



INDICE	
<b>APARTADO 1. INVESTIGACION Y DIAGNOSTICO DE UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO</b>	
<b>1.1 Informe preliminar o Prediagnosis</b>	<b>6/89</b>
<b>1.2 Estudios previos o Diagnosis</b>	<b>8/89</b>
<b>1.2.1 Ensayos Destructivos</b>	<b>11/89</b>
ENSAYO: Extracción y Rotura de probetas testigo de hormigón	
ENSAYO: Toma de muestras de armaduras	
ENSAYO: Profundidad de Carbonatación	
ENSAYO: Otros ensayos destructivos	
<b>1.2.2 Ensayos No Destructivos</b>	<b>17/89</b>
ENSAYO: Ensayo esclerométrico o Índice de Rebote	
ENSAYO: Ensayos Ultrasónicos	
ENSAYO: Corrosímetro	
ENSAYO: Otros ensayos no destructivos	
<b>1.2.3 Ensayos de Laboratorio</b>	<b>21/89</b>
ENSAYO: Densidad, permeabilidad, contenido de cloruros y contenido de sulfatos	
ENSAYO: Otros ensayos de laboratorio	
<b>1.2.4 Pruebas de servicio</b>	<b>24/89</b>
ENSAYO: Pruebas de carga	
<b>1.3 Diagnóstico o dictamen final</b>	<b>25/89</b>
<b>APARTADO 2. INTERVENCION EN UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO</b>	
<b>2.1 Preparación o saneado de la superficie del hormigón</b>	<b>30/89</b>
<b>2.1.1 Métodos mecánicos</b>	<b>31/89</b>
METODO: Métodos mecánicos	
<b>2.1.2 Métodos químicos</b>	<b>33/89</b>
METODO: Métodos químicos	

<b>2.1.3 Métodos térmicos</b>	<b>34/89</b>
METODO: Métodos térmicos	
<b>2.2 Protección superficial del hormigón</b>	<b>35/89</b>
<b>2.2.1 Pinturas y sellantes</b>	<b>36/89</b>
PROTECCION: Pinturas y sellantes	
<b>2.2.2 Hidrófugos</b>	<b>38/89</b>
PROTECCION: Hidrófugos	
<b>2.2.3 Otros sistemas de protección</b>	<b>39/89</b>
PROTECCION: Obturadores de poros y revestimientos gruesos	
<b>2.2.4 Aplicación de los sistemas de protección</b>	<b>40/89</b>
METODOS: Pulverización, brocha y rodillo	
<b>2.3 Reparación y refuerzo de la estructura</b>	<b>42/89</b>
<b>2.3.1 Materiales de reparación y refuerzo</b>	<b>44/89</b>
TIPO DE MATERIAL: Base inorgánica	
TIPO DE MATERIAL: Base orgánica (Resinas)	
TIPO DE MATERIAL: Base mixta	
<b>2.3.2 Reparación de hormigón</b>	<b>53/89</b>
TIPO DE REPARACION: Reparaciones superficiales	
TIPO DE REPARACION: Reparación de fisuras	
TIPO DE REPARACION: Reparación de los daños de la corrosión	
<b>2.3.3 Refuerzo de elementos estructurales</b>	<b>61/89</b>
TIPO DE REFUERZO: Recrecidos de hormigón armado	
TIPO DE REFUERZO: Refuerzo con perfiles metálicos	
TIPO DE REFUERZO: Refuerzo con chapas de acero encoladas con epoxi	
TIPO DE REFUERZO: Otras técnicas de refuerzo	
<b>2.3.4 Reparación de daños causados por acciones específicas</b>	<b>71/89</b>

