



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

ETS. DE ARQUITECTURA

EL HORMIGÓN COMO MATERIAL

SESIÓN 1
07/04/2026

Grado en fundamentos de arquitectura
Área de construcciones arquitectónicas
Construcción arquitectónica III
Curso 2025-2026

Docente: Carmen Díaz López
Autoría: Carmen Díaz López y Alejandro Morales Ruiz

INDICE

- 01 Definición y componentes
- 02 Dosificación y consistencia
- 03 Proceso de fabricación y control
- 04 Comportamiento mecánico
- 05 Durabilidad y curado
- 06 Sostenibilidad e impacto ambiental
- 07 Coste del ciclo de vida
- 08 Marco normativo vigente
- 09 Denominación del hormigón
- 10 Hormigones especiales e innovadores
- 11 Referentes arquitectónicos
- 12 Conclusiones, debate y referencias

OBJETIVOS DE LA SESIÓN



Definición y Componentes

Comprender la naturaleza y los elementos fundamentales del hormigón.



Relación Agua/Cemento

Interpretar su efecto determinante en la calidad y resistencia.



Fabricación y Control

Conocer el proceso productivo y los protocolos de ejecución.



Hormigón Simple vs Hormigón Armado

Distinguir sus diferencias y comportamiento mecánico estructural.



Designación T/R/C/TM/A

Seleccionar correctamente según el uso y ambiente de exposición.



Visión Integral

Integrar durabilidad, sostenibilidad y coste de ciclo de vida.

DEBATE



¿Por qué el hormigón se ha convertido en uno de los materiales más utilizados en construcción?



¿Por qué el hormigón se ha convertido en uno de los materiales más utilizados en construcción?


- **Alta resistencia y durabilidad.**
- **Bajo coste relativo** frente a otros materiales estructurales.
- **Gran disponibilidad** de sus componentes.
- **Versatilidad**, ya que puede moldearse en casi cualquier forma.
- **Buena respuesta estructural**, sobre todo cuando trabaja como hormigón armado.
- **Facilidad de ejecución** en obra y en prefabricación.
- **Amplio campo de aplicación:** cimentaciones, forjados, pilares, vigas, muros, pavimentos, puentes, presas, etc.


Mujeres vertiendo hormigón en la cubierta del Hotel Figueroa (Los Ángeles, 1926)




Fuente de imagen: Los Angeles Times, Female construction workers haul and pour concrete while on the roof of Hotel Figueroa, Los Angeles, 1926, Wikimedia Commons, CC BY 4.0

1. DEFINICIÓN Y COMPONENTES

- 

Material compuesto por **cemento, agua y áridos**, al que pueden incorporarse aditivos y adiciones para modificar sus propiedades..
- 

Sus prestaciones mecánicas se desarrollan mediante la reacción de **hidratación** de la pasta de cemento.
- 

La masa endurece transformándose en una **piedra artificial** resistente y durable.



1. DEFINICIÓN Y COMPONENTES

COMPONENTE	FUNCIÓN PRINCIPAL	TIPOS / NORMATIVA
 Cemento	<p>Conglomerante hidráulico que une los áridos. Al reaccionar con el agua, forma la pasta que endurece y aporta resistencia.</p>	<p>CEM I CEM II CEM III RC-21</p>
 Agua	<p>Permite la hidratación del cemento (amasado) y mantiene la humedad durante el endurecimiento (curado).</p>	<p>Debe ser limpia y apta para el consumo. Exenta de sustancias perjudiciales.</p>
 Áridos	<p>Material granular inerte que conforma el esqueleto del hormigón. Aporta volumen y estabilidad dimensional.</p>	<p>Finos (Arena) Gruesos (Grava)</p> <p>Normas UNE-EN 12620 y 13139</p>
 Aditivos	<p>Productos químicos añadidos en pequeñas cantidades (< 5% masa del cemento) para modificar propiedades específicas.</p>	<p>Plastificantes Retardadores</p> <p>Aceleradores Aireantes</p>

1. DEFINICIÓN Y COMPONENTES

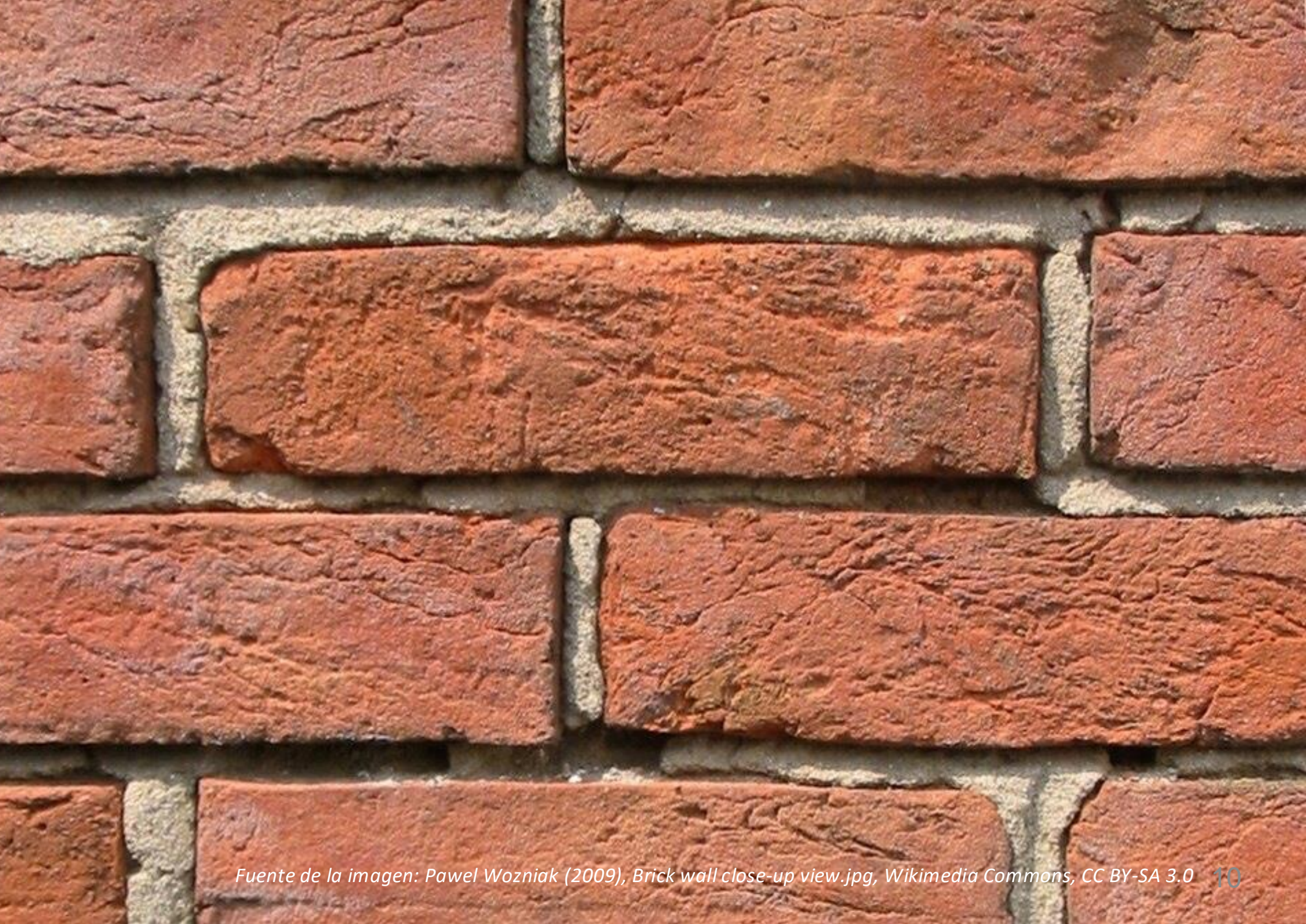
Mortero vs Hormigón

ASPECTO	BÁSICO MORTERO	ESTRUCTURAL HORMIGÓN
 Composición	Cemento + Agua + Árido Fino (Arena)	Cemento + Agua + Arena + Árido Grueso (Grava)
 Uso Típico	<ul style="list-style-type: none"> • Rejuntado de ladrillos • Enfoscados y revestimientos • Nivelación de suelos 	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos Estructurales (Vigas, Pilares) • Cimentaciones • Pavimentos de carga
 Propiedades	Alta plasticidad y adherencia. Resistencia mecánica moderada.	Alta resistencia a compresión y rigidez. Menor retracción que el mortero puro.

Diferencia Clave



La presencia del **árido grueso (grava)** es lo que confiere al hormigón su capacidad para formar un "esqueleto de piedra artificial" capaz de soportar grandes cargas estructurales.



Fuente de la imagen: Pawel Wozniak (2009), *Brick wall close-up view.jpg*, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0 10



DEBATE



¿Qué aporta cada componente a la mezcla y qué ocurriría si uno de ellos faltara o estuviera mal proporcionado?



¿Qué aporta cada componente a la mezcla y qué ocurriría si uno de ellos faltara o estuviera mal proporcionado?



Cemento

Aporta cohesión y resistencia mecánica.

⚠ *Exceso: retracción y fisuración. Defecto: baja resistencia.*



Agua

Permite la trabajabilidad y la hidratación.

⚠ *Exceso: porosidad y ↓ resistencia. Defecto: falta de docilidad.*



Áridos

Esqueleto resistente y estabilidad volumétrica.

⚠ *Mala granulometría: segregación o sangrado.*



Adiciones

Mejoran durabilidad y sostenibilidad.

⚠ *Uso inadecuado: alteraciones en tiempos de fraguado.*



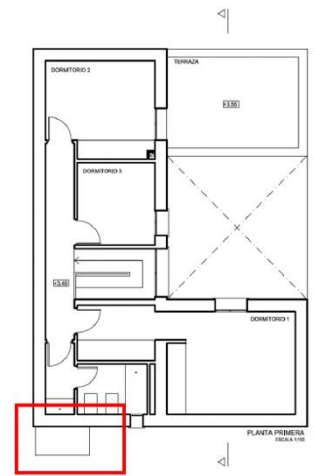
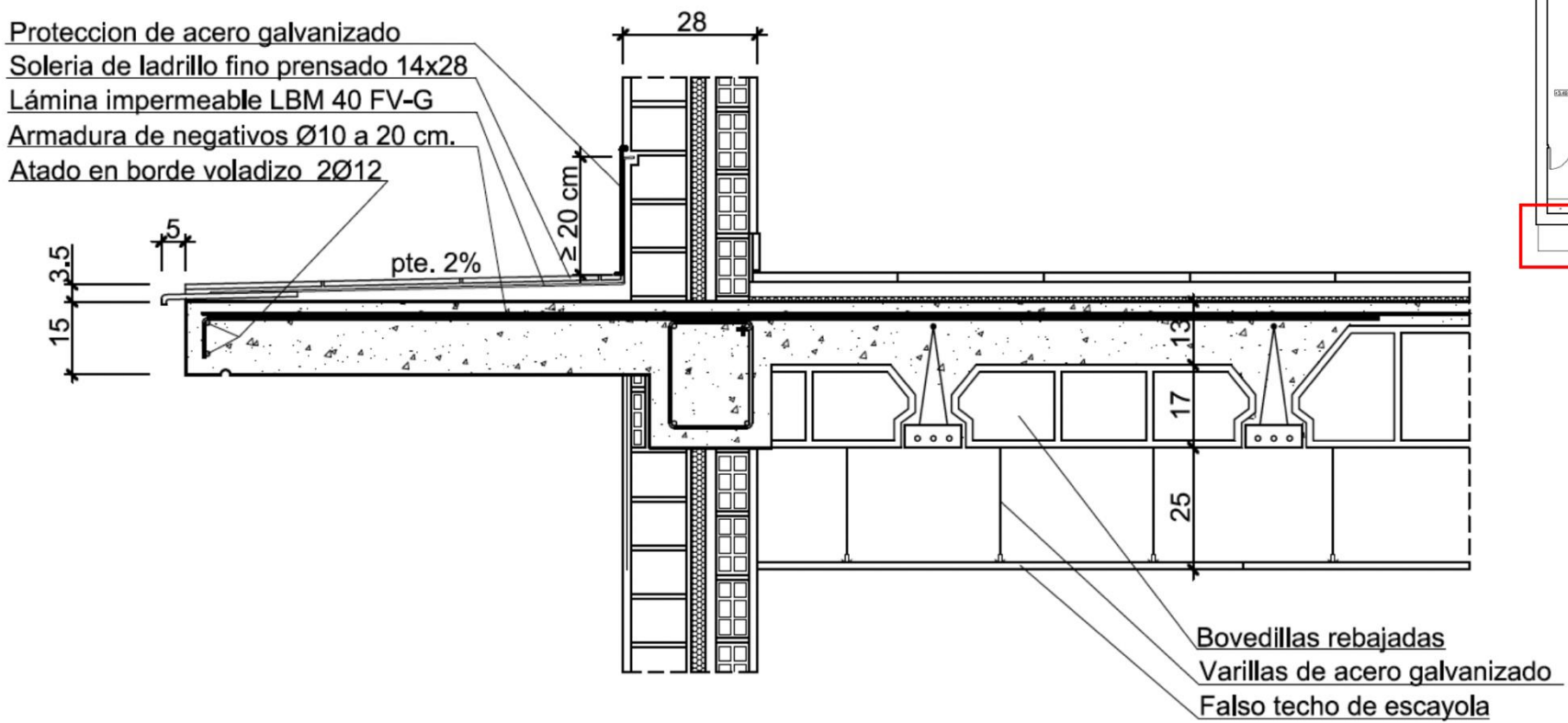
Aditivos

Modifican propiedades (reología, tiempos) en dosis pequeñas.

⚠ *Dosificación incorrecta: patologías graves o fallo de fraguado.*

Detalle constructivo 1

Encuentro de cubierta plana con peto y vuelo en voladizo sobre forjado unidireccional



2. DOSIFICACIÓN Y CONSISTENCIA

Factores clave para el diseño de mezclas de hormigón



Triángulo de Calidad

Buscar el equilibrio técnico-económico entre resistencia, durabilidad y trabajabilidad.



Relación Agua/Cemento

Parámetro crítico: minimizar el agua para reducir la porosidad y aumentar drásticamente la resistencia.



Compacidad Granular

Granulometría continua (esqueleto sólido) para minimizar huecos y ahorrar pasta de cemento.



