejemplo insuficiente capacidad de giro, expulsión del recubrimiento, pandeo local de la armadura comprimida, fallos de adherencia y esfuerzo cortante, daños en los dispositivos de anclaje) debe evitarse mediante detalles constructivos apropiados.

Pueden emplearse métodos simplificados de comprobación siempre que conduzcan a resultados equivalentes o del lado de la seguridad con respecto a los que se obtendrían con los métodos generales.

En general, los métodos simplificados suponen una comprobación de los distintos Estados Límite Últimos considerando elementos estructurales aislados (se desprecian las acciones indirectas debidas al fuego -dilataciones, deformaciones, etc.), distribuciones de temperatura preestablecidas, generalmente para secciones rectangulares y, como variaciones en las propiedades de los materiales por efecto de la temperatura, modelos asimismo simplificados y sencillos. En el Apartado 7 de este Anejo se incluye el denominado método simplificado de la isoterma 500°C.

El empleo del método de comprobación mediante tablas, que se desarrolla en el apartado 5 de este Anejo, consiste en la realización de comprobaciones dimensionales de las secciones transversales y los recubrimientos mecánicos, a partir de hipótesis simplificadas y del lado de la seguridad. Para algunas tipologías pueden requerirse otras comprobaciones adicionales y en estos casos pueden obtenerse datos más específicos en la norma del producto correspondiente.

En cualquier caso, también es válido evaluar el comportamiento de una estructura, de parte de ella o de un elemento estructural mediante la realización de los ensayos que establece el Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo.

5 Método de comprobación mediante tablas

5.1 Generalidades

Mediante las tablas y apartados siguientes puede obtenerse la resistencia de los elementos estructurales a la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura de los elementos estructurales, en función de sus dimensiones y de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras.

Para aplicación de las tablas, se define como distancia equivalente al eje a_m , a efectos de resistencia al fuego, al valor:

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} f_{yki}}$$

siendo:

A_{si} área de cada una de las armaduras i , pasiva o activa;

a_{si} distancia del eje de cada una de las armaduras i , al paramento expuesto más próximo, considerando los revestimientos en las condiciones que mas adelante se establecen;

f_{yki} resistencia característica del acero de las armaduras i ;

Δa_{si} corrección debida a las diferentes temperaturas críticas del acero y a las condiciones particulares de exposición al fuego, conforme a los valores de la tabla A.6.5.1.

TABLA A.6.5.1 Valores de Δa_{si} (mm)

μ_{fi}	Acero de armar		Acero de pretensar			
	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados)	Resto de los casos	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados) Barras	Alambres	Resto de los casos Barras	Alambres
$\leq 0,4$	+5		-5	-10		
0,5	0	0	-10	-15	-10	-15
0,6	-5		-15	-20		

⁽¹⁾ En el caso de armaduras situadas en las esquinas de vigas con una sola capa de armadura se decrementarán los valores de Δa_{si} en 10 mm, cuando el ancho de las mismas sea inferior a los valores de b_{min} especificados en la columna 3 de la tabla A.6.5.2.

siendo μ_{fi} el coeficiente de sobredimensionado de la sección en estudio, definido como:

$$\mu_{fi} = \frac{E_{fi,d,t}}{R_{fi,d,0}}$$

donde:

$R_{fi,d,0}$ resistencia del elemento estructural en situación de incendio en el instante inicial $t=0$, a temperatura normal.

Las correcciones para valores de μ_{fi} inferiores a 0,5 en vigas, losas y forjados, sólo podrán considerarse cuando dichos elementos estén sometidos a cargas distribuidas de forma sensiblemente uniforme.

Para valores intermedios se puede interpolar linealmente.



De forma simplificada, para situaciones con nivel de control normal, puede adoptarse como valor de μ_{fi} , 0,5 con carácter general y 0,6 en zonas de almacén.

Los valores dados en las tablas son aplicables a hormigones de densidad normal, de resistencia característica $f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$, confeccionados con áridos de naturaleza silícea.

Cuando se empleen hormigones con áridos de naturaleza caliza, pueden admitirse las reducciones siguientes:

- En vigas y losas, un 10% tanto en las dimensiones mínimas de la sección recta como en la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras (a_{min}).
- En muros no resistentes (particiones), un 10% en el espesor mínimo.
- En muros resistentes y pilares, no se admitirá reducción alguna.

Cuando se empleen hormigones de resistencia característica comprendida entre $50 \text{ N/mm}^2 < f_{ck} \leq 80 \text{ N/mm}^2$, con contenido de sílice activa menor del 6 % en peso del contenido de cemento, las dimensiones mínimas de la sección establecidas en las tablas, deben incrementarse en:

- En elementos expuestos al fuego por una sola cara: $0,1 \cdot a_{min}$, para hormigones de resistencia característica comprendida entre $50 \text{ N/mm}^2 < f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2$ y $0,3 \cdot a_{min}$ para hormigones de resistencia característica comprendida entre $60 \text{ N/mm}^2 < f_{ck} \leq 80 \text{ N/mm}^2$;
- En el resto de elementos: el doble de los valores definidos para el caso anterior.

Siendo a_{min} , la distancia mínima equivalente al eje especificada en las tablas correspondientes.

En zonas traccionadas con recubrimientos de hormigón mayores de 50 mm debe disponerse una armadura de piel para prevenir el desprendimiento de dicho hormigón durante el período de resistencia al fuego, consistente en una malla con distancias inferiores a 150 mm entre armaduras (en ambas direcciones), anclada regularmente en la masa de hormigón.

5.2 Soportes

Mediante la tabla A.6.5.2 puede obtenerse la resistencia al fuego de los soportes circulares y rectangulares expuestos por tres o cuatro caras, referida a la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras de las caras expuestas.



