

## **Jornada sobre el nuevo Código Estructural**

INTERVENCION EN ESTRUCTURAS EXISTENTES

# **Intervención en estructuras existentes**

**Alfonso Gomez Ribelles**

**Ingeniero de Caminos**

**Presidente de Apyce**

### **Nuevo enfoque del Código Estructural: Estructuras existentes**

Las normativas anteriores estaban centradas en las estructuras nuevas mientras que el nuevo Código Estructural **abarca todo el ciclo de vida** de las estructuras.

Por lo tanto, el proyecto de estructuras tiene que incidir en el **mantenimiento necesario** para lograr alcanzar la vida útil prevista y establecer los criterios para realizar las inspecciones necesarias para mantener actualizado el conocimiento de su estado actual

Es un giro en la **filosofía del proyecto** que nos impulsa a una mirada más amplia, que abarque más allá de la construcción y entronca con los criterios de sostenibilidad presentes en otras partes del Código

### Como abordar una estructura existente

Cuando nos encontramos con una estructura existente podemos tener que actuar en tres sentidos:

- Tener que realizar tareas de **mantenimiento** para alcanzar o prolongar la vida útil
- Tener que **reparar** la estructura para alcanzar o prolongar la vida util
- Tener que **demoler** la estructura, por obsolescencia o daño irreversible

Estos tres aspectos están tratados en el Nuevo Código Estructural

## CAMBIOS QUE CONLLEVA EL CÓDIGO ESTRUCTURAL PARA EL PROYECTISTA

La entrada en vigor de nuevo Código estructural implica una **ampliación en los objetivos** que debe cumplir un proyecto de una estructura

- Como requisito básico se debe diseñar para conseguir que la obra sea **estable y segura**, en condiciones normales y de incendio
- Además se debe procurar que la obra tenga una **buena funcionalidad** durante la vida útil de diseño
- Debe acompañarse el proyecto con un **Plan de Mantenimiento** que especifique la operaciones a realizar(qué hacer, cada cuanto tiempo, qué controlar,...) para conseguir esa vida útil de diseño

### **Normativa anterior**

Además de la normativa referente al proyecto de nuevas estructuras, desde el año 2003 han entrado en vigor unas normativas que han servido de base para las actuaciones en estructuras existentes y que se han trasladado parcialmente al nuevo Código Estructural

- La relación de normas que han servido de base a las actuaciones en obras existentes es:
  - **Código Técnico: Anejo D** del documento DB-SE (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo)
  - **Norma UNE 1504:** Subdividida en diez partes (Se publican entre 2004 y 2006)
  - **Libro de Edificio** (Desde el 6 de Mayo del 2000)

## **Normativa anterior**

Del análisis de la normativa existente y ya en aplicación se deducen las siguientes consideraciones

- El **artículo 25** del nuevo Código Estructural es muy semejante, con alguna precisión adicional al **Anejo D del DB-SE**.
- La **norma UNE-EN-1504** es una norma europea armonizada, por lo que no puede ser objeto de modificaciones desde la normativa nacional, y está complementada en los **artículos 39 , 40 y 41**
- El **Libro del Edificio**, obligatorio desde la entrada en vigor de la LOE, puede constituir el contenedor adecuado para desarrollar el **Libro de Mantenimiento** de la estructura. El libro de mantenimiento es dinámico, mientras que el Libro del Edificio es una foto, no adaptable.
- Las Instrucciones EHE-08 y EAE, y los Eurocódigos no prestaban atención a los aspectos relativos a la **gestión de la estructura**, aunque la nueva redacción de los Eurocódigos si que los incluirá.

## **Aspectos más relevantes de la norma UNE-EN-1504**

### **Afecta a todos los aspectos que intervienen en una reparación:**

- Definiciones y principios de reparación.
- Necesidad de realizar un diagnóstico de las causas de degradación antes de definir un método de reparación.
- Comprensión clara y detallada de las necesidades del cliente.
- Requisitos de comportamiento de los productos y métodos de ensayo.
- Control de producción y evaluación de la conformidad (Marcado CE).
- Métodos de aplicación en obra y control de calidad de los trabajos.



**La norma europea UNE-EN-1504 consta de 10 partes:**

- **UNE EN 1504 – 1:** Describe términos y definiciones descritos en la norma
- **UNE EN 1504 – 2:** Especificaciones para productos y sistemas de protección superficial del hormigón.
- **UNE EN 1504 – 3:** Especificaciones para la reparación estructural y no estructural.
- **UNE EN 1504 – 4:** Especificaciones para la adherencia estructural.
- **UNE EN 1504 – 5:** Especificaciones para la inyección del hormigón.
- **UNE EN 1504 – 6:** Especificaciones para el anclaje de barras de armado.
- **UNE EN 1504 – 7:** Especificaciones para la protección de armaduras frente a corrosión.
- **UNE EN 1504 – 8:** Describe el control de calidad y la evaluación de conformidad para los fabricantes de materiales.
- **UNE EN 1504 – 9:** Principios generales para el uso de productos y sistemas de reparación y protección.
- **UNE EN 1504 – 10:** Información sobre aplicación en obra de productos y control de calidad de los trabajos.