Contenido de Cemento

Dosificación mínima estricta según clase de exposición ambiental y resistencia requerida.



Consistencia

Adaptar la fluidez al método de compactación y a la densidad de armaduras del elemento.

DEBATE



Identifica el componente más crítico para hormigonar un elemento muy delgado y densamente armado. ¿Por qué?

DEBATE



Identifica el componente más crítico para hormigonar un elemento muy delgado y densamente armado. ¿Por qué?



Áridos

El árido grueso es el más crítico, porque su tamaño puede impedir que el hormigón pase bien entre las armaduras. Por eso, en elementos muy armados se reduce el tamaño máximo del árido y se cuida mucho la trabajabilidad.



2. DOSIFICACIÓN Y CONSISTENCIA

Efectos negativos del exceso de agua en la mezcla



Reduce drásticamente la **resistencia**



Aumenta la **porosidad** y permeabilidad



Eleva el riesgo de **fisuración**



Disminuye la **durabilidad** a largo plazo

La solución correcta

Utilizar **superplastificantes** para mejorar la trabajabilidad (consistencia) sin aumentar la relación agua/cemento.



Fuente de imagen: Boyana.kjfg, Cracked concrete.jpg, Wikimedia Commons, CC BY 4.0.

2. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

Ejemplos orientativos de proporciones y prestaciones

Hormigón No Estructural (Por Volumen)

DESIGNACIÓN	Proporción (Vol.) Cemento : Arena : Grava	AGUA APROX.
H-100	1 : 3 : 5	≈ 0,5
H-150	1 : 2,5 : 4	≈ 0,5
H-200	1 : 2 : 3	≈ 0,5

Tradicionalmente utilizada en obras menores o para rellenos y limpieza.

Hormigón Estructural (Por Prestaciones)

DESIGNACIÓN	RELACIÓN A/C MÁX.	CEMENTO MÍN.
HA-25	≤ 0,55	≥ 300 kg/m ³
HA-30	≤ 0,50	≥ 325 kg/m ³
HA-35	≤ 0,45	≥ 350 kg/m ³

Basado en requisitos mínimos de resistencia y durabilidad estándar.



Nota Importante: Estos valores son orientativos de referencia. La dosificación real en obra debe ajustarse estrictamente a los requisitos de durabilidad (clase de exposición) y resistencia mecánica especificados en el **Código Estructural (RD 470/2021)** y la norma **UNE-EN 206**.



CASO PRÁCTICO 1



Situación

Durante el vertido, una operaria añade agua directamente a la hormigonera porque considera que la mezcla está demasiado seca y así resulta más fácil extenderla y trabajarla.

Pregunta al alumnado

¿Es correcta esta práctica? ¿Qué efectos produce sobre la calidad del hormigón?



CASO PRÁCTICO 1

Situación

Durante el vertido, una operaria añade agua directamente a la hormigonera porque considera que la mezcla está demasiado seca y así resulta más fácil extenderla y trabajarla.

Pregunta al alumnado

¿Es correcta esta práctica? ¿Qué efectos produce sobre la calidad del hormigón?








IDEA CLAVE

"La trabajabilidad se corrige con una correcta dosificación o aditivos plastificantes, NUNCA añadiendo agua de forma indiscriminada."

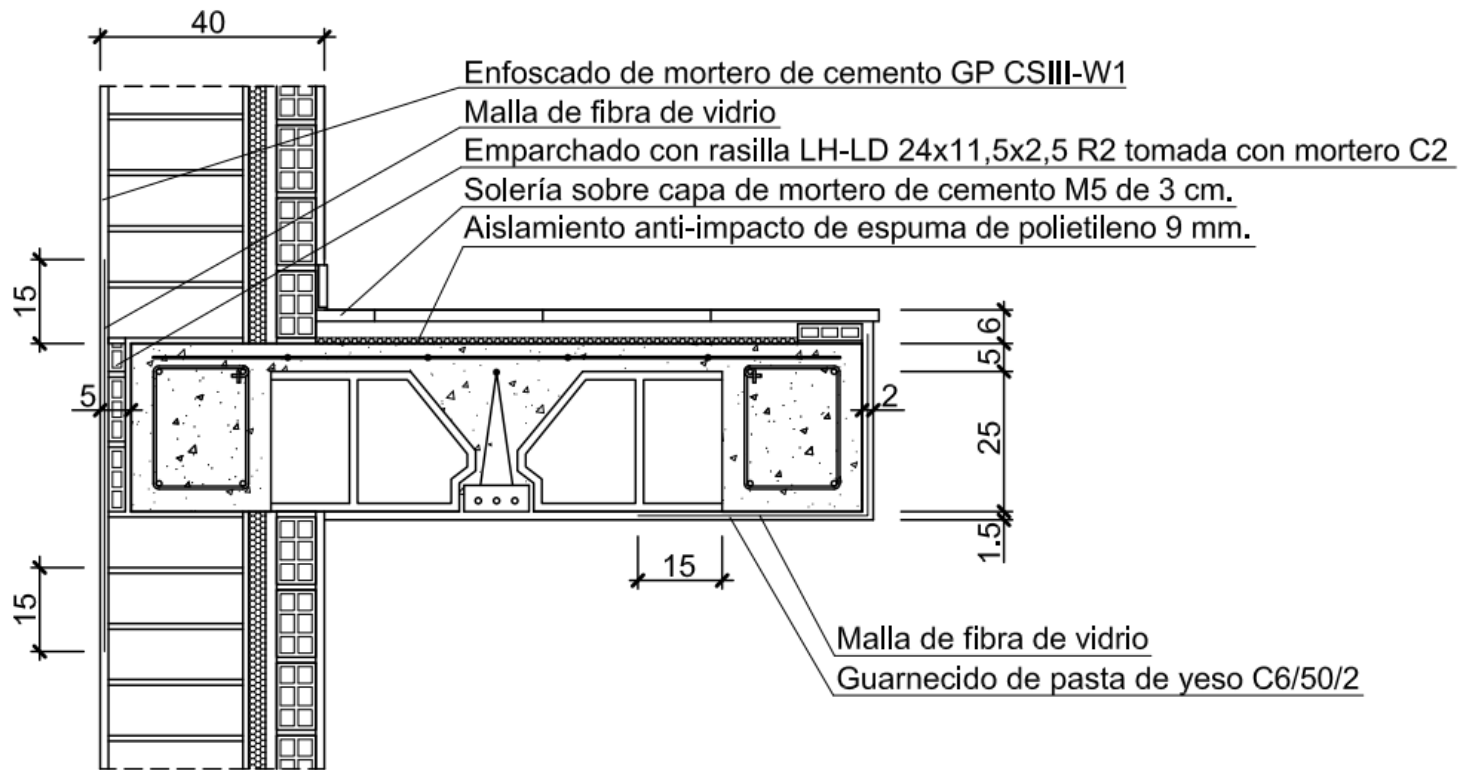


Consecuencias Directas

-  Aumenta drásticamente la relación agua/cemento (a/c)
-  Disminuye significativamente la resistencia mecánica
-  Aumenta la porosidad (más huecos al evaporarse el agua)
-  Reduce la durabilidad frente a agentes agresivos
-  Favorece la aparición de fisuras por retracción

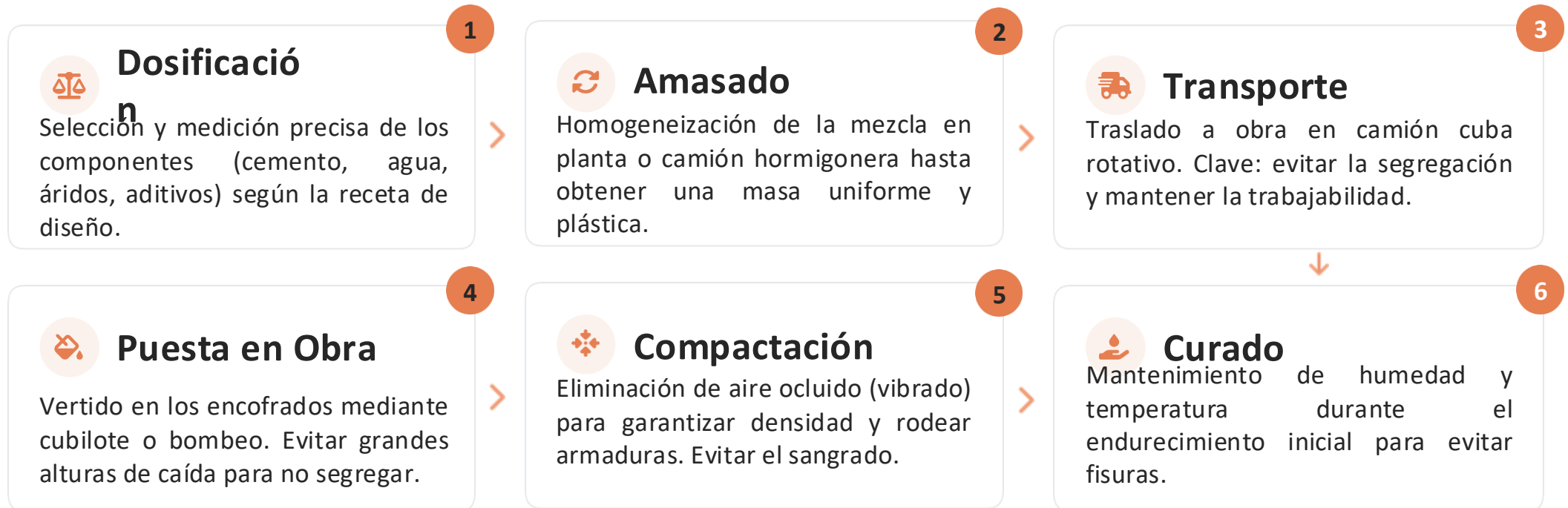
Detalle constructivo 2

Canto libre en voladizo de forjado unidireccional apoyado en cerramiento de fachada



3. PROCESO DE FABRICACIÓN Y CONTROL

Los 6 pasos del proceso



Nota de Calidad: Un fallo en cualquiera de estas etapas compromete la resistencia y la durabilidad finales.

3. PROCESO DE FABRICACIÓN Y CONTROL

Los 6 pasos del proceso



DOSIFICACIÓN

Objetivo Principal

Selección y proporción de materiales para cumplir **prestaciones** y requisitos.

⚠ Punto Crítico

Corrección por humedad Es vital descontar el agua que ya contienen los áridos para no alterar la relación a/c real.



AMASADO

Objetivo Principal

Lograr la total **homogeneidad**, recubriendo todos los áridos con pasta.

Tiempo suficiente

Para obtener una masa uniforme.

Evitar sobreamasado

El exceso de fricción aumenta T° y acelera fraguado.



Buena Práctica: Garantizar trazabilidad de lotes y calibración de básculas.

3. PROCESO DE FABRICACIÓN Y CONTROL

Los 6 pasos del proceso






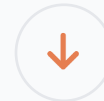
TRANSPORTE

Objetivo Principal

Trasladar el hormigón fresco manteniendo su **homogeneidad** y trabajabilidad original.

Factores Críticos

-  **Tiempo máximo:** Evitar el inicio de fraguado (aprox. 90 min)
-  **Amasado continuo:** Revoluciones suficientes para evitar segregación.
-  **Protección:** Evitar evaporación excesiva o entrada de agua.






PUESTA EN OBRA

Objetivo Principal

Colocar el material en el encofrado llenando todos los huecos sin producir **segregación**.

Buenas Prácticas

-  **Altura de caída:** Controlada (máx. 1.5-2m) usando tubos o canaletas.
-  **Vertido vertical:** En posición definitiva, no "correr" con vibrador.
-  **Capas horizontales:** Espesor adecuado para evitar juntas frías.

3. PROCESO DE FABRICACIÓN Y CONTROL

Los 6 pasos del proceso



COMPACTACIÓN

Objetivo Principal

Eliminar huecos y aire ocluido para obtener una masa **densa y homogénea**.

✂ Métodos y Riesgos

Vibrado interno: Uso de agujas vibrantes verticales (método más común).

Riesgo de segregación: El exceso de vibrado separa la pasta de los áridos gruesos.

Defecto: Coqueras (nidos de grava) por vibrado insuficiente.



CURADO

Objetivo Principal

Mantener **humedad y temperatura** para asegurar la hidratación y evitar fisuras.

Métodos y Duración ⌚

Aportación de agua: Riego continuo, arpilleras húmedas, inundación.

Protección: Láminas de plástico o productos filmógenos de curado.

Duración: Mínimo 3-7 días (según velocidad de endurecimiento).

3. PROCESO DE FABRICACIÓN Y CONTROL

Los 6 pasos del proceso

Puntos de Control



Control en Fresco

Verificación de la **consistencia** (Cono de Abrams) y contenido de aire al llegar el camión a obra.



Control en Endurecido

Toma de probetas cilíndricas para ensayar la **resistencia a compresión** (f_{ck}) en laboratorio homologado.



Control Documental

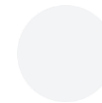
Revisión exhaustiva de **albaranes**: tipo de hormigón, hora de amasado (límite 90 min) y aditivos.

Errores Frecuentes



AGUA EN OBRA

Nunca añadir agua en la cuba. Altera la relación a/c, reduce drásticamente la resistencia y aumenta la porosidad.



Defectos de Compactación

El vibrado insuficiente genera **coqueras**; el exceso provoca la **segregación** de los áridos.