TABLA A.6.5.2 Soportes

Resistencia al fuego	Dimensión mínima b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_{min} (mm) ^(*)
R 30	150 ^(**) /15
R 60	200 ^(**) /20
R 90	250/30
R 120	250/40
R 180	350/45
R 240	400/50

(*) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

(**) La dimensión mínima cumplirá lo indicado en el Artículo 54°.

Para resistencias al fuego mayores que R 90 y cuando la armadura del soporte sea superior al 2% de la sección de hormigón, dicha armadura se distribuirá en todas sus caras. Esta condición no se refiere a las zonas de solapo de armadura.

5.3 Muros

5.3.1 Muros no portantes

Se recomienda que los muros macizos no portantes, de cerramiento o particiones, dispongan de una esbeltez geométrica, relación entre la altura del muro y su espesor, inferior a 40 y cumplan con las dimensiones mínimas indicadas en la tabla A.6.5.3.1.

TABLA A.6.5.3.1

Resistencia al fuego	Espesor mínimo del muro mm
EI 30	60
EI 60	80
EI 90	100
EI 120	120
EI 180	150
EI 240	175

5.3.2 Muros portantes

Mediante la tabla A.6.5.3.2 puede obtenerse la resistencia al fuego de los muros macizos portantes expuestos por una o por ambas caras, referida a la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras de las caras expuestas.

TABLA A.6.5.3.2

Resistencia al fuego	Espesor mínimo b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_{min} (mm) ^(*)	
	Muro expuesto por una cara	Muro expuesto por ambas caras
REI 30	100/15	120/15
REI 60	120/15	140/15
REI 90	140/20	160/25
REI 120	160/25	180/35
REI 180	200/40	250/45
REI 240	250/50	300/50

(*) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

5.4 Tirantes. Elementos sometidos a tracción

La dimensión mínima de un tirante y la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras no serán inferiores a los recomendados en alguna de las combinaciones indicadas en la tabla A.6.5.4.

En cualquier caso, el área de la sección transversal de hormigón debe ser mayor o igual que $2b_{min}^2$, siendo b_{min} la dimensión mínima indicada en la tabla A.6.5.4

TABLA A.6.5.4

Resistencia al fuego	Dimensión mínima b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_{min} (mm) ^(*)
R 30	80/25
R 60	120/40
R 90	150/55
R 120	200/65
R 180	240/80
R 240	280/90

(*) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

Cuando la estructura soportada por el tirante sea sensible a su alargamiento por efecto del calor debido al fuego, se incrementarán los recubrimientos definidos en la tabla A.6.5.4 en 10 mm.

5.5 Vigas

5.5.1 Generalidades

Para vigas de sección de ancho variable se considera como anchura mínima b la que existe a la altura del centro de gravedad mecánico de la armadura traccionada en la zona expuesta, según se indica en la figura A.6.5.5.1.

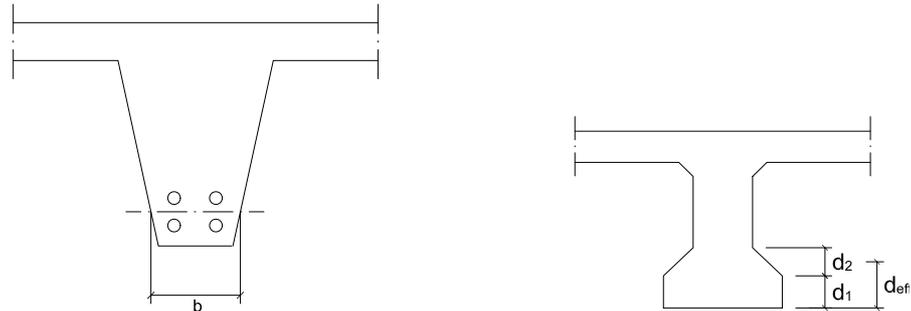


Figura A.6.5.5.1. Dimensiones equivalentes en caso de ancho variable en el canto

Para vigas doble T, el canto del ala inferior deberá ser mayor que la dimensión que se establezca como ancho mínimo. Cuando el canto del ala inferior sea variable se considerará, a los efectos de esta comprobación, el indicado en la figura $d_{ef} = d_1 + 0,5d_2$.

5.5.2 Vigas con las tres caras expuestas al fuego

Mediante la tabla A.6.5.5.2 puede obtenerse la resistencia al fuego de las secciones de vigas sustentadas en los extremos con tres caras expuestas al fuego, referida a la anchura mínima de la sección y a la distancia mínima equivalente al eje de la armadura inferior traccionada

TABLA A.6.5.5.2

Resistencia al fuego	Dimensión mínima b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_{min} (mm) ^(*)				Ancho mínimo del alma $b_{o, min}$ mm ^(**)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	
R 30	80/20	120/15	200/10	-	80
R 60	100/30	150/25	200/20	-	100
R 90	150/40	200/35	250/30	400/25	100
R 120	200/50	250/45	300/40	500/35	120
R 180	300/75	350/65	400/60	600/50	140
R 240	400/75	500/70	700/60	-	160

(*) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad serán normalmente mayores (ver tabla 37.2.4).

(**) Debe darse en una longitud igual a dos veces el canto de la viga, a cada lado de los elementos de sustentación de la viga.

Para resistencia al fuego normalizada R90 o superiores, se recomienda que en vigas continuas la armadura de negativos se prolongue hasta el 33% de la longitud del vano con una cuantía no inferior al 25% de la requerida en apoyos.

5.5.3 Vigas expuestas en todas sus caras

En este caso deberá verificarse, además de las condiciones de la tabla A.6.5.5.2, que el área de la sección transversal de la viga no sea inferior a $2(b_{min})^2$.

5.6 Losas macizas

Mediante la tabla A.6.5.6 puede obtenerse la resistencia al fuego de las secciones de las losas macizas, referida a la distancia mínima equivalente al eje de la armadura inferior traccionada. Si la losa debe cumplir una función de compartimentación de incendios (criterios R, E e I) su espesor deberá ser al menos el que se establece en la tabla, pero cuando se requiera únicamente una función resistente (criterio R) basta con que el espesor será el necesario para cumplir con los requisitos del proyecto a temperatura ambiente. A estos efectos, podrá considerarse como espesor el solado o cualquier otro elemento que mantenga su función aislante durante todo el periodo de resistencia al fuego.