## **Novedades más relevantes del Código Estructural**

- El artículo 24, relativo al **mantenimiento** de las estructuras es nuevo y va más allá de los planteamientos de las normativas previas.
- **El plan de mantenimiento es obligatorio**, lo cual introduce un primer paso adelante en la normativa, que enlaza con otros apartados, tales como la sostenibilidad.
- Parece que damos un primer paso en la **tendencia a rehabilitar** el patrimonio existente, reduciendo la necesidad de nuevas construcciones.
- Pone en la óptica de los técnicos la **existencia de normas armonizadas europeas relativas a la reparación de estructuras**.
- **El planteamiento es más avanzado que el de los Eurocódigos actuales**, que siguiendo el proceso previsto está en renovación, pero que su versión actualizada no se publicará, por la complejidad de los trámites hasta aproximadamente el 2028.

**Resumen de los artículos del Nuevo Código Estructural que afectan a las estructuras existentes**

**•Bases generales :**

- Art 24.- Criterios generales para el mantenimiento de las estructuras
- Art 25.- Criterios generales para la evaluación

**•Hormigón :**

- Art 39.- Sistemas de protección de estructuras de hormigón
- Art 40.- Sistemas de reparación de estructuras de hormigón
- Art 41.- Sistemas de refuerzo de estructuras de hormigón
- Art 74.- Evaluación de estructuras de hormigón
- Art 75.- Reparación de estructuras de hormigón
- Art 76.- Criterios generales para el refuerzo de estructuras de hormigón
- Art 77.- Demolición de estructuras de hormigón
- Art 78.- Deconstrucción de estructura de hormigón

**•Acero**

- Art 104.- Evaluación de estructuras de acero
- Art 105.- Reparación de estructuras de acero
- Art 106.- Criterios generales para el refuerzo de estructuras de acero
- Art 107.- Demolición de estructuras de acero
- Art 108.- Deconstrucción de estructura de acero

**•Mixtas**

- Art 123.- Demolición de estructuras mixtas
- Art 124.- Deconstrucción de estructura mixtas

## **Artículo 5. Requisitos de las estructuras.**

### **5.2 Exigencias**

**5.2.1** Exigencias relativas al requisito de seguridad y de funcionalidad estructural.

**5.2.1.1** Exigencia de resistencia y estabilidad.

**5.2.1.2** Exigencia de aptitud al servicio.

**5.2.1.3** Exigencia de robustez y redundancia.

**5.2.1.4** Exigencias relativas a la durabilidad.

**5.2.2** Exigencias relativas al requisito de seguridad en caso de incendio.

**5.2.2.1** Exigencia de resistencia de la estructura frente al fuego

**5.2.3** Exigencias relativas al requisito de higiene, salud y medio ambiente.

**5.2.3.1** Exigencia de calidad medioambiental de la ejecución.

**5.2.3.2** Exigencia de reutilización y reciclabilidad

En el caso de una intervención sobre una **estructura existente**, los requisitos deberán ser fijados por la **propiedad**, pudiéndose optar entre distintas alternativas:

- a) rebajar los requisitos** que se hubieran exigido en su momento a la estructura en el proyecto original porque las exigencias a la que tiene que hacer frente la estructura se hayan visto modificadas a la baja con el paso del tiempo
- b) reponer los requisitos** que se hubieran exigido en su momento para el proyecto original de la estructura, de manera que se mantengan dentro de criterios admisibles hasta la finalización de la vida útil prevista para la estructura,
- c) adecuar la estructura para cumplir los requisitos** que se le exigirían a una estructura de nueva construcción, para una vida útil que podría ser la inicialmente prevista o, incluso, prolongarse con motivo de la intervención, o
- d) cualquier situación intermedia** entre las anteriores.

## Vida útil.

La **propiedad** deberá fijar previamente al inicio de proyecto, la vida útil nominal de la estructura.

- Se entiende por **vida útil nominal** (o simplemente, vida útil) de la estructura el período de tiempo, a partir de la fecha en la que finaliza su ejecución, durante el que debe mantenerse el cumplimiento de las exigencias.
- Se entiende por **vida útil real** el período de tiempo realmente transcurrido desde la fecha de finalización de la estructura hasta el momento en el que se alcanzan cualquiera de los umbrales de inadmisibilidad en relación con las exigencias.
- En el caso de estructuras existentes en las que la vida útil real fuera inferior a la vida útil nominal, se entiende por **déficit de vida útil** la diferencia entre ambos valores.
- Se denomina como **vida útil residual** de la estructura el período de tiempo, a partir de la fecha en que se hace la valoración, durante el cual debe mantener sus prestaciones por encima de los valores umbrales admisibles.

## La propiedad debe programar las actividades de mantenimiento previstas en este artículo

### El mantenimiento es obligatorio, según el Código Estructural

**Estrategia de mantenimiento.** (Gestión de la estructura).

En la gestión de un patrimonio construido se contemplan, desde un punto de vista operativo, los siguientes conceptos:

- **Archivo documental completo de la estructura.** Compete a la propiedad conservar el proyecto de construcción completo, los proyecto de reparación o intervención y los informes sobre la estructura
- **Inspecciones rutinarias o especializadas.** Realizadas por la propiedad sobre elementos auxiliares que puedan afectar a la estructura
- **Inspecciones principales,** realizadas a instancias de la propiedad, por técnicos cualificados y con experiencia en este tipo de trabajos
- **Inspecciones especiales** y pruebas de carga,

Es **responsabilidad de la propiedad** organizar las tareas de mantenimiento en torno a los ejes de actuación señalados con el fin de disponer, en todo momento, de una información cercana en el tiempo con relación al nivel de prestaciones de la estructura.