<b>TIPO DE ACCION:</b> Acciones físicas	
<b>TIPO DE ACCION:</b> Acciones químicas	
<b>TIPO DE ACCION:</b> Fuego	
<b>TIPO DE ACCION:</b> Sismo	
<b>APARTADO 3. MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGON</b>	
<b>3.1 Mantenimiento de elementos de cimentación</b>	<b>78/89</b>
<b>3.1.1 Mantenimiento de zapatas superficiales</b>	<b>78/89</b>
<b>3.1.2 Mantenimiento de losas y soleras</b>	<b>79/89</b>
<b>3.1.3 Mantenimiento de muros pantalla</b>	<b>80/89</b>
<b>3.1.4 Mantenimiento de muros de contención</b>	<b>81/89</b>
<b>3.2 Mantenimiento de elementos estructurales</b>	<b>82/89</b>
<b>3.2.1 Mantenimiento de pilares</b>	<b>82/89</b>
<b>3.2.2 Mantenimiento de vigas y zunchos</b>	<b>83/89</b>
<b>3.2.3 Mantenimiento de forjados unidireccionales de viguetas</b>	<b>84/89</b>
<b>3.2.4 Mantenimiento de forjados unidireccionales de paneles prefabricados</b>	<b>85/89</b>
<b>3.2.5 Mantenimiento de forjados bidireccionales de hormigón</b>	<b>86/89</b>
<b>3.2.6 Mantenimiento de forjados unidireccionales de losas alveolares</b>	<b>87/89</b>
<b>3.2.7 Mantenimiento de losas de hormigón armado</b>	<b>88/89</b>

## APARTADO 1. INVESTIGACION Y DIAGNOSTICO DE UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO

### INTRODUCCION:

Cuando se solicita la realización de un informe o investigación acerca de la salud de una estructura de hormigón armado es porque está en peligro la seguridad respecto a la capacidad de carga, o porque las expectativas de durabilidad en servicio han decrecido. Las circunstancias que suelen motivar la petición de un diagnóstico acerca de una estructura suelen ser las siguientes:

- Sospecha de una insuficiencia estructural al detectar síntomas o lesiones (fisuras, flechas, etc.)
- Degradación por falta de protección contra las condiciones del entorno (fisuración, corrosión, etc.)
- Dudas, respecto al estado actual de la estructura, al haber estado sometida a unas condiciones límite (incendios, sismos, explosiones, etc.).
- Previsión de un incremento de las cargas actuales a causa de la realización de unas reformas y a un cambio de uso.

En los tres primeros casos el estudio de las lesiones de todos y cada uno de los componentes de la estructura será el arma fundamental que nos permita determinar las causas y de cómo afectan a la estructura. En el último caso las dimensiones, el conocimiento de los materiales y el recálculo estructural serán las herramientas básicas. Independientemente del caso en el que nos encontremos la diagnosis de una estructura exige una metodología ordenada en su reconocimiento. Esta se dividirá en etapas de manera que nos permita avanzar paso por paso hasta llegar a conclusiones finales. Las tres etapas fundamentales de todo proceso de investigación de una estructura son:

1. Informe preliminar o Prediagnosis. Consiste en un primer reconocimiento general del edificio y permite establecer una primera valoración y la necesidad de una diagnosis de la estructura.
2. Estudios previos o Diagnosis. Estudio para el conocimiento de la estructura, recogiendo la información necesaria, mediante ensayos de información complementaria, para determinar el estado con relación a la seguridad y a las expectativas de durabilidad.
3. Diagnóstico o dictamen final. El informe definitivo que en base a lo estudiado en las etapas anteriores permite determinar cuales son los motivos de la enfermedad de la estructura y de que manera hay que intervenir en ella para solucionar el problema: reparación, refuerzo o sustitución.