TABLA A.6.5.6.

Resistencia al fuego	Espesor mínimo h_{min} (mm)	Distancia mínima equivalente al eje a_{min} (mm) ^(*)		
		Flexión en una dirección	Flexión en dos direcciones	
			$l_y/l_x^{(**)} \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x^{(**)} \leq 22$
REI 30	60	10*	10*	10*
REI 60	80	20	10*	20
REI 90	100	25	15	25
REI 120	120	35	20	30
REI 180	150	50	30	40
REI 240	175	60	50	50

(*) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

(**) l_x y l_y son las luces de la losa, siendo $l_y > l_x$.

Para losas macizas sobre apoyos lineales y en los casos de resistencia al fuego R 90 o mayor, la armadura de negativos deberá prolongarse un 33% de la longitud del tramo con una cuantía no inferior a un 25% de la requerida en extremos sustentados.

Para losas macizas sobre apoyos puntuales y en los casos de resistencia al fuego R 90 o mayor, el 20% de la armadura superior sobre soportes deberá prolongarse a lo largo de todo el tramo. Esta armadura debe disponerse en la banda de soportes.



Las vigas planas con macizados laterales mayores que 10 cm se pueden asimilar a losas unidireccionales.

5.7 Forjados bidireccionales

Mediante la tabla A.6.5.7 puede obtenerse la resistencia al fuego de las secciones de los forjados nervados bidireccionales, referida al ancho mínimo de nervio y a la distancia mínima equivalente al eje de la armadura inferior traccionada. Si el forjado debe cumplir una función de compartimentación de incendios (criterios R, E e I) su espesor deberá ser al menos el que se establece en la tabla, pero cuando se requiera únicamente una función resistente (criterio R) basta con que el espesor será el necesario para cumplir con los requisitos del proyecto a temperatura ambiente. A estos efectos, podrá considerarse como espesor el solado o cualquier otro elemento que mantenga su función aislante durante todo el periodo de resistencia al fuego.

TABLA A.6.5.7

Resistencia al fuego	Anchura de nervio mínimo b_{\min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m (mm) ^(*)			Espesor mínimo h_s de la losa superior mm
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	
REI 30	80/20	120/15	200/10	60
REI 60	100/30	150/25	200/20	80
REI 90	120/40	200/30	250/25	100
REI 120	160/50	250/40	300/25	120
REI 180	200/70	300/60	400/55	150
REI 240	250/90	350/75	500/70	175

(*) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

Si los forjados disponen de elementos de entrevigado cerámicos o de hormigón y revestimiento inferior, para resistencia al fuego R 120 o menor bastará con que se cumpla el valor de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras establecidos para losas macizas en la tabla A.6.5.6, pudiéndose contabilizar, a efectos de dicha distancia, los espesores equivalentes de hormigón con los criterios y condiciones indicados en el apartado 6.

En losas nervadas sobre apoyos puntuales y en los casos de resistencia al fuego R 90 o mayor, el 20% de la armadura superior sobre soportes se distribuirá en toda la longitud del vano, en la banda de soportes. Si la losa nervada se dispone sobre apoyos lineales, la armadura de negativos se prolongará un 33% de la longitud del vano con una cuantía no inferior a un 25% de la requerida en apoyos.



5.8 Forjados unidireccionales

Si los forjados disponen de elementos de entrevigado cerámicos o de hormigón y revestimiento inferior, para resistencia al fuego R 120 o menor bastará con que se cumpla el valor de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras establecidos para losas macizas en la tabla A.6.5.6, pudiéndose contabilizar, a efectos de dicha distancia, los espesores equivalentes de hormigón con los criterios y condiciones indicados en el apartado 6. Si el forjado tiene función de compartimentación de incendio deberá cumplir asimismo con el espesor h_{\min} establecido en la tabla A.6.5.6.

Para una resistencia al fuego R 90 o mayor, la armadura de negativos de forjados continuos se debe prolongar hasta el 33% de la longitud del tramo con una cuantía no inferior al 25% de la requerida en los extremos.

Para resistencias al fuego mayores que R 120, o bien cuando los elementos de entrevigado no sean de cerámica o de hormigón, o no se haya dispuesto revestimiento inferior deberán cumplirse las especificaciones establecidas para vigas con las tres caras expuestas al fuego en el apartado 5.5.2. A efectos del espesor de la losa superior de hormigón y de la anchura de nervio se podrán tener en cuenta los espesores del solado y de las piezas de entrevigado que mantengan su función aislante durante el periodo de resistencia al fuego, el cual puede suponerse, en ausencia de datos experimentales, igual a 120 minutos. Las bovedillas cerámicas pueden considerarse como espesores adicionales de hormigón equivalentes a dos veces el espesor real de la bovedilla.

6 Capas protectoras

La resistencia al fuego requerida se puede alcanzar mediante la aplicación de capas protectoras cuya contribución a la resistencia al fuego del elemento estructural protegido se determinará de acuerdo con la norma UNE ENV 13381-3.

Los revestimientos con mortero de yeso pueden considerarse como espesores de hormigón equivalentes a 1,8 veces su espesor real. Cuando estén aplicados en techos, para valores no mayores que R 120 se recomienda que su puesta en obra se realice por proyección y para valores mayores que R 120, su aportación sólo puede justificarse mediante ensayo.

7 Método simplificado de la isoterma 500

7.1 Campo de aplicación

Este método es aplicable a elementos de hormigón armado y pretensado de resistencia característica $f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$, solicitados por esfuerzos de compresión, flexión o flexocompresión. Para hormigones de resistencia característica superior a 50 N/mm^2 , deberán tenerse en cuenta disposiciones adicionales de acuerdo con la bibliografía especializada.