## **PLAN DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO**

En el proyecto, bien de obra nueva, bien de reparación o refuerzo de una estructura existente, se deberá incluir un plan de inspección y mantenimiento que defina las actuaciones objeto de desarrollo durante toda la vida útil de proyecto.

### **Debe incluir:**

- Descripción de la estructura y de las clases de exposición de sus elementos.
- Vida útil considerada de la estructura y de sus elementos constitutivos,
- Puntos críticos de la estructura, que requieren de especial atención a efectos de inspección y mantenimiento.
- Periodicidad de las inspecciones.
- Medios auxiliares para el acceso a las distintas zonas de la estructura, en su caso.
- Técnicas y criterios de inspección recomendados.
- Identificación y descripción, con el nivel adecuado de detalle, de la técnica de mantenimiento recomendada, donde se prevea dicha necesidad, incluyendo, en su caso, la frecuencia de actuación.



## Sistemas de evaluación de estructuras existentes

El proceso de evaluación, descrito en el diagrama adjunto, **avanza progresivamente en complejidad** en cuanto a los métodos de análisis y determinación de las variables a emplear

Sistematiza la información contenida en el anejo D del CTE

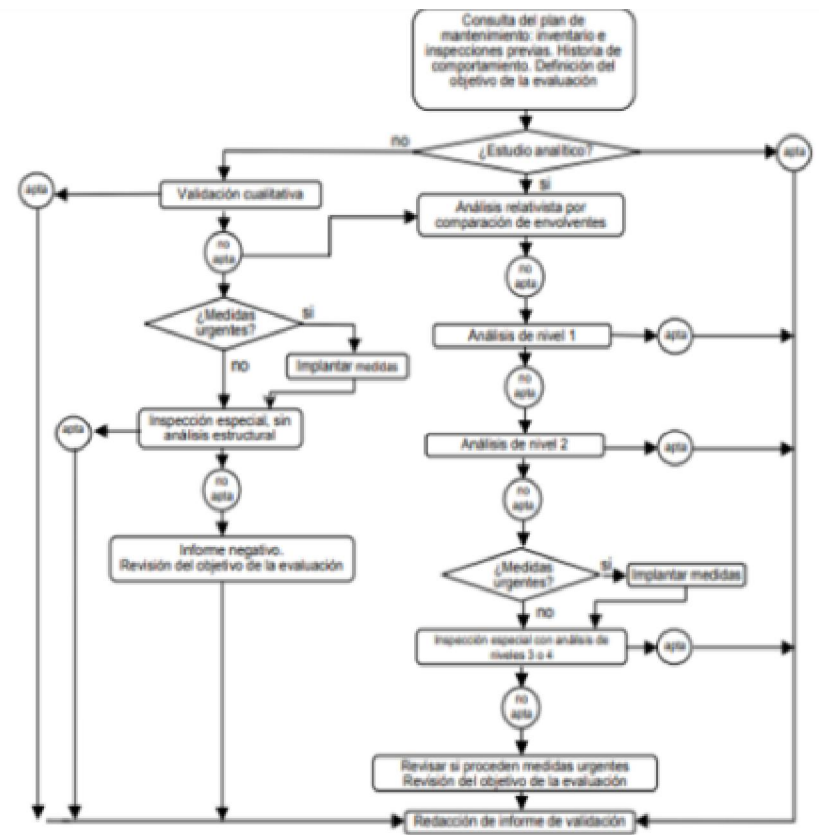


Figura 25.4 Proceso de evaluación estructural de una construcción existente

**Tabla 25.4 Niveles de análisis estructural**

Tabla 25.4 Niveles de análisis estructural

Nivel	Método
1	Comprobación de la estructura frente a las acciones que justifican la necesidad de la comprobación: un cambio de uso, una acción temporal, etc.
2	Comprobación de la estructura para las acciones objeto de la comprobación, incluidas las acciones definidas en las bases de cálculo para obra nueva. Se utilizarán los códigos de materiales con unos coeficientes parciales de ponderación corregidos, en virtud de la disminución de incertidumbres que representa que la estructura ya existe y que, en su caso, ha evidenciado un comportamiento previo positivo.
3	El marco de comprobación, es, como en el nivel 2, semiprobabilista, pero utiliza información actualizada en forma de características resistentes deducidas tras una inspección especial, auscultación o pruebas de carga. Contexto semiprobabilista con coeficientes parciales ajustados con el fin de obtener la misma fiabilidad que para obra nueva.
4	Aproximación sofisticada en forma de análisis no lineal tridimensional, en un contexto de formato de comprobación probabilista.

### Definiciones:

**Producto** es el compuesto formulado para la reparación, protección o refuerzo de estructuras de hormigón.

**Sistema** es el conjunto de dos o más productos que se utilizan simultáneamente, o consecutivamente, para llevar a cabo la protección, reparación o refuerzo del hormigón.