<b>1.1 Informe preliminar o Prediagnosis</b>	<b>1.1</b>
<p><b>DEFINICION:</b></p> <p>Esta primera fase del proceso consiste en un reconocimiento inicial del edificio y especialmente de sus componentes estructurales de hormigón para identificar sus características fundamentales y detectar la presencia de síntomas o lesiones. Se realizara mediante la inspección visual de la estructura y con la recogida de la información genérica imprescindible para conocer el estado de la misma.</p>	
<p><b>OBJETIVOS:</b></p> <p>Los dos objetivos fundamentales de esta etapa son:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Hacer una primera valoración de la situación en la que se encuentra la estructura.</li><li>2. Decidir la necesidad de acceder a la segunda etapa de diagnosis. El caso de que no debamos seguir al proceso de diagnosis puede venir por dos razones contrapuestas: por el buen estado de la estructura que simplemente requiere de pequeños trabajos puntuales, o por el pésimo estado que no merece malgastar esfuerzo y dinero pues resulta irre recuperable. Fuera de estos dos extremos deberemos de orientar ya la próxima fase indicando las zonas donde debe dedicarse mayor atención, planificar la campaña de inspección y ensayos e incluso recomendar la adopción de medidas urgentes (apeos, desalojos, etc.) para evitar riesgos por colapso parcial del edificio.</li></ol>	
<p><b>ACCIONES:</b></p> <p>Las principales acciones a llevar a cabo se resumen en:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Identificación del tipo del edificio y del papel de la estructura de hormigón a analizar.</li><li>• Búsqueda de defectos en los elementos estructurales:<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Deformaciones excesivas en elementos horizontales.</li><li>➤ Fisuraciones o grietas, tanto estructurales como los no estructurales que hayan podido ser producidos por fallos estructurales.</li><li>➤ Cambios de aspecto superficial del hormigón.</li></ul></li><li>• Analisis de otros aspectos que puedan afectar al hormigón (térmicos, de uso, higrotérmicos, etc.)</li><li>• Analisis estructural con un esquema de distribución y descenso de cargas.</li><li>• Determinación cualitativa de los materiales.</li><li>• Localización de síntomas y lesiones.</li></ul>	
<p><b>HERRAMIENTAS:</b></p> <p>Las herramientas a emplear son muy básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Documentación diversa: planos de la estructura, proyecto de reparaciones si ha sufrido.</li><li>• Croquis del sistema estructural y detalles.</li><li>• Instrumentación de lectura sencilla: rociador de fenolftaleina, galgas, detector de armadura, higrómetro de agujas, pie de rey, lupas tipo cuentahílos, etc.</li><li>• Otros: linterna, maceta, cincel, bolsas etiquetadas, cámara fotográfica, cinta métrica, etc.</li></ul>	

**1.1 Informe preliminar o Prediagnosis**

**1.1**

**EJEMPLO DE INFORME PRELIMINAR:**

La estructura básica de un informe preliminar puede ser la siguiente:

1. Antecedentes: Descripción breve de quien es el peticionario, cual es el problema a estudiar y describir la situación y definición de la construcción.
2. Información disponible: Descripción de la información previa disponible, ya sea verbal o escrita. La escrita se describirá sucintamente y se acompañara, completa o resumida, en un anexo.
3. Resultado de la Inspección: Datos recogidos en la inspección así como descripción detallada de los técnicos que la realizan y de las personas que estuvieron presentes. Las fotografías tomadas así como los croquis realizados formaran dos anexos independientes.
4. Análisis del problema: Razonamiento que el técnico realiza para pasar de la información disponible al diagnóstico y a las conclusiones. Si dicho razonamiento aporta cálculos y no son muy extensos se incluyen en este apartado, de lo contrario se pasaran a un anexo.
5. Conclusiones: Con base a lo anterior se establece un apartado independiente destinado a las conclusiones. Dado el carácter preliminar del documento es razonable que limite la rotundidad en las conclusiones. Pero eso no signifique que limite su claridad, estableciendo por tanto si es preciso pasar a la siguiente etapa del proceso de investigación. En caso de duda se puede proponer la realización de diagnósticos alternativos.
6. Plan de actuación: Generalmente el Informe preliminar no cierra el tema (en aisladas ocasiones puede hacerlo) sino que es un paso obligado para centrar correctamente la investigación. Por tanto usualmente se cierra con un plan de actuación que contemplará:
  - Ensayos necesarios: pueden ser muy variados. Sondeos, ensayos de hormigón y acero, ensayos geotécnicos, pruebas de carga, mediciones en obra, etc.
  - Adquisición de información complementaria: levantamiento de planos, determinación del número y diámetro de armaduras, recubrimientos, etc.
  - Realización de cálculos.
  - Redacción del informe definitivo.