Para poder aplicar este método, la dimensión del lado menor de las vigas o soportes expuestos por dicho lado y los contiguos debe ser mayor que la indicada en la tabla A.6.7.1.

TABLA A.6.7.1 Dimensión mínima de vigas y soportes

Resistencia a fuego normalizado	R 60	R 90	R 120	R 180	R 240
Dimensión mínima de la sección recta (mm)	90	120	160	200	280

7.2 Determinación de la capacidad resistente de cálculo de la sección transversal

La comprobación de la capacidad portante de una sección de hormigón armado se realiza por los métodos establecidos en la presente Instrucción, considerando:

- una sección reducida de hormigón, obtenida eliminando a efectos de cálculo para determinar la capacidad resistente de la sección transversal, las zonas que hayan alcanzado una temperatura superior a los 500°C durante el periodo de tiempo considerado;
- que las características mecánicas del hormigón de la sección reducida no se ven afectadas por la temperatura, conservando sus valores iniciales en cuanto a resistencia y módulo de elasticidad;
- que las características mecánicas de las armaduras se reducen de acuerdo con la temperatura que haya alcanzado su centro durante el tiempo de resistencia al fuego considerado. Se considerarán todas las armaduras, incluso aquéllas que queden situadas fuera de la sección transversal reducida de hormigón.

La comprobación de vigas o losas sección a sección resulta del lado de la seguridad. Un procedimiento más afinado es comprobar que, en situación de incendio, la capacidad residual a momentos de cada signo, del conjunto de las secciones equilibra la carga.

7.3 Reducción de las características mecánicas

La resistencia de los materiales se reduce, en función de la temperatura que se alcance en cada punto, a la fracción de su valor característico indicada en la tabla A.6.7.3:

TABLA A.6.7.3 Reducción relativa de la resistencia del acero con la temperatura

Temperatura (°C)		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
Acero de armar	Laminado en caliente	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,47	0,23	0,11	0,06	0,04	0,00
	Estirado en frío	1,00	1,00	1,00	0,94	0,67	0,40	0,12	0,11	0,08	0,05	0,00
Acero de pretensar	Estirado en frío	0,99	0,87	0,72	0,46	0,22	0,10	0,08	0,05	0,03	0,00	0,00

7.4 Isotermas

Las temperaturas en una estructura de hormigón expuesta al fuego, pueden obtenerse de forma experimental o analítica.



Las isotermas de las figuras de este apartado pueden utilizarse para determinar las temperaturas en la sección recta con hormigones de áridos silíceos y expuestas a fuego según la curva normalizada hasta el instante de máxima temperatura. Estas isotermas quedan del lado de la seguridad para la mayor parte de tipos de áridos, pero no de forma generalizada para exposiciones a un fuego distinto del normalizado.