**Principio** es el objetivo concreto buscado de entre las distintas opciones posibles que garantizarían la protección, reparación o refuerzo de la estructura.

**Método** es el medio con el cual se pretende alcanzar un determinado principio, que generalmente se arbitra por medio de Procedimientos de Actuación

Tabla 39.3 Principios y métodos para los sistemas de protección

Principios aplicables, de los referidos en UNE-EN 1504-9	Ejemplos de métodos basados en los principios
P1. Protección contra la penetración. Reducción o prevención de la entrada de agentes adversos, como el agua, otros líquidos, vapor, gas, agentes químicos y biológicos.	Impregnación hidrófoba. Impregnación. Revestimiento (Incluyendo métodos de impermeabilización). Vendaje superficial de las fisuras.
P2. Control de humedad. Ajuste y mantenimiento del contenido de humedad en el hormigón dentro de un intervalo de valores especificado.	Impregnación hidrófoba. Impregnación. Revestimiento superficial.
P5. Incremento de la resistencia física Incremento de la resistencia al ataque físico o mecánico.	Capas o revestimientos. Impregnación.
P6. Resistencia a los productos químicos. Incremento de la resistencia de la superficie del hormigón al deterioro por ataque químico.	Capas o revestimientos. Impregnación. Aplacados antiácidos.
P8. Incremento de la resistividad Incremento de la resistividad eléctrica del hormigón por limitación del contenido de humedad.	Limitación del contenido de humedad. Impregnación hidrófoba. Impregnación. Revestimiento.
P9. Control catódico. Creación de las condiciones para que las áreas potencialmente catódicas de la armadura hagan imposible alcanzar una reacción anódica.	Pintado de la armadura con revestimientos que contengan pigmentos activos. Pintado de la armadura con revestimientos barrera. Aplicación de inhibidores al hormigón. Limitación del contenido en oxígeno (a nivel del cátodo) por saturación o por revestimiento superficial.
P10. Protección Catódica.	Ánodos de Sacrificio. Corriente impresa.
P11. Control de las zonas anódicas. Creación de condiciones para que las áreas potencialmente anódicas de la armadura hagan imposible una reacción de corrosión.	Revestimiento activo de la armadura. Revestimiento de protección de la armadura. Pintado de la armadura con revestimientos que contengan pigmentos activos. Pintado de la armadura con revestimientos barrera. Aplicación de inhibidores de corrosión en o sobre el hormigón.

**Tabla 39.5.1.a Criterios de selección de clase para impregnaciones hidrófobas**

Tipo de ambiente (ver tabla 27.1.a)	Clase según profundidad de penetración medida de acuerdo a UNE-EN 1766	Clase según coeficiente de deseccación de acuerdo a UNE-EN 13579
X0, XC1	Clase I: < 10 mm o Clase II: ≥ 10 mm	Clase I: < 10 mm o Clase II: ≥ 10 mm
XS1, XS2 y XS3 XD1, XD2 y XD3 XF1, XF2, XF3 y XF4 XC2, XC3 y XC4	Clase II: > 10 mm	Clase II: ≥ 10 mm

Tabla 39.5.1.b Criterios de selección de clase para impregnaciones y revestimientos

Característica	Método de ensayo	Requisitos en caso de revestimiento	Requisitos en caso de impregnación
Absorción capilar y permeabilidad al agua	UNE-EN 1062-3	$w < 0,1 \text{ (kg /m}^2\text{) h}^{0,5}$	$w < 0,1 \text{ (kg /m}^2\text{)·h}^{0,5}$
Adhesión por tracción directa	UNE-EN 1542	$\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ (sistemas flexibles) $\geq 2,0 \text{ N/mm}^2$ (sistemas rígidos)	$\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$
Grado de penetración, en probetas cúbicas elaboradas según UNE-EN 1766, e impregnadas con el procedimiento del fabricante	Según UNE-EN 14630, pero sustituyendo la fenoltaleína por agua. La profundidad de la zona seca, con una precisión de 0,5 mm, se considerará la profundidad efectiva de impregnación	—	>10 mm (nota, UNE-EN 1504-2 exige $\geq 5\text{mm}$ )

Tabla 39.5.1.c Criterios de selección de clase para impregnaciones

Tipo de estructuras	Clase de impregnación
Estructuras en las que el interior del hormigón tendrá mayor humedad relativa que el exterior.	Clase I: $s_d < 5$ m (permeable al vapor de agua).
Estructuras en las que el interior del hormigón tendrá una humedad relativa similar al exterior.	Clase II: $5 \text{ m} \leq s_d \leq 50 \text{ m}$ .
Estructuras en las que el interior del hormigón tendrá menor humedad relativa que el exterior.	Clase III: $s_d > 50$ m (impermeable al vapor de agua).