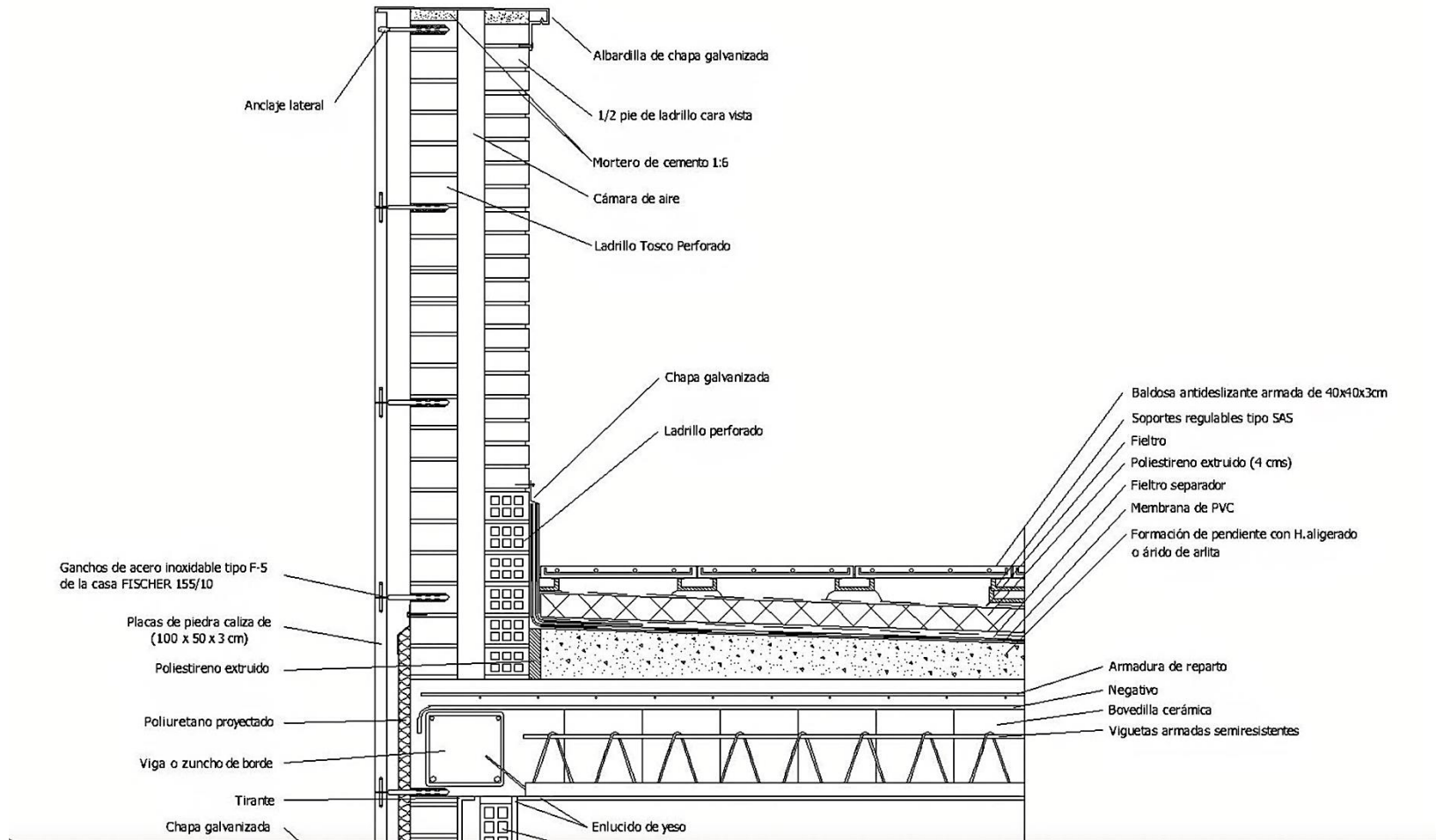
Curado Deficiente

Sin protección inmediata tras vertido se produce **fisuración** temprana por retracción plástica.

Detalle constructivo 3

Encuentro entre cubierta plana invertida y fachada ventilada sobre forjado unidireccional

CUBIERTA PLANA INVERTIDA TRANSITABLE CON PAVIMENTO FLOTANTE.
ENCUENTRO CON FACHADA VENTILADA.



4. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

COMPRESIÓN

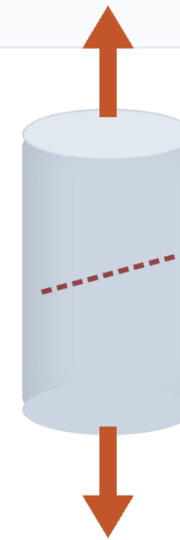


✓ Resiste Muy Bien

25–50 N/mm²

Resistencia característica típica

TRACCIÓN



✗ Resiste Muy Mal

~10%

De su resistencia a compresión

4. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

↓ ↓ Resistencia a Compresión

Es la principal virtud del hormigón. Resiste grandes cargas de aplastamiento, lo que lo hace ideal para pilares y cimentaciones.

↔ Debilidad a Tracción

Su resistencia a tracción es muy baja (aprox. 10% de la compresión). Esto obliga a usar armaduras de acero para soportar estos esfuerzos.

↗ Módulo de Elasticidad (E)

Define la rigidez del material. A mayor resistencia, generalmente mayor rigidez y menor deformación bajo carga.

⚡ Comportamiento Cuasi-Frágil

Rompe de forma relativamente brusca tras alcanzar su carga máxima, especialmente en hormigones de alta resistencia.

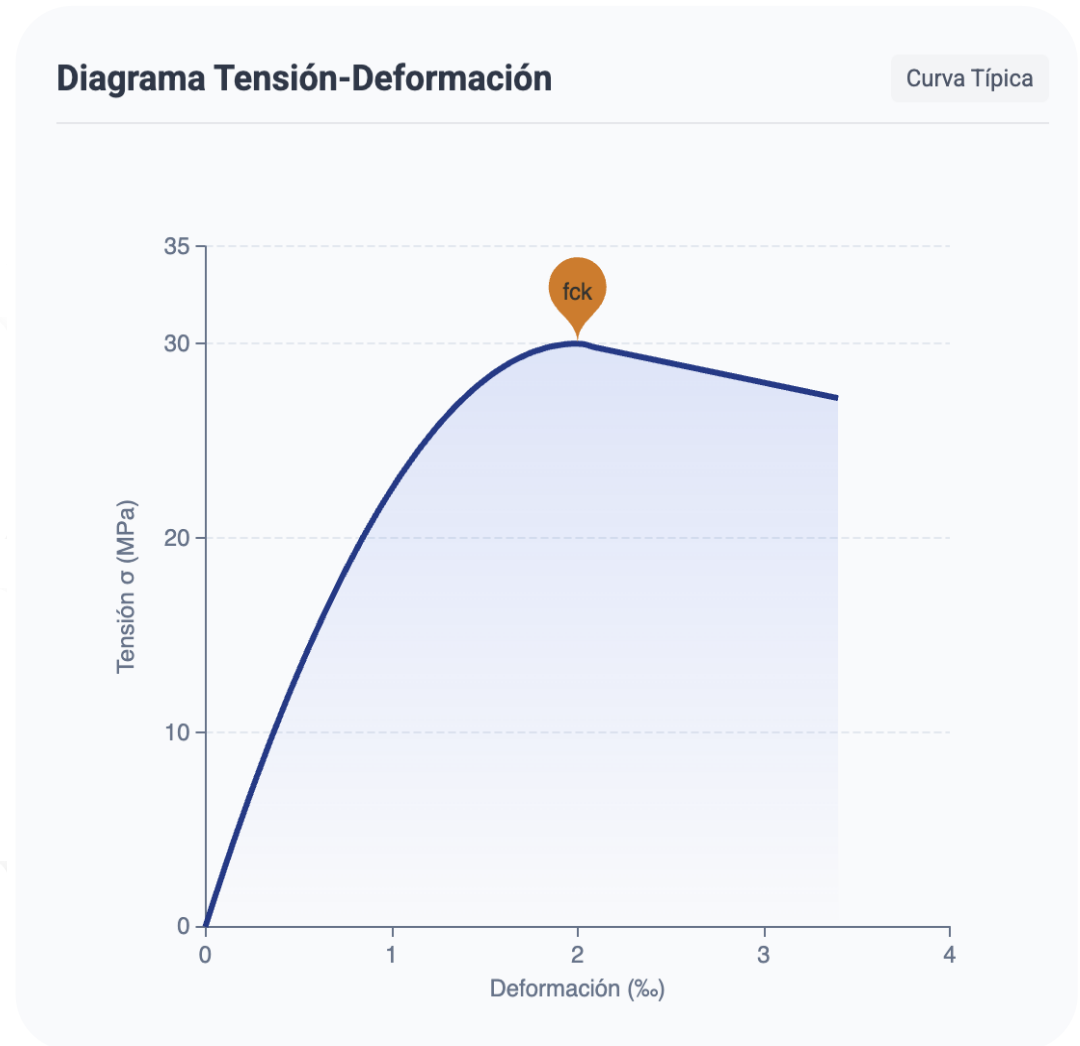


Figura 1. Comportamiento no lineal del hormigón bajo carga uniaxial de compresión. Elaboración propia

4. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

Del Hormigón simple al Hormigón Armado (HA)

Hormigón

Trabaja excelentemente a **COMPRESIÓN**, pero falla rápidamente bajo fuerzas de tracción.

Acero (Armadura)

Se coloca estratégicamente para absorber los esfuerzos de **TRACCIÓN** que el hormigón no resiste.

Adherencia

Fenómeno físico-químico que permite que ambos materiales trabajen como un **único sólido**.

COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGA BIAPOYADA

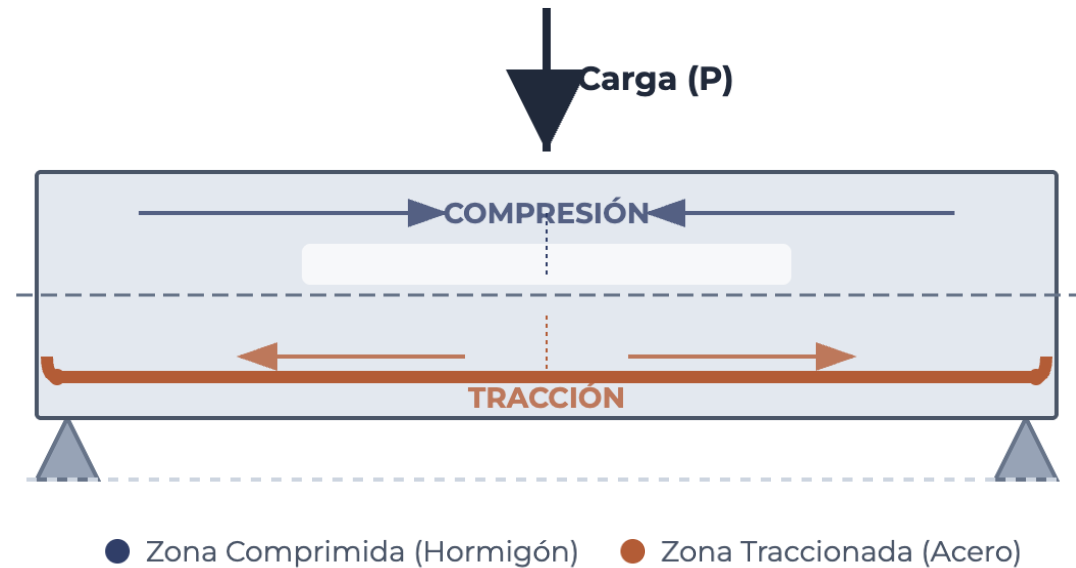


Figura 2. Esquema del comportamiento a flexión de una viga biapoyada de hormigón armado. Elaboración propia



La flexión genera una zona comprimida y otra traccionada; por eso la armadura se coloca en la zona de tracción.



CASO PRÁCTICO 2

Viga a Flexión

Situación

Imagina una viga de hormigón simplemente apoyada en sus extremos que recibe una carga vertical uniforme (peso propio y uso).



Pregunta al alumnado

Para que la viga funcione estructuralmente, ¿en qué zona colocarías la armadura principal de acero y por qué?





CASO PRÁCTICO 2

Viga a Flexión

Situación

Imagina una viga de hormigón simplemente apoyada en sus extremos que recibe una carga vertical uniforme (peso propio y uso).



Pregunta al alumnado

Para que la viga funcione estructuralmente, ¿en qué zona colocarías la armadura principal de acero y por qué?

Respuesta Esperada

Ubicación **Zona inferior (cara traccionada)**

Función acero **Absorber esfuerzos de tracción**

Excepción **Zona superior en apoyos (momentos -)**

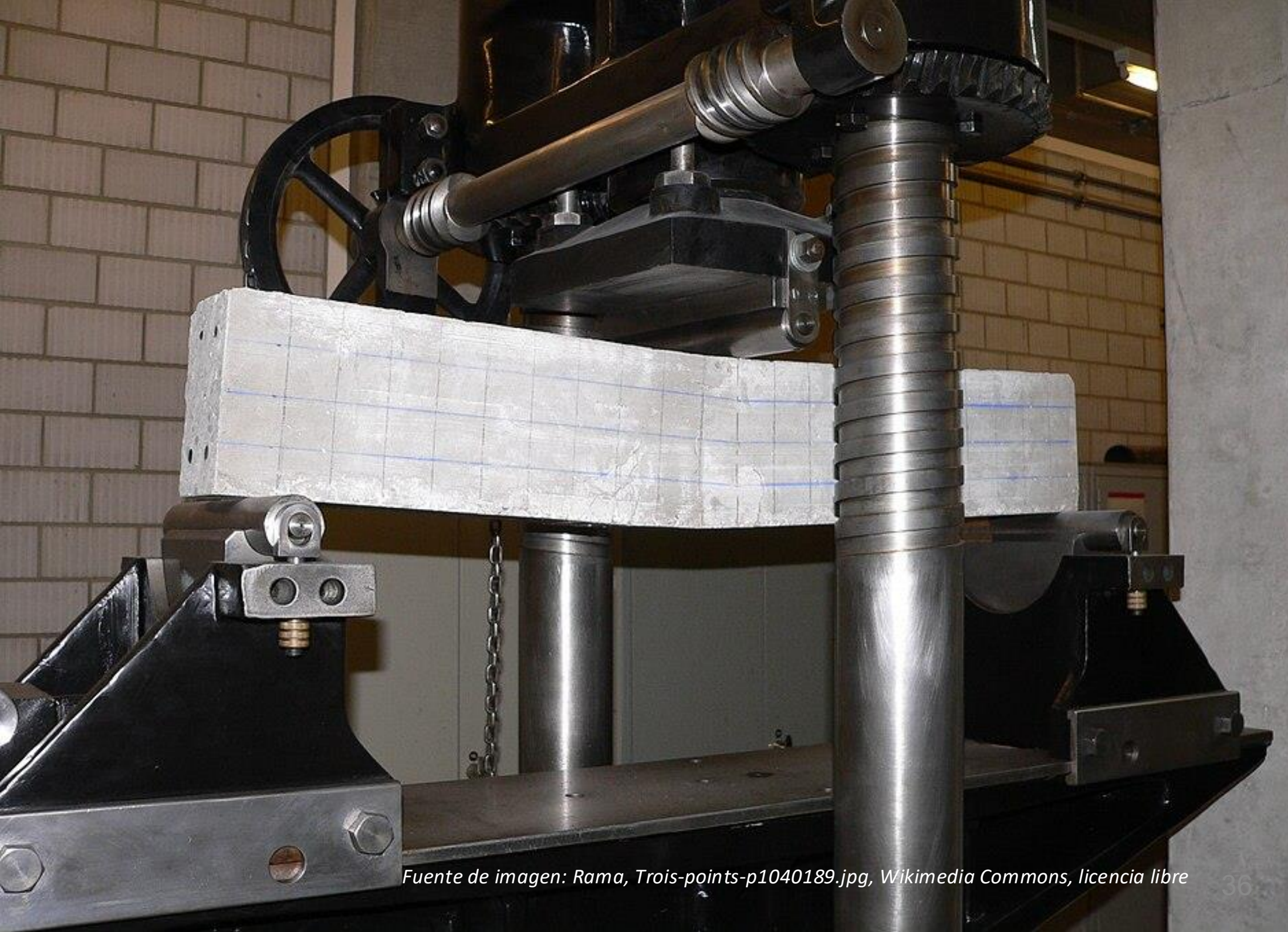
Razón principal **El hormigón no resiste tracción**

Función hormigón **Resistir compresión (zona superior)**

Consecuencia **Evita el colapso frágil**



Idea clave: La resistencia (30 MPa) no basta; la exposición gobierna la dosificación.