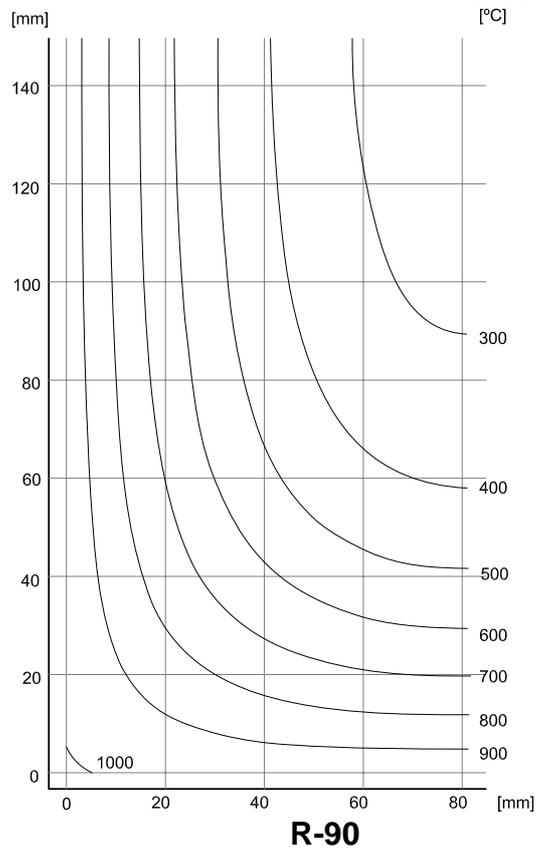
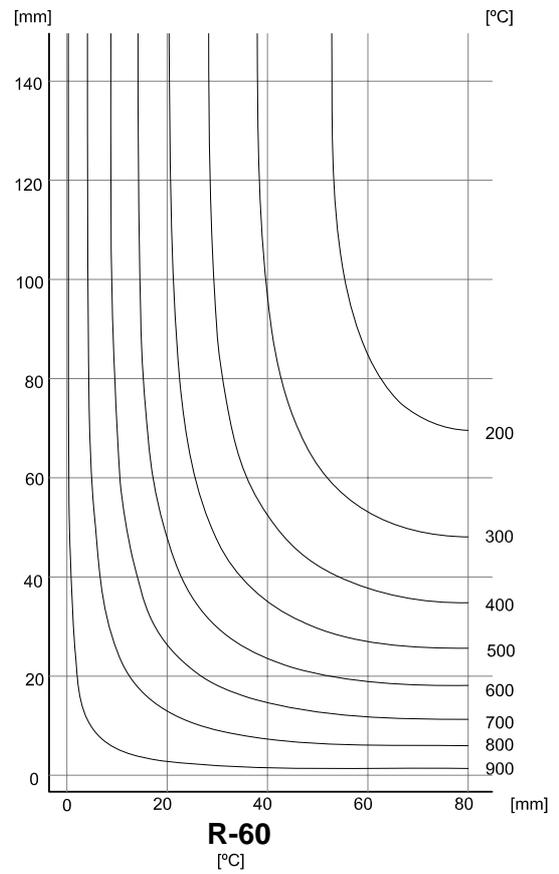
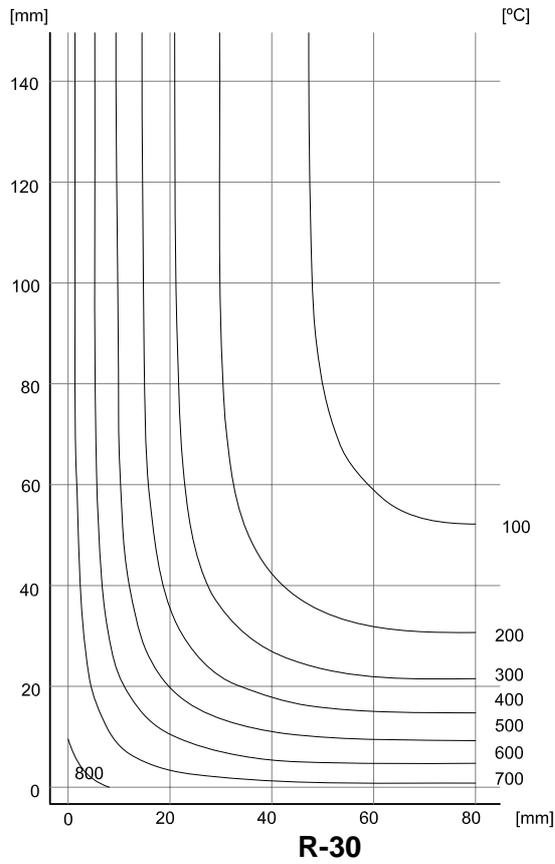
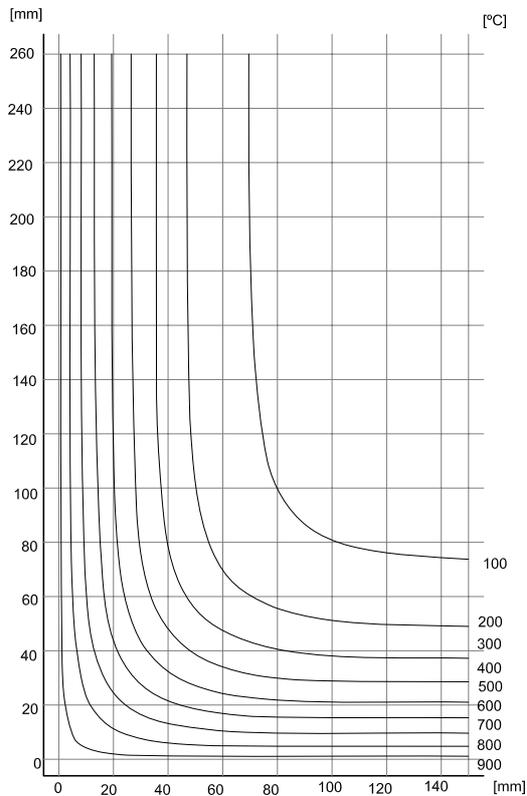
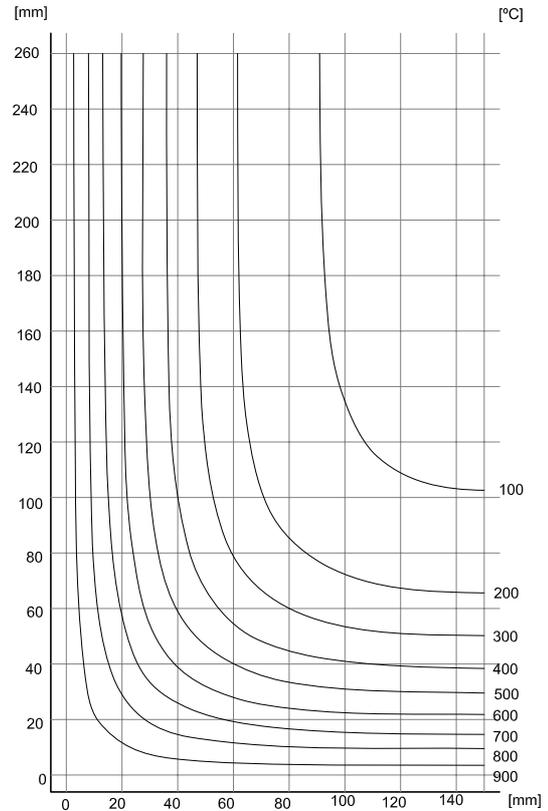


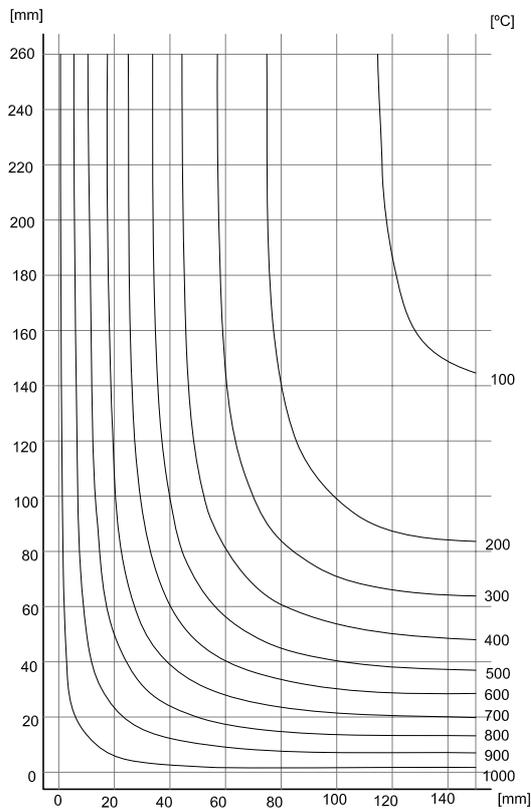
Figura A.6.4.a. Isothermas para cuartos de sección de 300 x 160 mm expuestos por ambas caras