**1.2 Estudios previos o Diagnosis**

**1.2**

**DEFINICION:**

Esta fase consiste en una recogida de información en todos los campos que se considere necesario para llegar a un conocimiento profundo de la estructura con relación a la seguridad y a las expectativas de durabilidad. Algunas características de esta fase son:

- La diferencia básica entre esta fase y la anterior esta en la orientación de los estudios. Esta segunda etapa se dirigirá a los aspectos concretos que se hayan detectado como más significativos en la anterior fase. Dichos aspectos pueden tener razones diversas como las patologías observadas o supuestas que habrá que resolver, las modificaciones estructurales que se prevén, etc.
- Esta fase no la puede afrontar un único profesional, ya que requiere la participación de equipos pluridisciplinarios perfectamente coordinados.
- Los medios auxiliares que se requieren son de mayor complejidad, cuyo coste puede representar una partida significativa. (Ej.: grúas)

**OBJETIVOS:**

El objetivo fundamental del estudio previo es la de obtener el conocimiento de la estructura para determinar las causas de las lesiones (si las hay) y definir las intervenciones a realizar. Dicho objetivo se divide en:

- Localización de las zonas en mal estado y que exigen una reparación.
- Obtención de una imagen completa de la geometría de la estructura.
- Conocer las características del hormigón y el acero.
- Conocer las solicitaciones a que estén sometidos los distintos componentes.
- Determinar los elementos y las zonas que deben ser objeto de estudio profundo, con pruebas in situ y/o en laboratorio.
- Conocer todos los parámetros necesarios para comprobar la seguridad estructural y la durabilidad.

**ACCIONES:**

Las acciones que se han de realizar para alcanzar los objetivos antes mencionados las podemos dividir en cuatro grupos:

1. Inspección detallada y análisis estructural.
  - Inspección, toma de datos y representación del sistema estructural, detalles constructivos, síntomas, lesiones y ataques químicos.
  - Realización de una hipótesis del estado de cargas y primera valoración de la seguridad estructural.
  - Estimación de las cargas.
2. Toma de muestras y pruebas de laboratorio.
  - Diseño y realización de una campaña de ensayos.
  - Cuantificación de los parámetros mecánicos, químicos y tensionales de los materiales.



**1.2 Estudios previos o Diagnosis**

**1.2**

**ACCIONES:**

3. Comprobación la seguridad.
  - Cálculo de los coeficientes de seguridad.
4. Valoración de la durabilidad.
  - Determinación de las expectativas de durabilidad mediante la valoración de los procesos de degradación.

**HERRAMIENTAS:**

Para la realización del estudio previo podemos auxiliarnos de multitud de herramientas y de los ensayos de información complementaria. Dichos ensayos los podemos clasificar en:

1. Ensayos destructivos.
  - Extracción de probetas testigo de hormigón.
  - Toma de muestras de armaduras.
  - Profundidad de carbonatación.
  - Otros ensayos destructivos.
2. Ensayos no destructivos.
  - Estudio esclerométrico.
  - Determinación de la fisuración por ultrasonidos.
  - Corrosímetro.
  - Otros ensayos no destructivos.
3. Ensayos de laboratorio.
  - Presencia de cloruros y sulfatos.
  - Perdida de sección (grado de corrosión).
4. Pruebas de servicio.
  - Prueba de carga.