Fuente de imagen: Rama, Trois-points-p1040189.jpg, Wikimedia Commons, licencia libre

5. DURABILIDAD Y CURADO

Durabilidad: factores y diseño

Agentes Agresivos

XC Carbonatación: Corrosión de armaduras por descenso del pH.


XD/XS Cloruros: Origen no marino (XD) o marino (XS). Ataque localizado.


XF Hielo-deshielo: Daño interno por ciclos de congelación del agua.


XA Ataque químico: Suelos o aguas agresivas (sulfatos, ácidos).

XM Erosión: Desgaste mecánico superficial.


Medidas de Protección

 **Relación a/c máx:** Limitar agua para reducir porosidad y permeabilidad.

 **Cemento mín:** Asegurar contenido suficiente de conglomerante.

 **Recubrimientos:** Espesor de hormigón que protege la armadura.

 **Ejecución:** Compactación y curado rigurosos.

 **Control de fisuración:** Crítico para evitar entrada de agentes.

5. DURABILIDAD Y CURADO

Curado: Métodos y Tiempos



Objetivo Principal

Mantener la **humedad** y **temperatura** necesarias en la masa para asegurar la completa hidratación del cemento durante las primeras edades.



Métodos de Aplicación

Riego continuo: Aporte directo de agua.

Láminas plásticas: Evitan la evaporación.

Membranas químicas: Líquidos de curado.

Curado interno: Aditivos o áridos saturados.



Tiempos Orientativos

La duración depende del desarrollo de resistencia:

Mínimo 7 días: En condiciones de clima templado.

Extender plazo: En climas secos, calientes, con viento o al usar cementos con adiciones (lenta hidratación).



Consecuencias del Mal Curado

Menor resistencia final del elemento.

Mayor porosidad superficial (entrada de agentes agresivos).

Fisuración prematura por retracción plástica.



CASO PRÁCTICO 3

Curado Deficiente

Situación

Se ejecuta un elemento de hormigón **correctamente dosificado** (resistencia potencial adecuada), pero **no se realiza un curado adecuado** en los primeros días críticos.

DOSIFICACIÓN OK + CURADO KO

Pregunta al alumnado

Considerando la importancia del agua en la hidratación, **¿qué problemas patológicos y de rendimiento pueden aparecer?**



CASO PRÁCTICO 3

Curado Deficiente

Situación

Se ejecuta un elemento de hormigón **correctamente dosificado** (resistencia potencial adecuada), pero **no se realiza un curado adecuado** en los primeros días críticos.

DOSIFICACIÓN OK + CURADO KO

Pregunta al alumnado

Considerando la importancia del agua en la hidratación, **¿qué problemas patológicos y de rendimiento pueden aparecer?**

Problemas Esperados

Humedad Pérdida rápida de agua (evaporación)

Resistencia Menor desarrollo (hasta -30%)

Durabilidad Drásticamente reducida (más poros)

Reacción Química Hidratación incompleta del cemento

Integridad Mayor riesgo de fisuración (retracción)

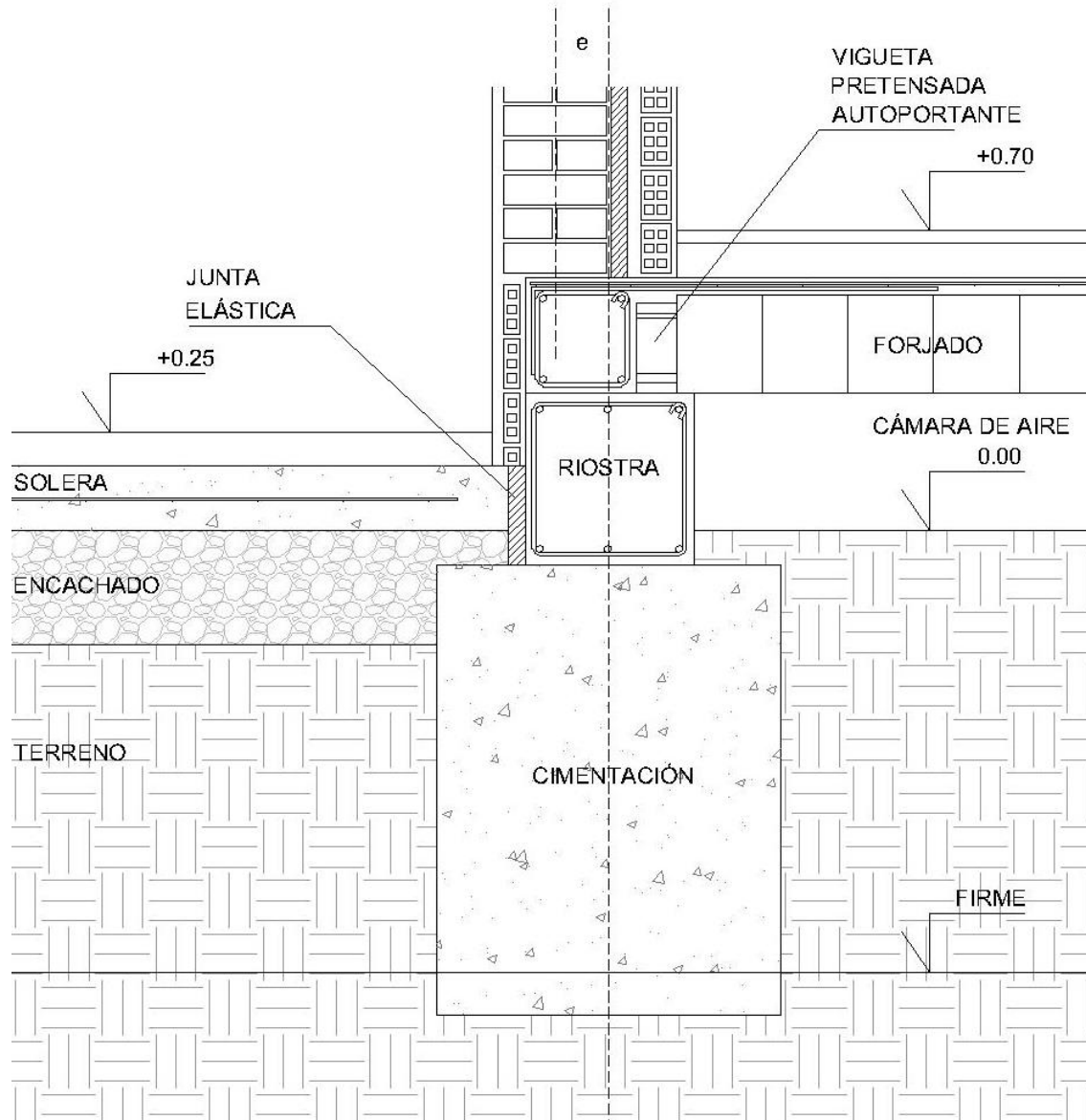
Superficie Desecación y aspecto polvoriento



Idea clave: La calidad final del hormigón depende tanto de la dosificación como de un curado correcto.

Detalle constructivo 4

Encuentro entre solera y forjado unidireccional sanitario sobre cimentación



Impacto ambiental del hormigón ¡Un material destructivo para la Tierra!



tiene más de un año.

Revela sus planes para alcanzar los objetivos climáticos ayudando a reducir las industrias contaminantes a las industrias verdes.

La Comisión Europea reitera su compromiso de reducir las emisiones en un 90 % para 2040 y apoyará a reducir el uso del acero y el cemento en la transición.



Workers cement a road, demand for cement for infrastructure is projected to grow significantly. REUTERS/Kevin Coombs [Purchase Licensing Rights](#)



- INICIO
- ÁREAS
- TERRITORIOS
- VELERO
- ECOLOJÓVENES
- PUBLICACIONES

INICIO > ÁREAS > ENERGÍA >

Energía /

Ecologistas en Acción presenta un informe sobre el impacto del hormigón y reclama reducir su demanda

2/04/2025 | Área, portada, Energía, Informes

“

El segundo material más consumido del mundo es altamente contaminante y conlleva graves impactos sociales.

El segundo material más consumido del mundo es altamente contaminante y conlleva graves impactos sociales

El hormigón ha vuelto a saltar a los medios recientemente debido a los elevados precios y a la Generalitat Valenciana a constructoras implicadas en casos de corrupción. Es un material principalmente en construcción, se ha asociado históricamente a escándalos políticos, vivienda o proyectos urbanísticos fallidos. Además de estas controversias, este material tiene graves impactos ecológicos y sociales. Un nuevo informe de Ecologistas en Acción analiza sus consecuencias y las alternativas necesarias para transformar el sector.

Un material con alta contaminación y consumo de recursos

- PIPOACTIVOS
- BANCA
- INVERSIÓN
- CONSUMO
- CALCULADORA DE SUELDO





Lista de seguimie... +

Símbolo	Último	Cambio	Cambi
ÍNDICES			
500 SPX	6,506.49	-99.99	-1.51%
100 NDQ	23,898.11	-457.12	-1.88%
30 DJI	45,577.47	-443.96	-0.96%
VIX ^D	26.78	2.72	11.31%
DX	99.503	0.341	0.34%
CEPO			
AAPL	247.99	-0.97	-0.39%
TSLA	367.96	-12.34	-3.24%
NFLX	91.82	0.08	0.09%

ALHGR

Hoffmann Green Cement Technologies SA
 · Euronext
 Minerales no energéticos · Materiales de construcción

4.750 ^D EUR +0.050 +1.06%
 = Mercado cerrado
 Última actualización: 20 de marzo, 17:35 GMT+1

23 de diciembre de 2025 · Esta noticia solo está disponible para...

Estadísticas clave

Volumen	7,37 K
Volumen promedio (30 días)	10,87 K
Contribución de mercado	77.86%

6. SOSTENIBILIDAD E IMPACTO AMBIENTAL

Impacto Ambiental del Hormigón



7–8%

EMISIONES GLOBALES

Porcentaje del total mundial de emisiones de CO₂ atribuible a la industria del cemento y hormigón.



250–400 kg

CO₂ POR M³

Huella de carbono estimada para la producción de un metro cúbico de hormigón convencional.



150–200 L

AGUA POR M³

Consumo de agua necesario para el amasado y curado, compitiendo con recursos hídricos potables.



30–40%

RESIDUOS UE

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) representan gran parte del volumen total de desechos en Europa.



50–90%

POTENCIAL RECICLAJE

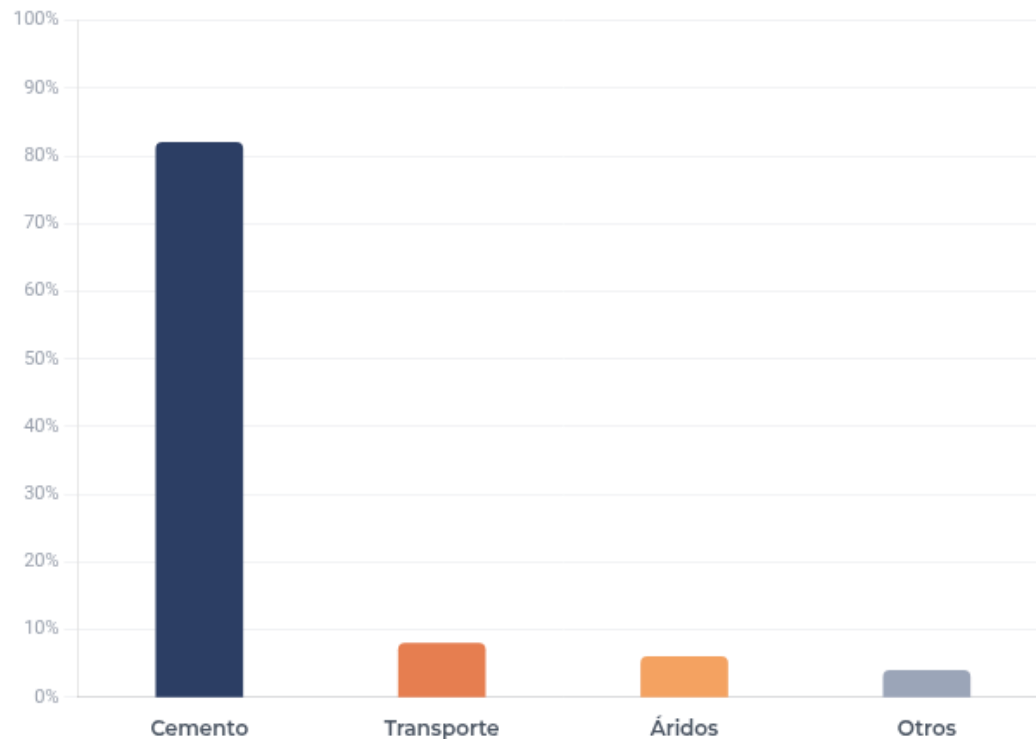
Alta capacidad de valorización de los RCD como áridos reciclados para nuevos hormigones.