R-60

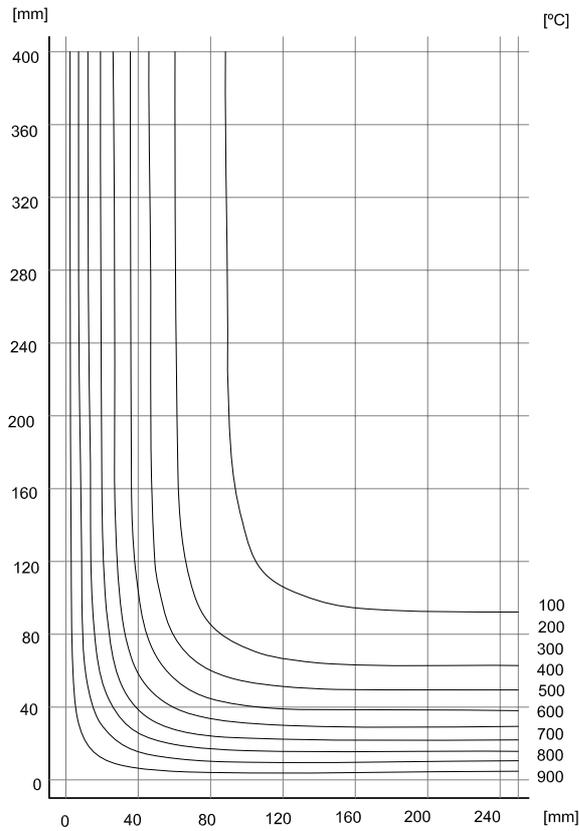


R-90

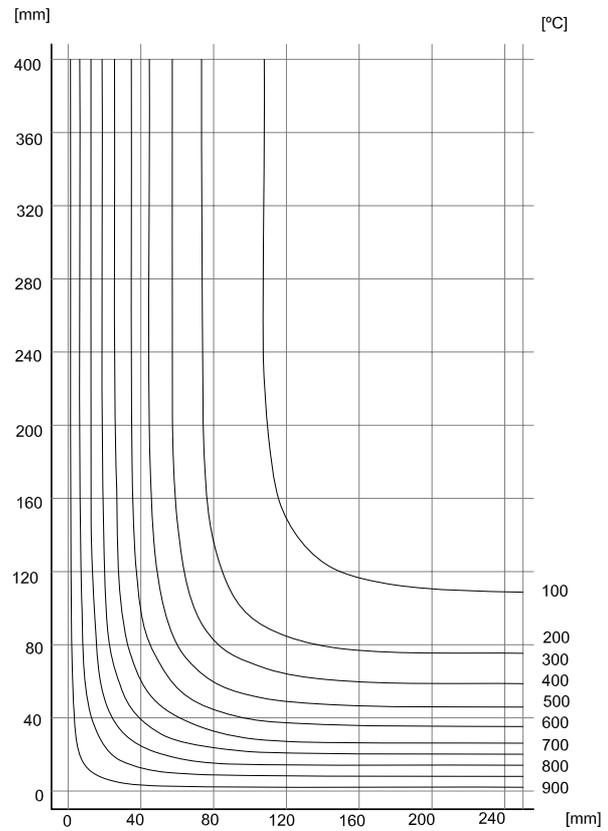


R-120

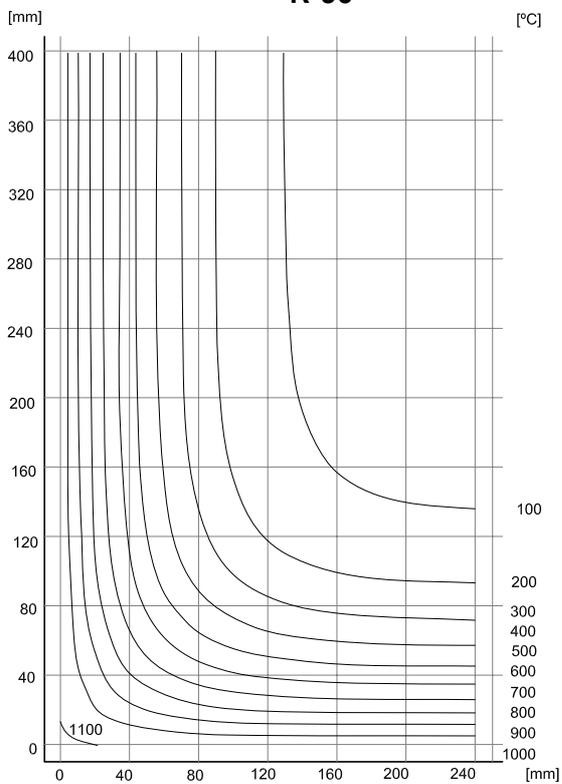
Figura A.6.4.b. Isotermas para cuartos de sección de 600 x 300 mm expuestos por ambas caras