Tabla 39.5.1.d Requisitos para impregnaciones y revestimientos en superficies sometidas a abrasión

Característica	Método de ensayo	Requisitos en caso de revestimiento	Requisitos en caso de impregnación
Resistencia a la abrasión.	UNE-EN ISO 5470-1.	Pérdida de peso inferior a 3000 mg, con muela abrasiva tipo H22, de 1.000 ciclos de rotación y 1.000 g de carga.	Al menos 30 % de aumento de la resistencia a la abrasión comparada con muestra no impregnada.
Resistencia al impacto	UNE-EN ISO 6272-1	Clase III > 20 Nm	Clase III > 20 Nm



Tabla 40.2 Principios y métodos para los sistemas de reparación

Principios aplicables, de los referidos en UNE-EN 1504-9	Ejemplos de métodos basados en los principios
P1. Protección contra la penetración. Reducción o prevención de la entrada de agentes adversos como el agua, otros líquidos, vapor, gas, agentes químicos y biológicos.	Relleno de las fisuras. Sellado por inyección de resinas acuarreactivas. Sellado con masillas. Mineralizadores de base acuosa por cristalización capilar.
P3. Restauración del hormigón. Reparación de defectos, inyección de fisuras, reposición de partes dañadas, o habilitación de un nuevo periodo de vida útil (rehabilitación) reponiendo la protección y la resistencia mecánica originales del elemento.	Aplicación manual de mortero. Relleno con hormigón o mortero. Proyección de hormigón o mortero. Sustitución de elementos. Adición de mortero u hormigón. Inyección en las fisuras, huecos e intersticios. Relleno de las fisuras, huecos e intersticios.
P5. Incremento de la resistencia física. Incremento de la resistencia al ataque físico o mecánico.	Adición de mortero u hormigón.
P6. Resistencia a los productos químicos Incremento de la resistencia de la superficie del hormigón al deterioro por ataque químico.	Adición de mortero u hormigón.
P7. Preservación o restauración de la pasividad. Creación de condiciones para que las áreas potencialmente anódicas de la armadura hagan imposible una reacción de corrosión.	Aumento del recubrimiento con mortero u hormigón adicional. Sustitución del hormigón contaminado o carbonatado.

**La selección del método de reparación deberá tener en cuenta la necesidad de garantizar la compatibilidad de las propiedades físicas, químicas, electroquímicas y dimensionales entre el producto de reparación y el substrato de hormigón.**

**Tabla 40.4.1.a** Clase de mortero de reparación según UNE-EN 1504-3 en función de la resistencia media del hormigón, las condiciones de exposición y el tipo de sollicitación

Resistencia media del hormigón, condiciones de exposición y tipo de sollicitación	Clase de mortero
Estructuras con hormigón de resistencia media inferior a 20 N/mm <sup>2</sup> en ambientes X0 y XC1 sometidas a acciones eminentemente estáticas.	R3.
Estructuras con hormigón de resistencia media igual o superior a 20 N/mm <sup>2</sup> en ambientes X0 y XC1.	R3 o R4, debiendo superar la resistencia media del hormigón a reparar.
Estructuras en ambientes distintos a X0 y XC1, o sometidas a acciones dinámicas.	R4.

**Están de acuerdo con la lógica, ya que la resistencia mínima para un R3 es 25 Mpa y para un R4 es de 45Mpa.**

**Aún así quedan por encima de lo recomendable, desde el punto de vista de la resistencia de materiales y del reparto de cargas entre partes reforzadas y no reforzadas**

## **Norma UNE-EN-1504-3**

### **1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma europea especifica los requisitos para la identificación, las prestaciones (incluyendo la durabilidad) y la seguridad de los productos y sistemas que se deben utilizar para la reparación estructural y no estructural de estructuras de hormigón.

Esta norma europea cubre los morteros y hormigones de reparación, utilizados, en caso necesario, junto con otros productos y sistemas, para restituir y/o sustituir hormigón defectuoso y para proteger la armadura, necesario para aumentar la vida de servicio de una estructura de hormigón que presente deterioro. Los campos de aplicación cubiertos están de acuerdo con la Norma Experimental ENV 1504-9 como se indica a continuación:

Principio 3	Restauración del hormigón	Método 3.1	Aplicación de mortero a mano
		Método 3.2	Relleno con hormigón
		Método 3.3	Proyección de hormigón o mortero
Principio 4	Refuerzo estructural	Método 4.4	Adición de hormigón o mortero
Principio 7	Conservación o restauración del pasivado	Método 7.1	Incremento del recubrimiento de la armadura con mortero de cemento u hormigón adicional
		Método 7.2	Reemplazo del hormigón contaminado o carbonatado