6. SOSTENIBILIDAD E IMPACTO AMBIENTAL

Impacto Ambiental del Hormigón

Desglose de Emisiones de CO₂

Contribución relativa por componente en 1m³ de hormigón



Impacto Global

La industria del cemento genera aproximadamente el **7-8% de las emisiones globales** de CO₂ antropogénico, superando a sectores como la aviación comercial.



Proceso del Clinker

Emisiones generadas por la descarbonatación de la caliza (CaCO₃) y la combustión necesaria para alcanzar los 1450°C en el horno.



El **cemento** representa solo el ~10-15% del volumen del hormigón, pero es responsable de más del **80% de las emisiones de CO₂** asociadas a su producción.

Figura 3. Desglose porcentual de las emisiones de CO₂ por componente en 1 m³ de hormigón. Elaboración propia

6. SOSTENIBILIDAD E IMPACTO AMBIENTAL

Estrategias de sostenibilidad



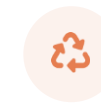
Reducir clínker

Uso de cementos con adiciones (cenizas volantes, escorias, filler calizo) para disminuir la huella de carbono asociada a la producción.



Optimizar a/c

Ajustar la mezcla a las prestaciones reales requeridas, evitando excesos de cemento y agua que comprometen la sostenibilidad.



Áridos reciclados

Incorporación de áridos procedentes de Residuos de Construcción y Demolición (RCDs) donde sea técnica y económicamente viable.



Diseño para durabilidad

Extender la vida útil de la estructura reduce el impacto ambiental global al disminuir la necesidad de reparaciones y reposiciones futuras.

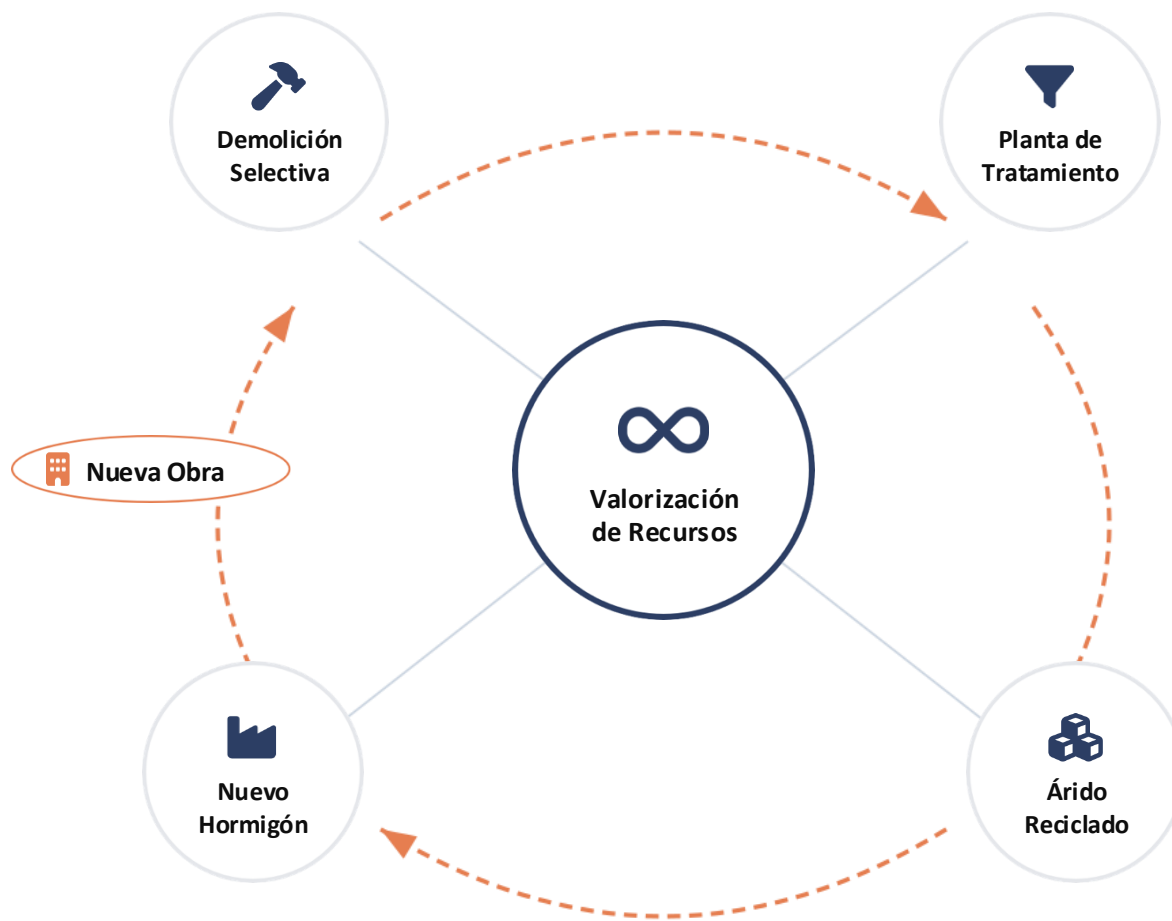


Eficiencia y prefabricación

Industrialización para minimizar residuos en obra, optimizar el consumo de agua y energía, y mejorar el control de calidad.

6. SOSTENIBILIDAD E IMPACTO AMBIENTAL

Economía Circular



OBJETIVO UE
70% Reciclaje RCD

⇔ **Flujo de Materiales**
El modelo lineal de "producir-usar-tirar" se transforma en un ciclo cerrado donde los **residuos de construcción y demolición (RCD)** se convierten en nuevos recursos valiosos.

- 🔑 **Claves del Proceso**
- ✓ **Separación en origen:** Crucial para eliminar contaminantes (yeso, madera).
 - ✓ **Trazabilidad:** Control documental estricto desde obra hasta planta.

"Reciclar hormigón no solo reduce residuos en vertedero, también disminuye drásticamente la presión sobre las canteras."



GRAVEL
20mm - 40mm

40-20

Fuente de imagen: 20 to 40mm recycled aggregates, Wikimedia Commons, CC BY 2.0

6. SOSTENIBILIDAD E IMPACTO AMBIENTAL

Árido Reciclado: Requisitos

Contenido Admisible

Limitado según el tipo de elemento (estructural vs limpieza) y la clase de exposición ambiental.

Control de Impurezas

Control estricto granulométrico y de contaminantes perjudiciales (yeso, materia orgánica, madera, metales).

Ajuste de Dosificación

Compensación de agua debido a la mayor absorción del árido reciclado respecto al natural.

Prescripción Técnica

Requiere ensayos previos de caracterización y especificaciones claras en el proyecto.

7. COSTE DEL CICLO DE VIDA (LCC)

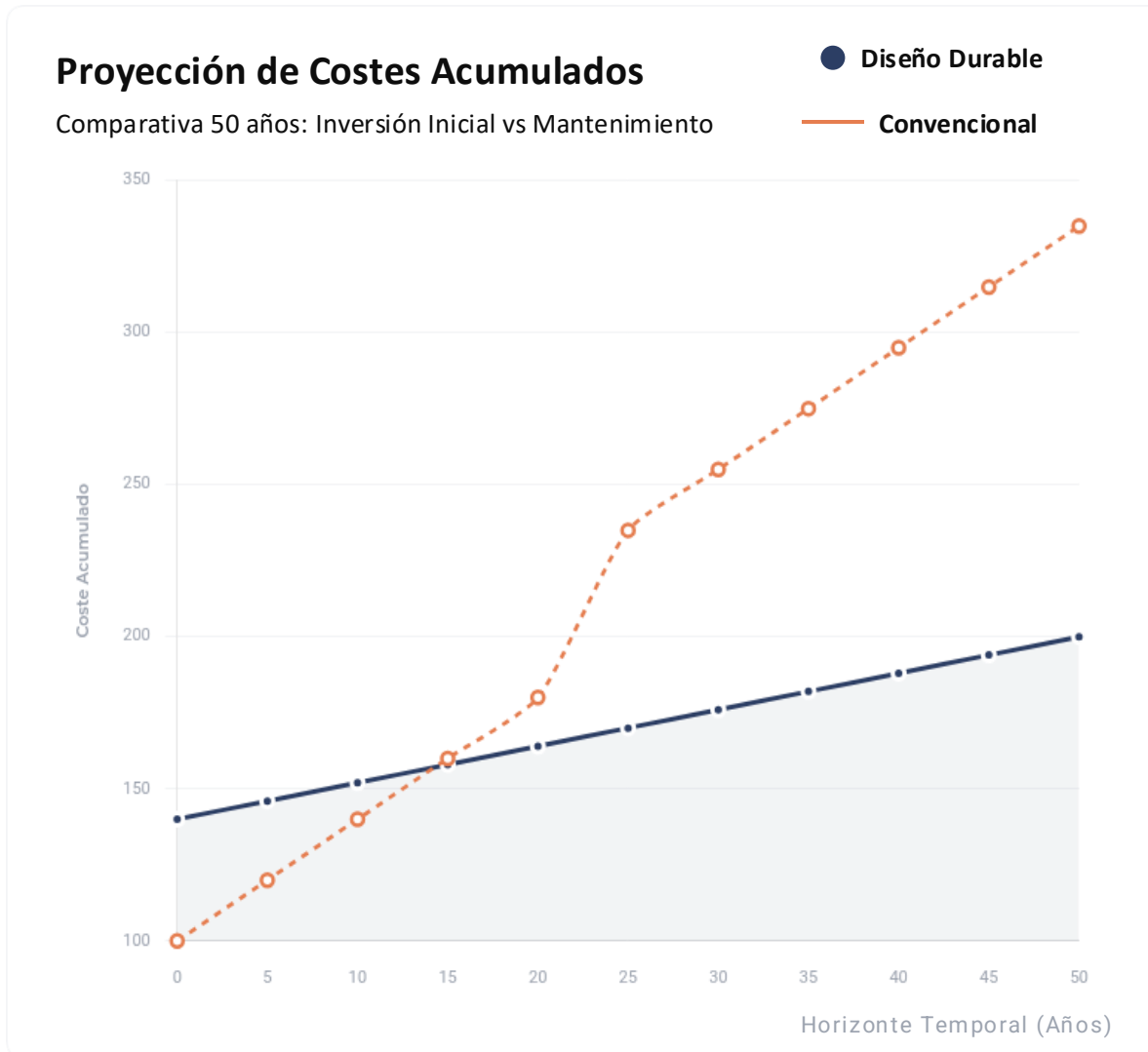


Figura 4. Proyección comparativa de costes acumulados a 50 años: diseño durable frente a diseño convencional. Elaboración propia

CAPEX vs OPEX

El coste de construcción (CAPEX) es visible, pero el coste de operación (OPEX) suele superar la inversión inicial en la vida útil.

Rentabilidad

Invertir en calidad inicial reduce drásticamente las reparaciones futuras. El punto de retorno suele ocurrir antes de los 20 años.

Visión a Largo Plazo

Las decisiones deben evaluarse con un horizonte de 50-100 años, integrando costes de demolición y reciclaje.

DEBATE



¿Qué decisiones de diseño reducen el coste total sin comprometer prestaciones?



¿Qué decisiones de diseño reducen el coste total sin comprometer prestaciones?

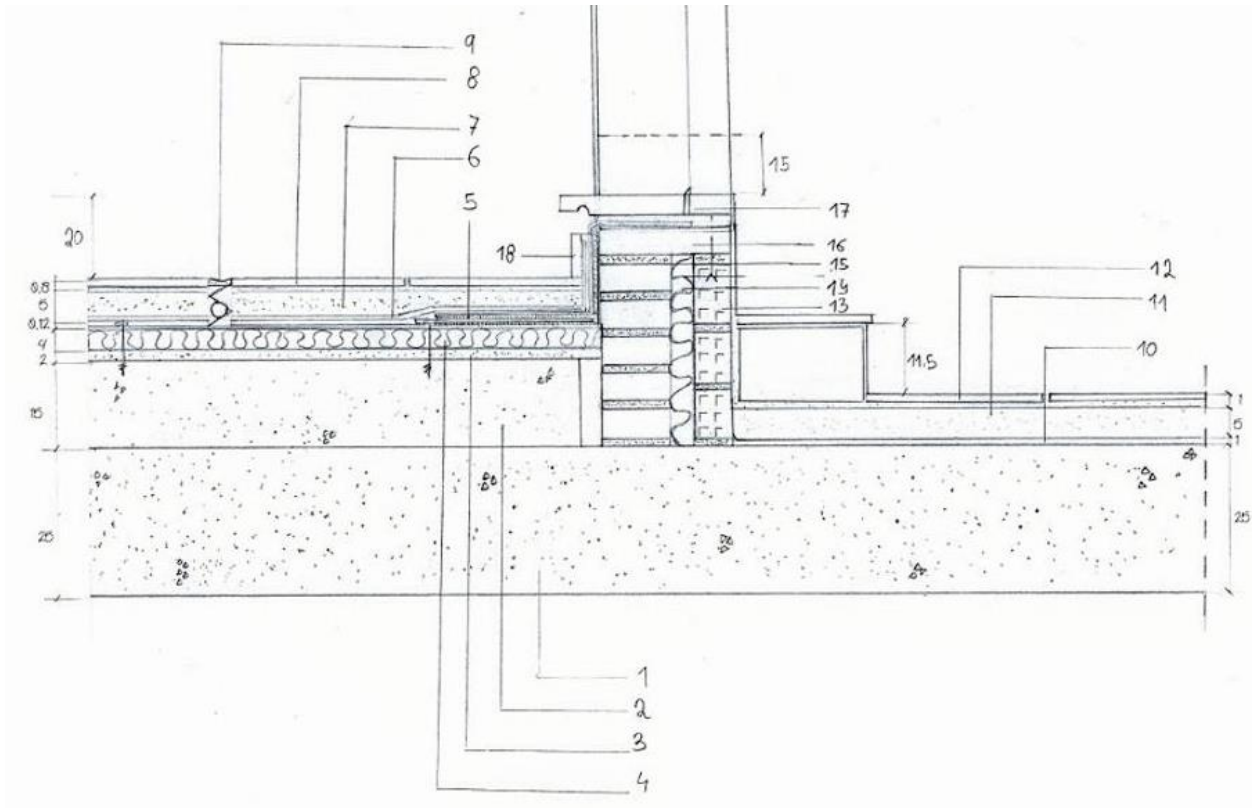
- **Optimizar la geometría estructural:** luces razonables, cantos eficientes y formas simples reducen hormigón, acero y encofrado.
- **Diseñar para construir fácilmente:** secciones repetitivas, modulación y detalles simples abaratan ejecución y errores en obra.
- **Ajustar la resistencia al uso real:** no sobredimensionar materiales ni exigir prestaciones innecesarias.
- **Reducir la cuantía y complejidad de armaduras:** menos congestión implica hormigonado más fácil, menos mano de obra y menos riesgo de defectos.
- **Elegir dosificaciones eficientes:** usar el mínimo cemento compatible con resistencia, durabilidad y trabajabilidad.
- **Favorecer materiales locales y soluciones estandarizadas:** disminuyen transporte, plazo y coste.
- **Diseñar para la durabilidad:** buen recubrimiento, control de fisuración y curado correcto evitan reparaciones futuras.
- **Pensar en el ciclo de vida:** a veces una solución algo más cara al inicio resulta más barata en mantenimiento y explotación

Detalle constructivo 5

Encuentro entre forjado interior, cerramiento de fachada y pavimento de terraza/cubierta exterior

LEYENDA:

- 1- Base resistente / Resistance base
- 2- Formación de pendientes / Form of slopes
- 3- Mortero / Mortar
- 4 y 14 -Aislamiento térmico / Thermal insulation
- 5- Lamina impermeabilizante EPDM/ EPDM waterproofing layer
- 6- Lámina geotextil / Geotextile sheet
- 7- Mortero regularizante / Leveling mortar
- 8 y 12-Pavimento / Pavement
- 9- Junta / Joint
- 10- Lamina anti-impacto/ Anti-impact layer
- 11- Mortero autonivelante / Autoleveling mortar
- 13- Ladrillo hueco / Ceramic hollow bricks
- 15- Ladrillo de 1/2 pie / 1/2 food brick
- 16- Bardo ceramico / Ceramic bard
- 17- Vierteaguas/ flashing
- 18- Rodapie / skirting board



8. MARCO NORMATIVO VIGENTE



Código Estructural (RD 470/2021)

Norma de obligado cumplimiento para diseño, ejecución y control en España.