Algunas recomendaciones para que la recogida de información sea lo más exitosa posible son:

- Preparar previamente la visita identificando cual es la información que nos interesa recoger, los lugares y la forma de recogerlas puede ahorrarnos mucho tiempo.
- Tener acceso a los puntos de estudio y facilidad de movimiento para una observación detallada y sin obstáculos.
- Reconocer la información importante sin perder detalle y desestimar rápidamente la que no sirve.
- Establecer criterios de muestreo para cada prueba. Es complejo establecer un criterio estándar ya que cada caso tendrá sus propias características particulares como volumen del edificio, tipología estructural, edad, aspecto, etc.
- Recurrir también a otras fuentes de información útiles como los documentos relacionados con el edificio, proyectos, proyectos de reforma, estudios geotécnicos; así como la normativa de aplicación cuando se ejecuto la estructura, etc.

Para conocer el funcionamiento de los ensayos se comentarán brevemente en las páginas siguientes.

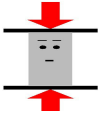
**1.2 Estudios previos o Diagnosis**

**1.2**

**EJEMPLO DE INFORMACION A RECOGER:**

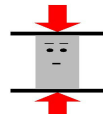
La primera columna muestra la información a recoger para dar respuesta a la seguridad actual de la estructura, mientras que la segunda columna para la durabilidad en el tiempo.

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Características constructivas:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dimensiones (geometría de las piezas).</li> <li>➤ Armadura (diámetros y disposición).</li> <li>➤ Sistema constructivo (uniones, encuentros, etc.).</li> </ul> </li> <li>2. <u>Características estructurales:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Valoración de las acciones (concargas y sobrecargas).</li> <li>➤ Tipología estructural.</li> <li>➤ Modificaciones de la estructura original.</li> </ul> </li> <li>3. <u>Prestaciones mecánicas:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Resistencia estimada a compresión del hormigón.</li> <li>➤ Límite elástico del acero.</li> </ul> </li> <li>4. <u>Análisis de lesiones:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fisuras</li> <li>➤ Deformaciones</li> <li>➤ Corrosión</li> <li>➤ Desplazamientos</li> <li>➤ Textura y color superficiales</li> </ul> </li> <li>5. <u>Cálculo (aplicación de la norma vigente)</u></li> <li>6. <u>Determinación del coeficiente de seguridad</u></li> <li>7. <u>Resultados:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Seguridad aceptable.</li> <li>➤ Seguridad limitada.</li> <li>➤ Seguridad inaceptable.</li> </ul> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Características constructivas:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Recubrimiento de la armadura.</li> <li>➤ Armadura (diámetros y disposición).</li> <li>➤ Sistema constructivo (uniones, encuentros, etc.).</li> </ul> </li> <li>2. <u>Características de los materiales:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Porosidad de los materiales.</li> </ul> </li> <li>3. <u>Agentes agresivos:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Características del ambiente.</li> <li>➤ Profundidad de carbonatación.</li> <li>➤ Contenido de cloruros.</li> <li>➤ Contenido de sulfatos.</li> </ul> </li> <li>4. <u>Análisis de lesiones:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Estado fisurativo.</li> <li>➤ Nivel de corrosión de la armadura.</li> <li>➤ Velocidad de corrosión.</li> <li>➤ Desplazamientos.</li> <li>➤ Textura y color superficiales</li> </ul> </li> <li>5. <u>Interpretación de resultados:</u></li> <li>6. <u>Valoración de la durabilidad:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Durabilidad correcta.</li> <li>➤ Durabilidad dudosa.</li> <li>➤ Durabilidad incorrecta.</li> </ul> </li> </ol>
--	---