**Tabla 1 – Principios y métodos para protección y reparación de estructuras de hormigón**

Principio	Ejemplos de métodos basados en los principios	Parte correspondiente de la Norma EN 1504 (en caso necesario)
<b>Principios y métodos relativos a los defectos en el hormigón</b>		
1. Protección contra la penetración	1.1 Impregnación hidrófoba	2
	1.2 Impregnación	2
	1.3 Revestimiento	2
	1.4 Vendaje superficial de las fisuras	
	1.5 Relleno de las fisuras	5
	1.6 Transformación de fisuras en juntas	
	1.7 Levantamiento de paneles exteriores <sup>a</sup>	
	1.8 Aplicación de membranas <sup>a</sup>	
2. Control del grado de humedad	2.1 Impregnación hidrófoba	2
	2.2 Impregnación	2
	2.3 Revestimiento	2
	2.4 Levantamiento de paneles externos	
	2.5 Tratamiento electroquímico	
3. Restauración del Hormigón	3.1 Aplicación manual de mortero	3
	3.2 Relleno con hormigón o mortero	3
	3.3 Proyección de hormigón o mortero	3
	3.4 Reemplazo de elementos	
4. Refuerzo Estructural	4.1 Adición o reemplazo de barras de armadura embebidas o externas	
	4.2 Adición de armadura anclada en agujeros preformados o taladrados	6
	4.3 Adhesión de una chapa de refuerzo	4
	4.4 Adición de mortero u hormigón	3, 4
	4.5 Inyección en las fisuras, huecos o intersticios	5
	4.6 Relleno de las fisuras, huecos e intersticios	5
	4.7 Pretensado (postensado)	
5. Incremento de la resistencia física	5.1 Revestimiento	2
	5.2 Impregnación	2
	5.3 Adición de mortero u hormigón	3
6. Resistencia a los productos químicos	6.1 Revestimiento	2
	6.2 Impregnación	2
	6.3 Adición de mortero o de hormigón	3



Principios y métodos relativos a la corrosión de la armadura		
7. Preservación o restauración de la pasividad	7.1 Aumento del recubrimiento con mortero u hormigón adicional	3
	7.2 Reemplazo del hormigón contaminado o carbonatado	3
	7.3 Realcalinización electroquímica del hormigón carbonatado	
	7.4 Realcalinización del hormigón carbonatado por difusión	
	7.5 Extracción electroquímica de cloruros	
8. Incremento de la resistividad	8.1 Impregnación hidrófoba	2
	8.2 Impregnación	2
	8.3 Revestimiento	2
9. Control catódico	9.1 Limitación del contenido en oxígeno (al nivel del cátodo) por saturación o por revestimiento superficial	
10. Protección catódica	10.1 Aplicación de un potencial eléctrico	
11. Control de las zonas anódicas	11.1 Revestimiento activo de la armadura	7
	11.2 Revestimiento de protección de la armadura	7
	11.3 Aplicación de inhibidores de corrosión en o sobre el hormigón	
<sup>a</sup> Estos métodos pueden aplicarse también a otros principios.		

Se considera que se refuerza una estructura cuando se actúa sobre ella para **aumentar su capacidad portante**

**El pliego de prescripciones técnicas particulares** del proyecto de refuerzo definirá los sistemas de refuerzo a utilizar y las especificaciones exigibles a cada uno de los productos que se deban emplear, así como los métodos para su aplicación.

En general, para el refuerzo de las estructuras de hormigón, se podrán utilizar las siguientes alternativas:

- a) **Recrecido, con hormigón o morteros**, de secciones de la totalidad o de, al menos, una parte de los elementos estructurales existentes,
- b) **refuerzo con elementos de acero estructural** adheridos o no al hormigón, y
- c) **refuerzo con materiales distintos del hormigón y del acero estructural. En este caso, se incluyen los materiales compuestos.**
- d) **otras técnicas** tales como disposición de estructuras auxiliares, modificación del esquema resistente a la estructura original, etc.

**Artículo 41 Refuerzo de estructuras de hormigón**

**Tabla 41.2 Principios y métodos para los sistemas de refuerzo**

Principios aplicables, de los referidos en UNE-EN 1504-9	Ejemplos de métodos basados en los principios
P4. Refuerzo estructural. Incremento de la capacidad portante de un elemento de la estructura de hormigón.	Adición o sustitución de barras de armadura embebidas o externas. Adición de armadura anclada en agujeros preformados o taladrados. Adhesión de elementos de acero estructural de refuerzo. Pretensado (postesado). Refuerzo con elementos de acero estructural no adheridos. Adhesión de polímeros reforzados con fibras (de fibra de carbono, fibra de vidrio, etc.). Recrecido de sección de base cemento.

**Incorporamos en el articulado la referencia a los refuerzos basados en materiales compuestos, GFRP, CFRP Y AFRP, que no aparecen en la norma UNE-EN-1504-9 de forma explícita**

Objeto y planteamiento. (Comunes a todo tipo de estructuras)

- La evaluación de estructuras existentes de hormigón persigue el objetivo de cuantificar los **niveles de seguridad y funcionalidad** de las estructuras y estimar la **vida útil residual**
- Se mantiene, para la evaluación de estructuras existentes de hormigón, el marco de los **Estados Límite.**
- La comprobación de los **Estados Límites de Servicio (ELS)** no se precisa, salvo que se plantee un cambio de uso
- La evaluación de las estructuras existentes de hormigón se ciñe al ámbito de los **Estados Límite Últimos (ELU).**



## Principios básicos del análisis de construcciones existentes

- Utilizar criterios y procedimientos de análisis estructural más **sofisticados**.
- Es posible utilizar tanto un formato **semi-probabilista** con coeficientes parciales modificados, como un planteamiento **probabilista**.
- El procedimiento de análisis estructural en estado limite último para la deducción de esfuerzos puede ser realizado a partir de modelos que se basan en el comportamiento **elástico lineal** de los materiales, en la teoría de la **plasticidad** (también denominado «análisis limite») o procedimientos de análisis **no lineal**.
- Los análisis estructurales mencionados, deberán incluir los **deterioros o daños** detectados en la estructura.
- La comprobación estructural de elementos sometidos a esfuerzos que provocan tensiones tangenciales, como esfuerzo cortante, rasante, torsión, punzonamiento, etcétera, puede ser también llevada a efecto con **modelos más generales**, además de los clásicamente conocidos de bielas y tirantes.