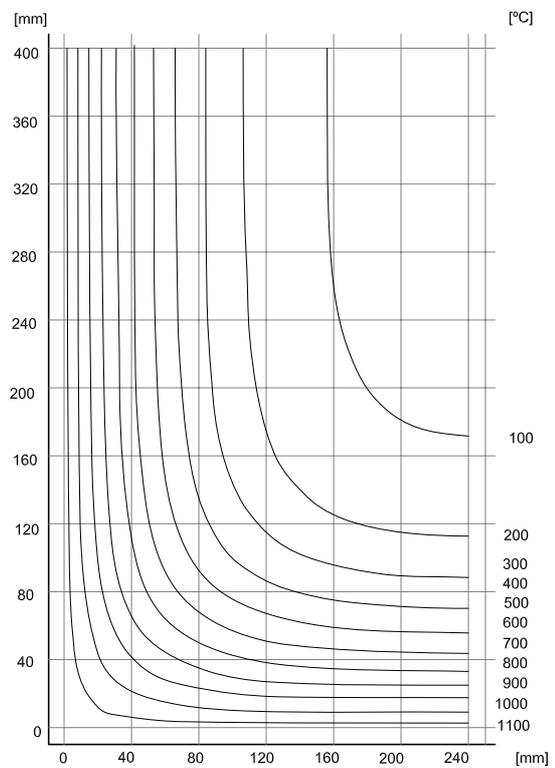
R-90



R-120

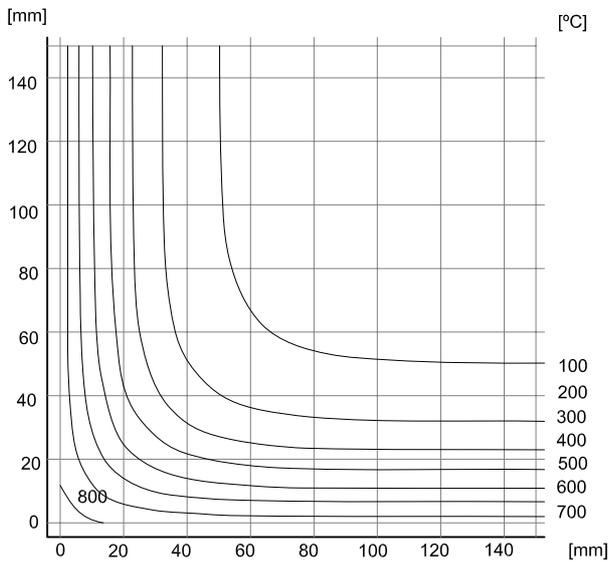


R-180

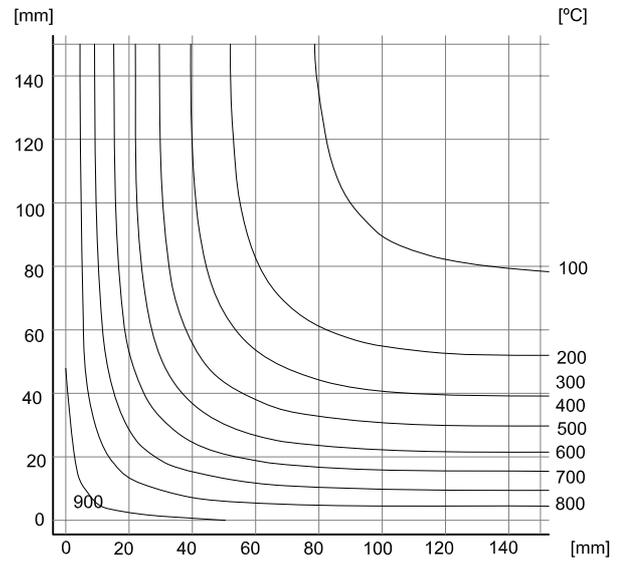


R-240

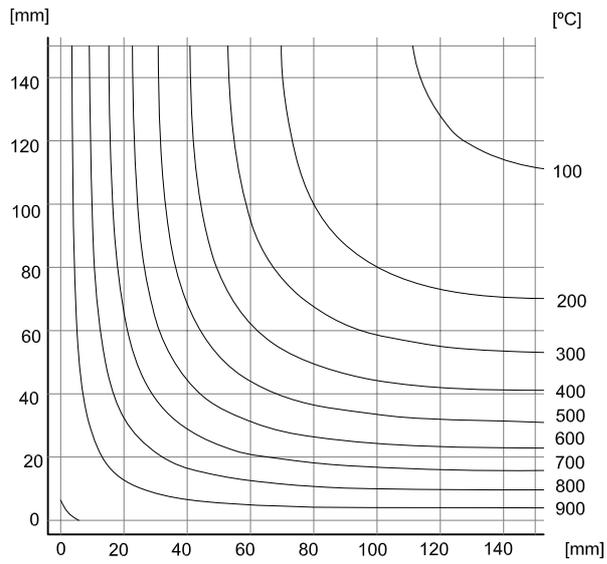
Figura A.6.4.c. Isotermas para cuartos de sección de 800 x 500 mm expuestos por ambas caras