UNE-EN 206

Especificación, conformidad y producción del hormigón.



UNE-EN 13670

Ejecución de estructuras de hormigón.



Eurocódigo 2 (UNE-EN 1992)

Bases de cálculo estructural a nivel europeo.



Coordinación necesaria

Fundamental entre proyecto, suministro y obra para garantizar la calidad.

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

Según el Código Estructural, los hormigones se tipifican mediante la expresión:

FÓRMULA RESUMEN

T / R / C / TM / A



T = Tipo de hormigón

Define la naturaleza del material: en masa, armado o pretensado.



R = Resistencia característica

Capacidad de carga a compresión (MPa) requerida por cálculo.



C = Consistencia

Trabajabilidad del hormigón fresco para su puesta en obra.



TM = Tamaño Máximo del árido

Dimensión límite del árido grueso compatible con la geometría.



A = Ambiente

Clase de exposición que determina la durabilidad necesaria.

i Objetivo Principal

Esta nomenclatura unifica tres aspectos clave en una sola línea:

- **Rendimiento** (Resistencia)
- **Ejecución** (Consistencia y Árido)
- **Durabilidad** (Ambiente)

Fuente: Definición adaptada de la UNE-EN 206 y del Código Estructural (RD 470/2021). Para tipificación y clases: artículo 33, tabla 33.5.a y tablas 33.6.a–33.6.d. Para durabilidad: tabla 43.2.1.a.

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

T = Tipo de Hormigón

Clasificación según función estructural

La sigla T responde a la pregunta fundamental: **¿qué elemento tengo?** Se elige en función de si el elemento lleva armadura y cómo trabaja.



HM

Hormigón en Masa.

Sin armadura resistente. Usado en muros de gravedad o cimentaciones simples.



HA

Hormigón Armado.

Con armadura pasiva. El más habitual en vigas, pilares y losas.



HP

Hormigón Pretensado.

Con armadura activa (tensada). Para grandes luces y puentes.



HL

Hormigón de Limpieza.

Para regularizar el terreno antes de verter el hormigón estructural.

✓ Cómo se elige

- Si **no lleva armadura** resistente → **HM**
- Si lleva **armadura pasiva** → **HA**
- Si trabaja con **pretensado** → **HP**

★ TRUCO

T = Tipo

Te dice **qué hormigón es.**

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

R = Resistencia Característica

Resistencia a compresión (fck)

Es el valor en **MPa (N/mm²)** que se exige al hormigón a los 28 días. No se elige por costumbre, sino por cálculo estructural y durabilidad.

Mínimo HM

20 MPa

Mínimo HA / HP

25 MPa



Interior seco o poco agresivo

25 MPa Valor habitual mínimo



Exterior / Ambiente moderado

30 MPa Recomendado por durabilidad



Ambiente muy severo / Marino

≥ 35 MPa Alta exigencia de protección

📅 Criterios de elección

- ✓ **Cálculo Estructural:** La resistencia necesaria para soportar las cargas del edificio.
- ✓ **Durabilidad:** El ambiente exige una calidad mínima de hormigón para proteger la armadura.
- ⚠ **Regla de oro:** Se elige el valor mayor entre el exigido por cálculo y el exigido por durabilidad.

★ TRUCO

R = Resiste

Recuerda: se elige por **cálculo + ambiente**, no al azar.

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

C = Consistencia

Clases por Asentamiento (Cono de Abrams)

SIGLA	TIPO	ASENTAMIENTO	CARACTERÍSTICAS
S	Seca	0 - 20 mm	 Muy rígida
P	Plástica	30 - 40 mm	 Poco trabajable
B	Blanda	50 - 90 mm	 Habitual en obra
F	Fluida	100 - 150 mm	 Muy trabajable
L	Líquida	160 - 210 mm	 Casi autonivelante

⚠ Advertencia Normativa

Salvo justificación, no deben usarse consistencias **Seca** y **Plástica**. Para la **Líquida** es obligatorio el uso de superplastificantes.

❓ ¿Qué es?

La consistencia mide la **trabajabilidad** del hormigón fresco: su capacidad para deformarse y rellenar los moldes sin segregarse.

💡 TRUCO

C = Cómo corre

No es la definición técnica exacta, pero ayuda a recordar que la "C" define la facilidad con la que el hormigón fluye en el encofrado.

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

C = Consistencia. Como elegir



Mucha armadura

Si la densidad de barras es alta, se requiere mayor fluidez para que el hormigón penetre sin dejar coqueas.



Encofrado estrecho

En secciones delgadas (ej. muros finos), aumentar la consistencia facilita el llenado y la compactación.



Geometría complicada

Piezas con esquinas agudas o formas complejas necesitan una mezcla más trabajable para ocupar todo el molde.



Elemento sencillo

En zapatas o losas accesibles y poco armadas, una consistencia menor (más seca) es suficiente y más económica.

REGLA GENERAL



Dificultad ↑ = **Fluidez** ↑

SECA / PLÁSTICA

BLANDA / FLUIDA

Fácil ejecución

Difícil ejecución

💡 Objetivo de Calidad

Elegir bien la consistencia evita defectos graves como las **coqueas** (huecos) y asegura que el hormigón abrace perfectamente la armadura.

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

TM = Tamaño Máximo del Árido

¿Qué árido máximo cabe bien?

TM define el tamaño del árido más grueso en milímetros. Se relaciona con la geometría de la pieza y la densidad de armaduras para garantizar un correcto hormigonado.

 **12 mm**

Árido fino.

Para secciones muy estrechas o con congestión de armadura muy alta.

 **20 mm**

Tamaño estándar.

El más habitual en edificación convencional (vigas, pilares, losas).

 **40 mm**

Árido grueso.

Para cimentaciones masivas, muros de contención o elementos de gran espesor.

 **Paso**

Regla de oro.

El hormigón debe pasar entre las barras sin atascarse ($TM < \text{Separación libre}$).

✓ Criterios de elección

- Pieza **ancha** y poco armada → **Mayor TM** (ahorra pasta)
- Pieza **estrecha** o muy armada → **Menor TM** (facilita paso)
- ⓘ Verificar **separación entre barras** y recubrimientos.

★ TRUCO

TM = Tamaño Máximo

Te dice **qué árido máximo puede llevar** sin dar problemas de ejecución.

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

A = Clase de exposición ambiental

☰ Clases Generales (Código Estructural)

SIGLA	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN / RIESGO PRINCIPAL
X0	 Sin riesgo	Sin riesgo de corrosión ni ataque químico
XC	 Carbonatación	Corrosión de armaduras por carbonatación (aire)
XD	 Cloruros no marinos	Corrosión por cloruros ajenos al mar (ej. deshielo)
XS	 Cloruros marinos	Corrosión por cloruros procedentes del agua de mar
XF	 Hielo-Deshielo	Degradación del hormigón por ciclos de congelación
XA	 Ataque químico	Ataque químico por suelos o aguas agresivas
XM	 Erosión	Desgaste mecánico superficial (abrasión, cavitación)

📍 ¿Qué define?

Responde a la pregunta: **¿En qué ambiente va a trabajar y durar?**

La clase de exposición determina el recubrimiento mínimo de las armaduras y la durabilidad exigida al hormigón.

💡 TRUCO

A = Ambiente

Se elige mirando **dónde está el elemento** (costa, interior, lluvia, suelo...), no por cálculo numérico.

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

Subclases XC: Carbonatación

☰ Clasificación según humedad ambiental

Ref: Tabla 33.6 Código Estructural

CLASE	DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE	EJEMPLOS INFORMATIVOS
XC1	<p>Seco o permanentemente húmedo</p> <p>RIESGO BAJO</p>	<p>🏠 Interiores de edificios (viviendas)</p> <p>🌊 Elementos sumergidos totalmente</p>
XC2	<p>Húmedo, raramente seco</p> <p>RIESGO BAJO</p>	<p>🏗️ Cimentaciones enterradas</p> <p>💧 Depósitos de agua</p>
XC3	<p>Humedad moderada</p> <p>RIESGO MEDIO</p>	<p>☔ Exterior protegido de lluvia</p> <p>🏠 Interior con humedad alta (baños)</p>
XC4	<p>Sequedad y humedad cíclicas</p> <p>RIESGO ALTO</p>	<p>☔ Exterior expuesto a lluvia</p> <p>⚙️ Estructuras a la intemperie</p>

📌 ¿Qué es la Carbonatación?

Es un proceso químico natural donde el **CO₂ del aire** reduce el pH del hormigón.

Al bajar el pH, la armadura pierde su protección pasiva y puede corroerse si hay humedad y oxígeno.

💡 TRUCO PARA ELEGIR

- XC1: Interior**
- XC2: Cimientos**
- XC3: Cubierto**
- XC4: Intemperie**

Lo más habitual en edificación exterior es **XC4** (porque llueve y se seca).

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

Subclases XD, XS, XF

SUBCLASE	DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE
🚧 XD: CLORUROS NO MARINOS (EJ. SALES DE DESHIELO)	
XD1	Humedad moderada (superficies expuestas a lluvia con sales aéreas).
XD2	Húmedo, raramente seco (piscinas, depósitos industriales).
XD3	Ciclos humedad/secado (puentes con sales de deshielo, pavimentos).
🌊 XS: CLORUROS MARINOS (AMBIENTE COSTERO)	
XS1	Expuesto a aire salino pero sin contacto directo con agua.
XS2	Permanentemente sumergido en agua de mar.
XS3	Zonas de mareas o salpicaduras (la más agresiva por cloruros).
❄️ XF: HIELO - DESHIELO	
XF1	Saturación moderada, sin sales fundentes.
XF2	Saturación moderada, con sales fundentes.
XF3	Alta saturación, sin sales fundentes.
XF4	Alta saturación, con sales fundentes (o agua de mar).

🚨 Importante

Estos ambientes provocan corrosión de armaduras (XD, XS) o disgregación del hormigón (XF). Requieren hormigones más densos (menor A/C) y mayores recubrimientos que la clase XC.

💡 TRUCO MNEMOTÉCNICO

XD = "Distinto al mar" (Deshielo)

XS = "Sal" (Sea / Mar)

XF = "Frío" (Freezing)

Ayuda memoria rápida para diferenciar las letras clave de exposición.

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

Subclases XA y XM

Ataque Químico y Desgaste

CLASE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO TÍPICO	NIVEL
XA - Ataque Químico			
XA1	Ataque químico débil	Suelos naturales poco ácidos	
XA2	Ataque químico moderado	Suelos con sulfatos	
XA3	Ataque químico fuerte	Aguas residuales industriales	
XM - Desgaste / Abrasión			
XM1	Abrasión moderada	Rodadura de neumáticos	
XM2	Abrasión intensa	Carretillas con ruedas de acero	
XM3	Abrasión extrema	Aliviaderos, cadenas	

i Criterio de Elección

XA (Químico): Se elige según el análisis químico del suelo o agua en contacto con la estructura (contenido de sulfatos, pH, etc.).

XM (Mecánico): Se elige en función del tipo de tráfico o roce físico que soportará la superficie.

💡 TRUCO I

Mayor número = Mayor Agresividad

Tanto en química (XA) como en abrasión (XM), subir de 1 a 3 significa que el entorno es mucho más duro para el hormigón.

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

Cómo elegir la designación

Aunque la norma se escribe T-R/C/TM/A, para decidirla correctamente se recomienda seguir este **orden lógico de proyecto:**



Nota importante

La **Resistencia (R)** no es el primer paso: depende del **Cálculo** pero también está limitada por la durabilidad exigida por el **Ambiente (A)**.

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

Ejemplo resuelto

HA – 30 / B / 20 / XC3



TIPO (T)

Hormigón Armado

Lleva armadura pasiva para resistir tracciones.



RESISTENCIA (R)

30 MPa

Resistencia característica a compresión (N/mm²).



CONSISTENCIA (C)

Blanda

Asentamiento 50-90 mm.
Buena trabajabilidad.



TAMAÑO MAX (TM)

20 mm

Árido estándar para piezas con armadura normal.



AMBIENTE (A)

XC3

Carbonatación con humedad moderada (exterior).



¿Por qué es una designación habitual?

Describe un elemento estructural típico (viga o pilar) situado en **exterior protegido de la lluvia directa** o con humedad media. La resistencia de **30 MPa** es adecuada para esa exposición, y la consistencia **Blanda** con árido **20** facilita una correcta puesta en obra sin coqueas.