## Propiedades de los materiales y geometría (Comunes a todo tipo de estructuras)

Las propiedades de los materiales admiten tres niveles de definición:

- a) Valores tomados de la **documentación del proyecto** (resultados de los ensayos de control, valores definidos en los planos y en las bases de cálculo, resultados de ensayo posteriores en el contexto de inspecciones especiales realizadas, etc.).
- b) Valores deducidos de una **campana de ensayos no destructivos** (ultrasonidos, etc.) para el hormigón y la identificación de la armadura (tipo, límite elástico, diámetro y distribución) mediante la realización de catas adecuadamente planificadas y ejecutadas.
- c) **Extracción de probetas y ensayos en laboratorio**, tanto del hormigón como de barras de acero.

Las propiedades de los materiales y la geometría admiten tres niveles de definición:

- a) Valores tomados de la **documentación del proyecto** (resultados de los ensayos de control, valores definidos en los planos y en las bases de cálculo, resultados de ensayo posteriores en el contexto de inspecciones especiales realizadas en el pasado, etc.).
- b) Valores deducidos de una **campana de ensayos no destructivos** (ultrasonidos, líquidos penetrantes, radiografías, etc.), acompañada de una caracterización completa de la geometría de las piezas y de las uniones correspondientes.
- c) **Extracción de probetas y ensayos en laboratorio**, tanto del acero de chapas y perfiles como de tornillos y otros elementos de unión.

Las estructuras mixtas hacen referencia a estos dos artículos

## **Contexto general y objeto.**

Previo al Proyecto:

- Trabajo previo de **estudio de la información** disponible,
- Análisis adecuado de **evaluación estructural** y de **vida útil residual**
- Diagnóstico preciso, que dictamine **la causa o causas** que explican los daños observados

Exigencias:

- La detección previa de los tipos de **deterioros** presentes,
- La **comprensión de los mecanismos** que han dado lugar a cada deterioro o daño
- Las **actuaciones correspondientes**, incluyendo la prognosis de durabilidad de las mismas
- La **vida útil adicional** que exija la propiedad.

## **Proyecto de reparación**

Procedimiento de redacción del proyecto:

- Inspección principal previa
- Elaboración de mapas de daños y deterioros
- Catálogo de soluciones

Tipo de actuaciones

- Activas
- Pasivas

### **Tipos de actuaciones**

Las actuaciones pueden ser de dos tipos:

- **Activas** :Preventivas
- **Pasivas**: Reparación de daños

Las primeras se realizan según un plan previsto de mantenimiento y tienen la ventaja de **no interrumpir bruscamente el uso de la estructura**, estando programadas de antemano.

El **coste de las actuaciones preventivas es menor**, a largo plazo que las pasivas.

Hay que realizar un **estudio de costes**, siguiendo principios básicos de dicha teoría

#### Tipos de actuaciones

Ejemplo de actuaciones **pasivas**:

##### - **Estructura de hormigón de una enfriadora en una central de ciclo combinado**

**Objeto:** Mantenimiento de estructuras de hormigón sometidas a la acción de ambiente marino y salpicaduras de agua salada

Se realiza un **inspección detallada**, con confección de un mapa con los daños y clasificación de la importancia de los mismos

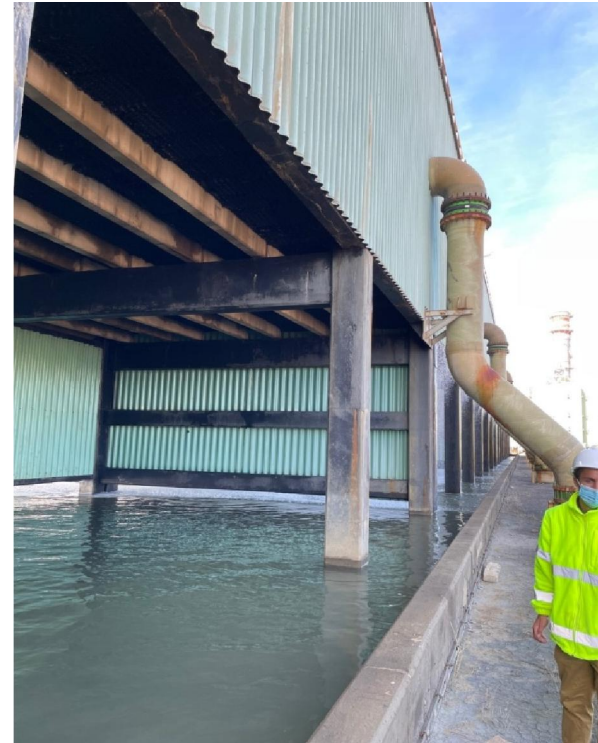
Se ha verificado, con un **modelo**, la corrección del cálculo original y se han chequeado posibles errores de proyecto