<b>1.2.1 Ensayos Destructivos</b>	
<b>ENSAYO:</b> Extracción y Rotura de probetas testigo de hormigón	
<b>NORMATIVA:</b> UNE-EN 12504-1:2000 Ensayos de hormigón de hormigón en estructuras. Parte 1: Testigos. Extracción, examen y ensayo a compresión.	
<b>DESCRIPCION:</b> Consiste en un ensayo para determinar la resistencia de un hormigón endurecido de una estructura mediante la extracción con sonda rotativa de diamante de probetas testigo, y su posterior rotura en laboratorio. Es el sistema más seguro para determinar con fiabilidad la resistencia a compresión pero también es el sistema más costoso y más destructivo, aunque usándolo de forma combinada con un método no destructivo permite reducir el número de extracciones y conseguir correlaciones que permiten hacer buenas estimaciones de las resistencias.	
<b>CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Forma y dimensiones de las probetas:<ul style="list-style-type: none"><li>• Las probetas de hormigón más empleadas son cilíndricas variando sus dimensiones entre 50, 75, 100, 120 y 150 mm; siendo las más habituales las de 75 y 100 mm. Mediante la rotura de estas probetas se puede determinar las resistencia a compresión, a tracción, el modulo de elasticidad, el diagrama tensión-deformación y coeficiente de Poisson. También se pueden extraer probetas prismáticas para determinar la resistencia a flexotracción del hormigón.</li><li>• Relación altura-diámetro o esbeltez de los testigos. Las probetas se han de extraer de una longitud suficiente para que una vez cortadas y refrentadas mantengan una relación entre la altura y el diámetro igual a 2. Para los casos en que esta condición no se pueda cumplir (Ej.: losas) se aceptan valores comprendidos entre 1 y 2, y se establece una serie de coeficientes que permiten corregir la esbeltez.</li></ul></li><li>2. Zona de extracción de testigos:<ul style="list-style-type: none"><li>• Los testigos extraídos deben ser representativos del hormigón del elemento estructural, por lo que los puntos de extracción se eligen de forma aleatoria. Cuando se trata de una estructura dañada que presenta diferentes niveles de daños conviene sacar testigos de los diferentes elementos debido a que las características del hormigón de cada uno de ellos pueden ser muy diferentes.</li><li>• En elementos verticales como pilares, muros, pantallas, etc. se recomienda la extracción en el tercio central de los mismos, o por debajo de los 30 cm. superiores.</li><li>• Los puntos de extracción no deben estar situados nunca en zonas de gran concentración de armadura ni en zonas donde se produzca un debilitamiento importante del hormigón.</li><li>• A fin de no cortar barras de armado es conveniente detectar estas previamente a la extracción por medio de un detector magnético. De todas formas si se ha cortado no invalida el resultado ya que en la mayoría de los casos y en función de su posición respecto a la probeta, se puede considerar como la incidencia que ocasionaría un árido y por tanto no altera de manera significativa el resultado del ensayo. Solo en el caso de que la barra este sensiblemente ortogonal a las caras de presión de la probeta será preciso desestimarla.</li></ul></li></ol>	

### 1.2.1 Ensayos Destructivos

**ENSAYO:** Extracción de probetas testigo de hormigón



#### CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:

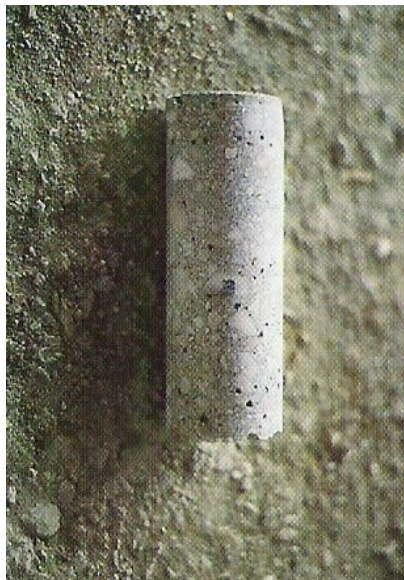
##### 3. Rotura de testigos:

- Se hará en las mismas condiciones en las que el hormigón esta trabajando en obra, ya que, lo que se trata con estos ensayos es determinar la resistencia real del hormigón en obra y mal se puede conocer si el hormigón se rompe en condiciones diferentes. Por tanto si la estructura esta sumergida o en contacto permanente con el agua (deposito o canal) los testigos habrá que romperlos saturados en agua, pero si la estructura trabaja en ambiente seco estos se romperán en seco.
- Los resultados de los ensayos indicaran las dimensiones y aspecto de los testigos, los factores de corrección (por esbeltez, por edad, por deterioro), así como la dirección de la fuerza con relación a la de compactación del hormigón de la estructura.