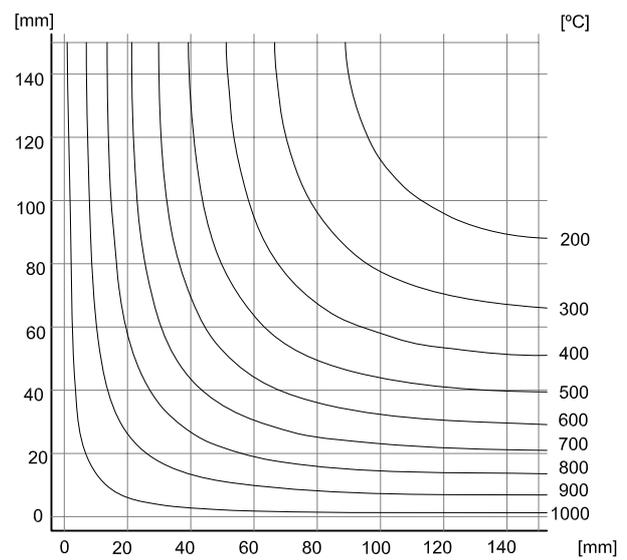
R-30



R-60

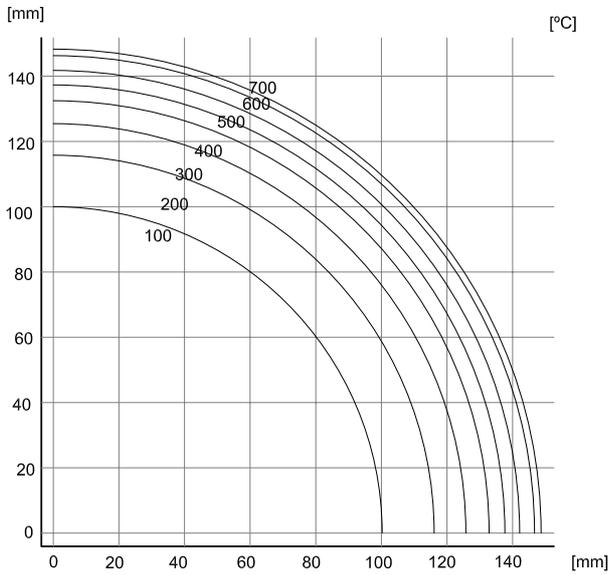


R-90

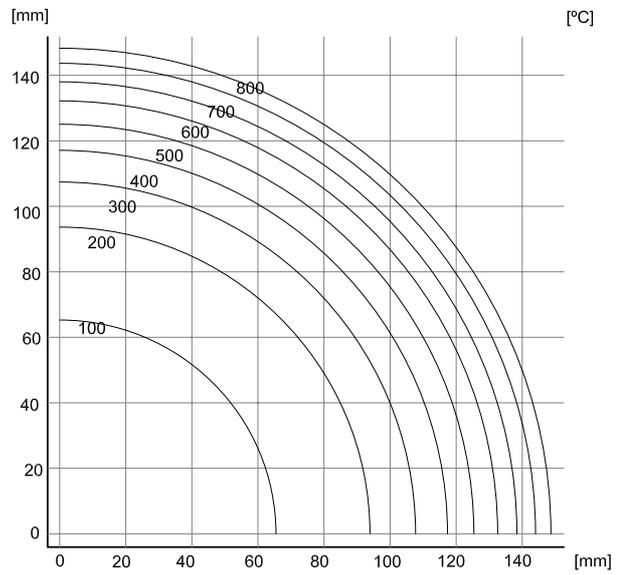


R-120

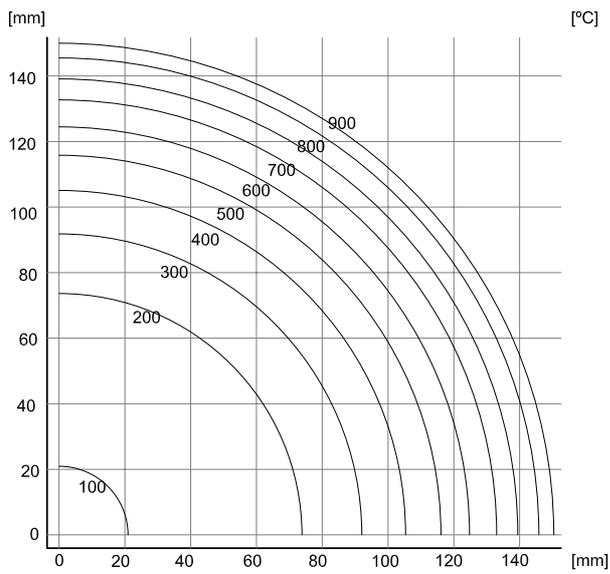
Figura A.6.4.d. Isotermas para cuartos de sección de 300 x 300 mm expuestos por ambas caras



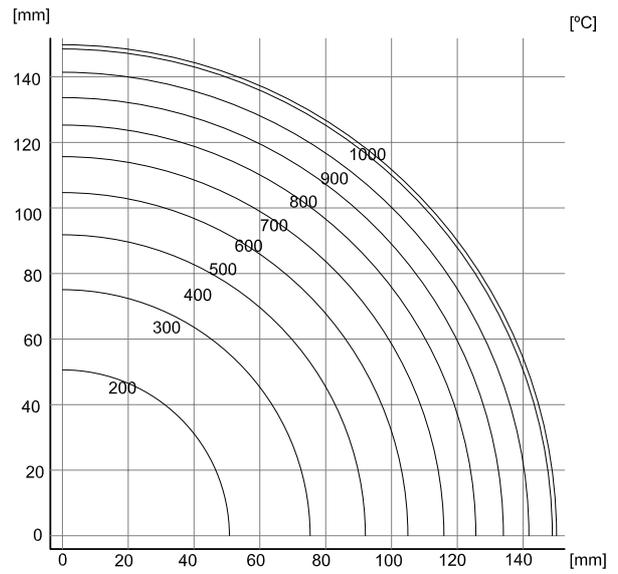
R-30



R-60



R-90



R-120

Figura A.6.7.4.e. Isothermas de un cuarto de sección circular de 300 mm de diámetro expuesta perimetralmente

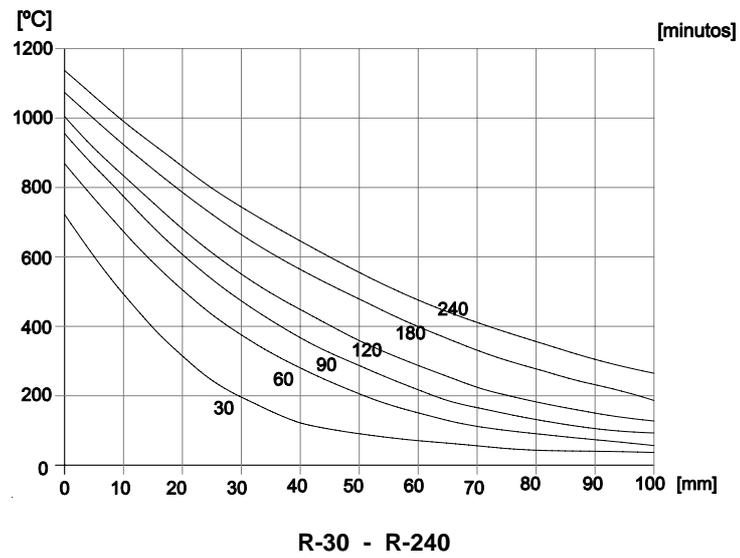


Figura A.6.7.4.c. Distribución de temperaturas en el espesor de secciones planas expuestas por una cara $h \geq 200$ mm