9. DENOMINACIÓN DEL HORMIGÓN

Resumen / Truco final

💡 MNEMOTECNIA PARA LEER LA DESIGNACIÓN

T

¿Qué es?

R

¿Cuánto resiste?

C

¿Cómo se coloca?

TM

¿Qué árido lleva?

A

¿Dónde trabaja?

✓ 4 Reglas de decisión



RESISTENCIA



Cálculo +
Ambiente



CONSISTENCIA



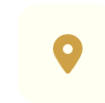
Puesta en
obra



ÁRIDO



Geometría +
Armadura



EXPOSICIÓN



Ambiente
real



CASO PRÁCTICO 4

Designación

Datos del Proyecto

Elemento **Pilar (Ext. Urbano)**

Cálculo **Resistencia C30/37**

Puesta en Obra **Bombeo**

Geometría **Armado Denso**



CASO PRÁCTICO 4

Designación

Datos del Proyecto

Elemento **Pilar (Ext. Urbano)**

Cálculo **Resistencia C30/37**

Puesta en Obra **Bombeo**

Geometría **Armado Denso**

Razonamiento

- ✓ **Tipo (T):** Barras de acero = **HA**.
- ✓ **Consistencia (C):** Bombeo = Blanda (**S3**).
- ✓ **Tamaño (TM):** Armado denso = **20 mm**.
- ✓ **Ambiente (A):** Ext. protegido = **XC3**.

DESIGNACIÓN RESULTANTE

Código Estructural

T - R - C - TM - A

HA / C30/37 / S3 / 20 / XC3


Tipo
Armado


Resist.
30 MPa


Consist.
Blanda


Tamaño
20 mm


Ambiente
XC3

Verificación de Durabilidad (XC3)

a/c ≤ 0,60 | Cemento ≥ 300 kg/m³

10. HORMIGONES ESPECIALES E INNOVADORES

Materiales desarrollados para responder a nuevas exigencias técnicas, estéticas y medioambientales de la arquitectura contemporánea.



GRUPO A

Propiedades Modificadas

- > Hormigón Traslúcido
- > Hormigón con Refuerzo Textil
- > Hormigón Ligeró (Partículas)



GRUPO B

Acabados Especiales

- > Hormigón Texturado
- > Hormigón Coloreado
- > Hormigón Visto Arquitectónico



10. HORMIGONES ESPECIALES E INNOVADORES

HORMIGÓN TRANSLÚCIDO



Composición Innovadora

Incorpora miles de fibras ópticas en la masa del hormigón (aprox. 4% del volumen) que actúan como guías de luz.



Resistencia Estructural

A diferencia del vidrio, mantiene la robustez, durabilidad y resistencia a compresión del hormigón convencional.

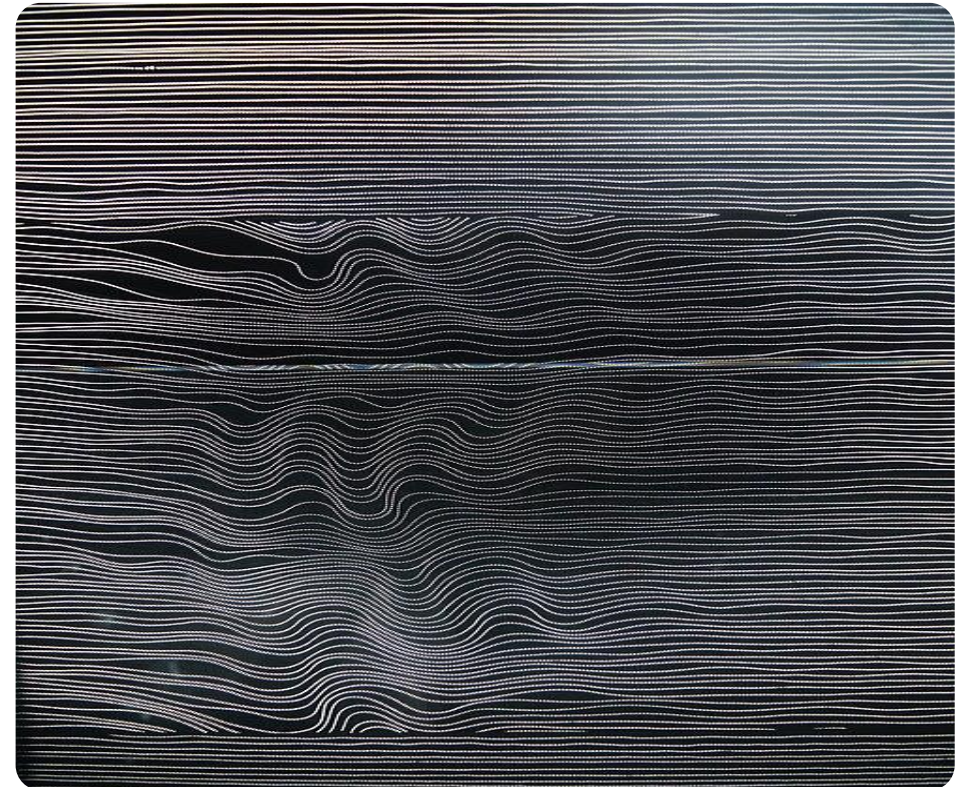


Efecto Visual

Permite el paso de la luz natural y artificial, proyectando siluetas y sombras a través de muros aparentemente sólidos.

Luz a través de la materia

El hormigón translúcido transforma la percepción del peso y la solidez en la arquitectura contemporánea.



Fuente de imagen: Alexiahluliemp, One Athens Translucent concrete panel.jpg, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0.

APLICACIONES PRINCIPALES

 Fachadas

 Pavimentos

 Diseño Interior



10. HORMIGONES ESPECIALES E INNOVADORES

HORMIGÓN CON REFUERZO TEXTIL



Espesor Reducido (5–30 mm)

Permite crear piezas extremadamente delgadas y ligeras al eliminar la capa de recubrimiento de hormigón necesaria para proteger el acero.



Ausencia de Corrosión

Al sustituir el acero por mallas de fibra de vidrio AR o carbono, se elimina el riesgo de oxidación, ideal para ambientes agresivos.

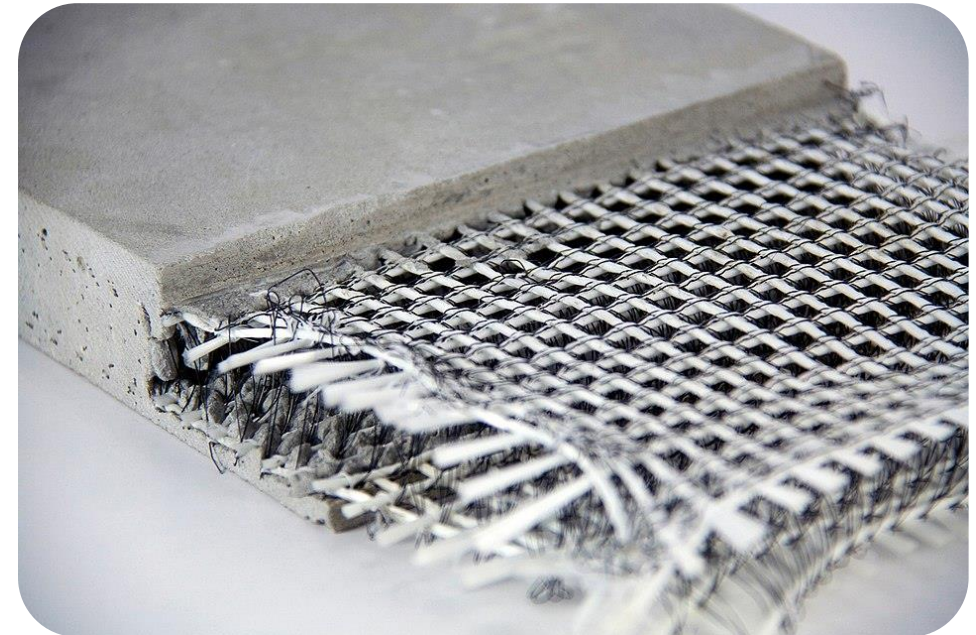


Libertad Formal

Las mallas textiles son flexibles, permitiendo geometrías complejas, curvas pronunciadas y pieles arquitectónicas fluidas.

Ligereza y Resistencia

Estructuras laminares delgadas posibles gracias a la tecnología de refuerzo textil (TRC).



Fuente de imagen: R. Thyroff, Textilbeton1.jpeg, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0 DE.

USOS PRINCIPALES

 Envoltentes

 Rehabilitación

 Prefabricados



10. HORMIGONES ESPECIALES E INNOVADORES

HORMIGÓN LIGERO CON PARTÍCULAS DE MADERA



Composición Vegetal

Sustituye parte de los áridos minerales por partículas de madera tratada (virutas o astillas), mineralizadas para evitar la putrefacción.



Reducción de Densidad

Disminuye significativamente el peso propio del material (densidades entre 800 y 1600 kg/m³), aligerando las cargas sobre la estructura.



Aislamiento Térmico y Acústico

Las partículas de madera mejoran la capacidad aislante térmica y la absorción acústica respecto al hormigón convencional.

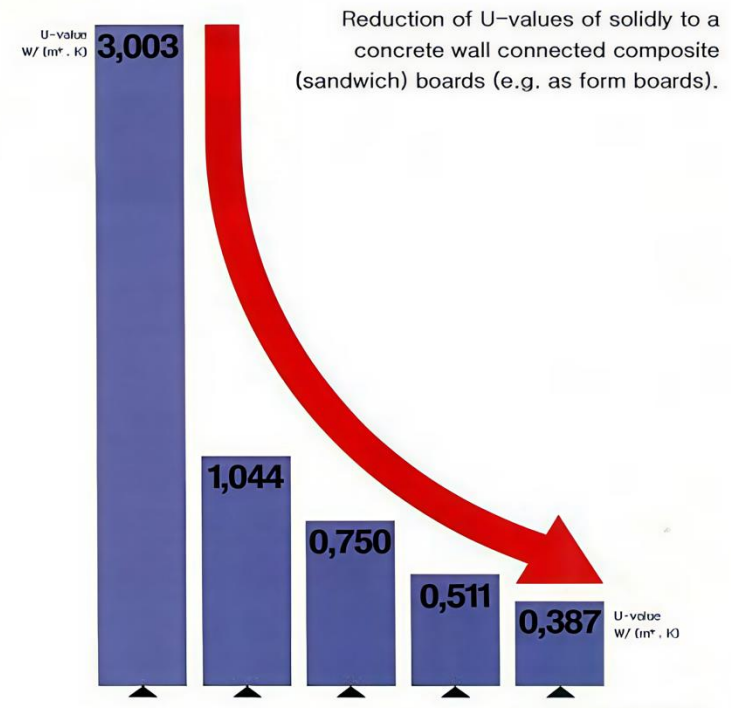
USO PREFERENTE: NO ESTRUCTURAL

Recrecidos

Bloques Prefabricados

Pantallas Acústicas

Ligereza y Resistencia
Estructuras laminares delgadas posibles gracias a la tecnología de refuerzo textil (TRC).



Fuente de imagen: EltomationBV, Thermal Insulation Wood Wool Cement Board.jpg, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0.

10. HORMIGONES ESPECIALES E INNOVADORES

HORMIGONES TEXTURADOS Y COLOREADOS



Hormigón Texturado

Relieves, sombras y tacto

- ✓ **Encofrados con relieve:** Uso de tablas de madera (veta marcada), acero texturizado o matrices.
- ✓ **Moldes flexibles (Elastómeros):** Permiten desencofrar geometrías complejas y relieves profundos (hasta 11 cm).
- ✓ **Matrices plásticas:** Láminas de un solo uso colocadas dentro del encofrado para transferir patrones.

Referencia Clave:

Los "encofrados flexibles" desarrollados por el arquitecto *Miguel Fisac*, que otorgan al hormigón una apariencia blanda y orgánica.



Hormigón Coloreado

Pigmentación en masa

- ✓ **Pigmentos inorgánicos:** Se añaden durante el amasado (mezclados en masa) para un color integral y duradero.
- ✓ **Formatos:** Disponibles en polvo (dosificación precisa por peso) o dispersión líquida.

Óxidos Metálicos Principales:



Óxido de Hierro
Rojos / Amarillos



Óxido de Cromo
Verdes



Óxido de Cobalto
Azules



Óxido de Hierro
Negros / Grises

11. REFERENTES ARQUITECTÓNICOS

LINA BO BARDI SESC Pompéia



CLAVES DEL PROYECTO
"Hormigón visto, estructura robusta y dimensión social."

ZAHA HADID Vitra Fire Station



CLAVES DEL PROYECTO
"Hormigón armado in situ, geometría tensada y espacialidad dinámica."

GRAFTON ARCHITECTS UTEC Lima



CLAVES DEL PROYECTO
"Megaestructura de hormigón, masa, sombra y topografía habitable."

FRIDA ESCOBEDO La Tallera



CLAVES DEL PROYECTO
"Hormigón visto, estructura robusta y dimensión social."

AXEL SCHULTES Crematorio de Berlín



CLAVES DEL PROYECTO
"Hormigón visto, masa y solemnidad."

TADAO ANDO Conference Pavilion



CLAVES DEL PROYECTO
"Hormigón visto de alta precisión, luz y control geométrico."