Se **revalúan las acciones**, para aproximar las solicitaciones a las reales, para no incurrir en sobrecostos en el refuerzo

Se realiza un **nuevo modelo, introduciendo redistribuciones plásticas** y atendiendo a las dimensiones reales

Se proponen **soluciones basadas en experiencias contrastadas** y en declaraciones de prestaciones de los fabricantes

Se confecciona un Plan de Mantenimiento a largo plazo, con un calendario de inversiones, un presupuesto y un plan de inspecciones



#### Tipos de actuaciones

Ejemplo de actuaciones **pasivas**:

**Objeto:** Mantenimiento de estructuras de hormigón sometidas a la acción de ambiente marino y salpicaduras de agua salada

Se actúa sobre estructuras que presentan un **nivel elevado de daños** y que ya han sido objeto de reparaciones anteriores.

El ambiente es **más agresivo de lo supuesto en la normativa**, ya que está se aplicó en la construcción con todo rigor.

La vida útil, si reparaciones esta seriamente comprometida



#### Tipos de actuaciones

Ejemplo de actuaciones **activas**:

**Objeto:** Mantenimiento de estructuras de hormigón sometidas a la acción de ataques por ion amonio

- Planta de reciclado

Se adoptan los datos relativos a las necesidades de protección de las experiencias anteriores con plantas similares

Se realiza una protección mediante impregnación a pie de obra de los elementos prefabricados con silicatos, con el fin de disminuir la penetración de los agentes agresivos

La solución está basada en experiencias contrastadas y en declaraciones de prestaciones de los fabricantes

Se confecciona un Plan de Mantenimiento a largo plazo, con un plan de inspecciones





## 75.2 Clasificación de los deterioros y daños objeto de reparación.(Hormigón)

Dos grandes grupos:

- a) Deterioros y daños producidos por los procesos de **degradación del propio hormigón:** acciones mecánicas, físico-ambientales, químicas, etc.
- b) Deterioros producidos por la **corrosión de las armaduras**, fundamentalmente asociados a la carbonatación del hormigón o a la presencia de cloruros.

## 105.2 Clasificación de los deterioros y daños objeto de reparación.(Acero)

Dos grandes grupos:

- a) Deterioros y daños producidos por los procesos de **degradación del propio acero** por acciones mecánicas, físico-ambientales, químicas, etc.
- b) Deterioros y daños producidos en las **uniones** de las piezas.

Las estructuras mixtas hacen referencia a estos dos artículos

La **propiedad** será responsable de disponer de un proyecto siempre que se den cualquiera de las siguientes **circunstancias**:

- se trate de la demolición de una estructura como consecuencia de un **accidente, incendio o sismo**;
- se trate de la demolición de una estructura que incluya elementos a flexión con **luces de más de 10 m**, o con elementos verticales a compresión con **alturas** entre niveles **superiores a 10 m**;
- en cualquier caso, cuando se trate de estructura de **hormigón pretensado**; y
- en cualquier caso, cuando se vaya a emplear **explosivos**.

La **propiedad** será responsable de disponer de un proyecto, siempre que se den cualquiera de las siguientes circunstancias:

- a. Se trate de la demolición de una estructura como consecuencia de un **accidente, incendio o sismo**,
- b. se trate de la demolición de una cubierta con estructura de acero, o cuando incluya elementos a flexión con **luces de más de 10 m**, o elementos verticales a compresión con **alturas** entre niveles **superiores a 10 m**.

En el caso de las estructuras mixtas se aplican las circunstancias relativas al hormigón por ser más restrictivas

Para ello, además de lo indicado en el apartado 77.2, deberá incluir al menos los siguientes **aspectos adicionales**:

- identificación de los **elementos estructurales** potencialmente reutilizables,
- identificación de los tipos y cantidades de **residuos** generados por la demolición, con especial atención a los residuos peligrosos,
- elaboración de un estudio de **gestión de residuos** que contenga los **destinos** previstos para los residuos generados,
- elaboración de un plan de **gestión de los residuos** generados por la demolición, orientado al **reciclado** de los mismos.

Se transcribe el mismo texto, haciendo especial hincapié en que el destino de las estructuras de acero, generalmente debe ser la deconstrucción, no la demolición, por las grandes posibilidades de reutilización de los elementos

En el caso de las estructuras mixtas se aplican los mismos planteamientos

**El constructor que esté en posesión de una certificación medioambiental de conformidad con la norma UNE-EN ISO 14001.**

**CONCLUSIONES:**

**La intervención en las estructuras existentes es un paso imprescindible si queremos avanzar en las metas de sostenibilidad**

**La presencia de técnicos cualificados permite ahorros sustanciales en los costes de las intervenciones**

**La intervención no siempre tiene como función reponer la totalidad de las características resistentes y de vida útil de la estructura original**

**La conservación de la información disponible sobre las estructuras existentes requiere de unos mecanismos adecuados y de un control por parte de la administración**

**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCION**

## **Jornada sobre el nuevo Código Estructural**

INTERVENCION EN ESTRUCTURAS EXISTENTES

## **Jornada sobre el nuevo Código Estructural**

INTERVENCION EN ESTRUCTURAS EXISTENTES