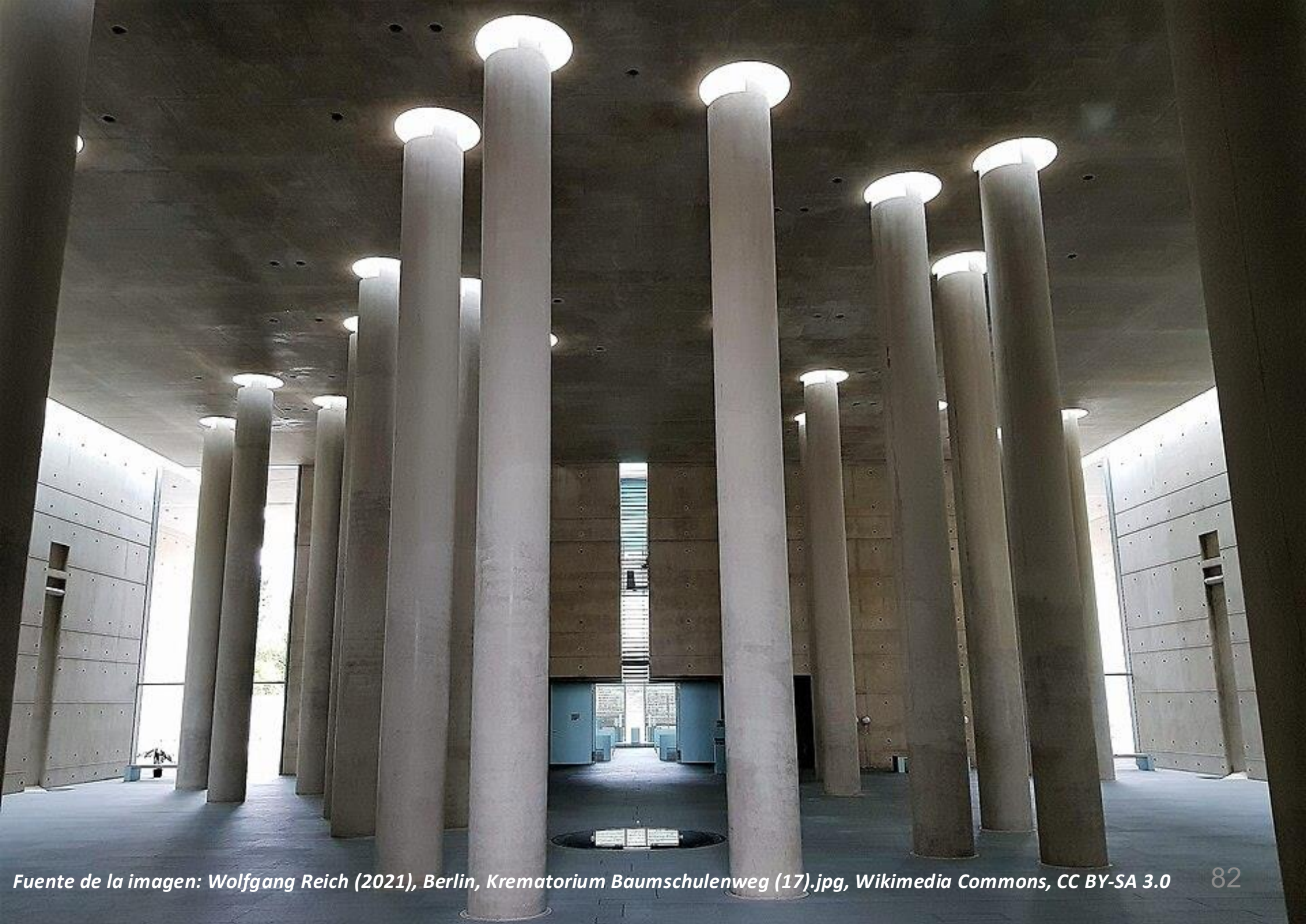
Fuente de la imagen: Sandstein / TheBernFiles (2006), Vitra fire station, full view, Zaha Hadid.jpg, Wikimedia Commons, CC BY 2.5.



UTEC
Universidad
de Ingeniería
y Tecnología









Fuente de la imagen: Andreas Schwarzkopf (2010), Vitra Conference Pavillon.jpg, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0.

12. CONCLUSIONES, DEBATE Y REFERENCIAS



Composición

01

El hormigón es un material compuesto. La **relación a/c** es el factor determinante para su resistencia.



Comportamiento

02

Excelente a **compresión**, débil a tracción. Requiere armadura para trabajar a flexión.



Hormigón Armado

03

El acero absorbe tracciones y aporta ductilidad gracias a la **adherencia** entre materiales.



Ejecución y Curado

04

La calidad final depende críticamente de la puesta en obra, compactación y un **curado** adecuado.



Sostenibilidad

05

Priorizar la **durabilidad** y seguir la normativa vigente reduce significativamente el impacto ambiental.

" Un buen hormigón no es solo resistente; es durable, trabajable y sostenible. "

12. CONCLUSIONES, DEBATE Y REFERENCIAS



Resistencia vs Durabilidad

¿Es más importante la resistencia o la durabilidad en tu proyecto?



Calidad del Material

¿Qué hace realmente “bueno” a un hormigón más allá de la normativa?



Coste vs Sostenibilidad

¿Cómo priorizar sostenibilidad frente a coste inicial en obra?



Ciclo de Vida

¿Es más útil reciclar hormigón o diseñarlo para que dure más?



Valor Arquitectónico

¿Qué puede aportar la arquitectura al hormigón más allá de su función estructural?

REFERENCIAS

1. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2021). Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural. Boletín Oficial del Estado.
2. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2024). Corrección de errores del Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural. Boletín Oficial del Estado.
3. AENOR. (2021). UNE-EN 206:2013+A2:2021. Hormigón. Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad. AENOR.
4. AENOR. (2022). UNE-EN 206:2013+A2:2021/1M:2022. Hormigón. Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad. Complemento nacional a la UNE-EN 206:2013+A2:2021. AENOR.
5. AENOR. (2013). UNE-EN 13670:2013. Ejecución de estructuras de hormigón (versión corregida en 2015). AENOR.
6. AENOR. (2009). UNE-EN 12620:2003+A1:2009. Áridos para hormigón. AENOR.
7. AENOR. (2003). UNE-EN 13139:2003. Áridos para morteros. AENOR.
8. AENOR. (2013). UNE-EN 1992-1-1:2013. Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación (versión corregida en 2020). AENOR.
9. Dirección General de Carreteras. (2023). Guía para las especificaciones técnicas del hormigón. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.
10. Dirección General de Carreteras. (2023). Guía para la determinación de recubrimientos en estructuras de hormigón. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.
11. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2026). II Plan de Acción de Economía Circular 2024–2026. MITECO.
12. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2026). Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2025–2035. Boletín Oficial del Estado.
13. International Energy Agency. (2023). Cement. IEA.
14. Global Cement and Concrete Association. (2021). Concrete Future: The GCCA 2050 cement and concrete industry roadmap for net zero concrete. GCCA.
15. Marmier, A. (2023). Decarbonisation options for the cement industry. Publications Office of the European Union.

ANEXOS NORMATIVOS

Tablas de referencia del Código Estructural empleadas en la sesión

Anexo 1. Tabla 33.5.a. Clases de consistencia

Fuente: Código Estructural (RD 470/2021), Capítulo 8.

Contenido: Clasificación de la consistencia del hormigón fresco según el asiento en el cono de Abrams.

Finalidad: Se incluye como referencia para la definición y selección de la consistencia del hormigón.

Tabla 33.5.a Clases de consistencia

Tipo de consistencia	Asentamiento en mm
Seca (S)	0-20
Plástica (P)	30-40
Blanda (B)	50-90
Fluida (F)	100-150
Líquida (L)	160-210

Anexo 2. Tabla 33.5.b. Requisitos generales para la autocompactabilidad

Fuente: Código Estructural (RD 470/2021), Capítulo 8.

Contenido: Parámetros generales de escurrimiento, viscosidad, capacidad de paso y resistencia a la segregación del hormigón autocompactante.

Finalidad: Se incluye como apoyo a la clasificación de las propiedades del hormigón autocompactante.

Tabla 33.5.b Requisitos generales para la autocompactabilidad

Propiedad	Parámetro medido	Rango admisible
Escurrecimiento	<i>SF</i>	550 mm – 850 mm
Viscosidad	<i>t_v</i>	≤ 25 s
Capacidad de paso	<i>PL</i>	≥ 0,80
	<i>PJ</i>	≤ 10 mm
Resistencia a la segregación	<i>SR</i>	≤ 20%

ANEXOS NORMATIVOS

Tablas de referencia del Código Estructural empleadas en la sesión

Anexo 3. Artículo 33.6. Tipificación de los hormigones

Fuente: Código Estructural (RD 470/2021), Capítulo 8.

Contenido: Expresión de tipificación del hormigón según la nomenclatura T-R/C/TM/A.

Finalidad: Se incluye como referencia para la correcta designación del hormigón en función de su tipo, resistencia, consistencia, tamaño máximo del árido y clase de exposición.

33.6 Tipificación de los hormigones

Los hormigones se tipificarán de acuerdo con el siguiente formato (lo que deberá reflejarse en los planos de proyecto y en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto):

T - R / C / TM / A

donde:

- T* Indicativo que será HM en el caso de hormigón en masa, HA en el caso de hormigón armado, HP en el de pretensado.
- R* Resistencia característica especificada, en N/mm².
- C* Letra inicial del tipo de consistencia, tal y como se define en el apartado 33.5.
- TM* Tamaño máximo del árido en milímetros, definido en el apartado 30.3.
- A* Designación del ambiente, de acuerdo con 27.1.a.

La sigla *T* indicativa del tipo de hormigón será HRM o HRA para el caso de hormigones en masa o armados, respectivamente, fabricados con árido reciclado.

En cuanto a la resistencia característica especificada, se recomienda utilizar la siguiente serie:

20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100

en la cual las cifras indican la resistencia característica especificada del hormigón a compresión a 28 días, sobre probeta cilíndrica, expresada en N/mm².

La resistencia de 20 N/mm² se limita en su utilización a hormigones en masa. En el caso de hormigones reciclados, la resistencia característica no será superior a 40 N/mm².

El hormigón que se prescriba deberá ser tal que, además de la resistencia mecánica, asegure el cumplimiento de los requisitos de durabilidad (contenido mínimo de cemento y relación agua/cemento máxima) correspondientes al ambiente del elemento estructural, reseñados en la tabla 43.2.1.a.

En el caso de hormigón autocompactante, la tipificación es análoga a la de los hormigones de compactación convencional según lo indicado anteriormente sin más que utilizar como indicativo *C* de la consistencia las siglas AC, (como, por ejemplo, HA-35/AC/20/IIIa), de acuerdo con la siguiente expresión:

T-R/AC/TM/A

Alternativamente, se podrá definir la autocompactabilidad mediante la combinación de las clases correspondientes al escurrimiento (AC-SF), viscosidad (AC-V), capacidad de paso (AC-P) y resistencia a la segregación (AC-SR), de acuerdo con la siguiente expresión:

T-R/(AC-SF+AC-V+AC-P+AC-SR)/TM/A

donde AC-E, AC-V, AC-CP y AC-RS, representan las clases correspondientes de acuerdo con las tablas 33.6.a, 33.6.b, 33.6.c y 33.6.d:

ANEXOS NORMATIVOS

Tablas de referencia del Código Estructural empleadas en la sesión

Anexo 4. Tablas 33.6.a–33.6.d. Clases del hormigón autocompactante

Fuente: Código Estructural (RD 470/2021), Capítulo 8.

Contenido: Clasificación del hormigón autocompactante según escurrimiento, viscosidad, capacidad de paso y resistencia a la segregación.

Finalidad: Se incluye como apoyo a la caracterización del hormigón autocompactante en proyecto y obra.

Tabla 33.6.a Clases de escurrimiento AC-SF

Clase	Escurrimiento, <i>SF</i> , ensayado conforme a la norma UNE-EN 12350-8 mm
SF1	550 – 650
SF2	660 – 750
SF3	760 – 850

Tabla 33.6.b Clases de viscosidad AC-V

Clase	t_{500} ensayado conforme a la norma EN 12350-8 s
VS1	< 2,0
VS2	≥ 2,0
Clase	t_v ensayado conforme a la norma UNE-EN 12350-9 s
VF1	< 9,0
VF2	9,0 – 25,0

NOTA: las clases VS y VF son similares, pero no se corresponden exactamente

Tabla 33.6.c Clases de capacidad de paso, AC-P

Clase	Capacidad de paso con la caja en L, <i>PL</i> ensayado conforme a la norma UNE-EN 12350-10
PL1	≥ 0,80 con 2 barras
PL2	≥ 0,80 con 3 barras
Clase	Capacidad de paso con el anillo japonés, <i>PJ</i> ensayado conforme a la norma UNE-EN 12350-12 mm
PJ1	≤ 10 con 12 barras
PJ2	≤ 10 con 16 barras

Tabla 33.6.d Clases de resistencia a la segregación, AC-SR

Clase	Porcentaje de segregación, <i>SR</i> , ensayado conforme a la norma UNE-EN 12350-8 mm
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

ANEXOS NORMATIVOS

Tablas de referencia del Código Estructural empleadas en la sesión

Anexo 5. Tabla 43.2.1.a. Requisitos mínimos de dosificación para durabilidad

Fuente: Código Estructural (RD 470/2021), Capítulo 9.

Contenido: Contenido mínimo de cemento y relación agua/cemento máximo según clase de exposición ambiental y tipo de hormigón.

Finalidad: Se incluye como referencia para justificar los requisitos de durabilidad del hormigón.

Tabla 43.2.1.a Contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición																				
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
Máxima relación agua/cemento	Masa	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50
	Armado	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50
	Pretensado	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50
Contenido mínimo de cemento (kg/m ³)	Masa	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	275	300	275	300	275	300	325	300	300	300
	Armado	250	275	275	300	300	300	325	350	325	325	325	300	325	300	325	325	350	350	325	325	325
	Pretensado	275	300	300	300	300	300	325	350	325	325	325	300	325	300	325	325	350	350	325	325	325

Tabla 43.2.1.b Resistencia característica mínima esperada para el hormigón^(*)

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición																				
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
Resistencia característica (N/mm ²)	Masa	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	30	30	30	30	30	35	30	30	30
	Armado	25	25	25	30	30	30	30	35	30	30	30	30	30	30	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	25	25	25	30	30	30	35	35	35	35	35	30	30	30	30	30	35	35	30	30	30

(*) Resistencia característica mínima alcanzable para un hormigón fabricado con cemento de categoría resistente 32,5 R con un contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento, conformes a lo indicado en la tabla 43.2.1a.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

ETS. DE ARQUITECTURA

EL HORMIGÓN COMO MATERIAL

SESIÓN 1
07/04/2026

Grado en fundamentos de arquitectura
Área de construcciones arquitectónicas
Construcción arquitectónica III
Curso 2025-2026

© Carmen Díaz-López y Alejandro-Morales Ruiz, 2026. Universidad de Málaga.

Material docente para uso académico.

Cítese como:

Díaz-López, C., y Morales-Ruiz, A. (2026). *El hormigón como material*. Construcción Arquitectónica III. Universidad de Málaga.

Las imágenes y materiales de terceros conservan sus respectivas licencias.

Licencia: CC BY, CC BY-NC.