##### 4. Relleno de taladros:

- Se debe rellenar el orificio que deja el taladro en el elemento estructural con un material lo suficientemente resistente y que se adapte correctamente. Lo habitual es la aplicar a las superficies internas del taladro una resina epoxi para luego introducir un hormigón de resistencia ligeramente superior cuando el adhesivo esta fresco todavía. Este hormigón debe tener una relación A/C baja y debe ser compactado por retacado.

#### FOTOGRAFIA:



1. Extracción de la probeta con la sonda rotativa.
2. Probeta ya cortada con la sierra de disco para que ambas caras queden lisas, perpendiculares al eje longitudinal y con sección transversal constante; y a la espera del refrentado con mortero de azufre por ambas caras.
3. Máquina preparada para la realización del ensayo a compresión de las probetas.

<b>1.2.1 Ensayos Destructivos</b>	
<b>ENSAYO:</b> Toma de muestras de armaduras	
<b>NORMATIVA:</b> UNE 36300:80 Toma de muestras y preparación de probetas para análisis químicos de productos de acero, laminados y forjados.	
<b>DESCRIPCION:</b> En la toma de muestras de armaduras hay que considerar dos casos: <ul style="list-style-type: none"><li>• Las barras de armado se encuentran a la vista como ocurre frecuentemente cuando ha habido un incendio o los elementos han sufrido una acción corrosiva fuerte. En este caso no es preciso detectar la situación de las barras para tomar la muestra.</li><li>• Las armaduras se encuentran en el interior del hormigón protegidas por la capa de recubrimiento. En este caso se localizaran las barras por medio de un pachómetro (ver 1.2.2), y después descubrirlas en un tramo de suficiente longitud como para tomar una muestra con cierta comodidad. Posteriormente hay que sustituir el trozo de barra por otro nuevo unido a la barra en la que se ha hecho el corte. Si las barras son de diámetro superior a 20 mm. pueden soldarse para evitar grandes longitudes de solapo, si las barras son de diámetro inferior se recomienda una longitud de solapo por cada lado de 50 cm. Cuando se opte por la soldadura hay que descarnar de hormigón los extremos de las barras en una longitud de seis diámetros para garantizar la adherencia.</li></ul>	
<b>CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Características de la muestra:<ul style="list-style-type: none"><li>• Todas las muestras se identificarán de forma que en cualquier momento pueda saberse el producto o el lote al que pertenezcan, así como su localización y orientación.</li><li>• Para ensayos mecánicos: la longitud mínima recomendada de la barra a tomar es de 600 mm a fin de poder realizar el ensayo de tracción disponiendo de una longitud útil adecuada después de descontar la de anclaje en las mordazas de la prensa. En casos extremos, y siempre que las barras sean de diámetro inferior a 25 mm, se puede llegar a los 400 mm.</li><li>• Para ensayos químicos: la cantidad total de material de muestra no será superior a la necesaria para la totalidad de las muestras parciales previstas para los análisis químicos y, en general, no inferior a 200 gramos.</li></ul></li><li>2. Zona de extracción de la muestra:<ul style="list-style-type: none"><li>• En los casos en los que sea posible se someterá la muestra bruta a un chorreado de arena, amolado u otro método para limpiar la superficie de material ajeno y, si fuera necesario, se desangrará completamente con un disolvente apropiado. Cuando cualquier fenómeno pueda alterar superficialmente la muestra de modo que afecte a la representatividad de la muestra se acordara la forma de eliminar la parte correspondiente.</li></ul></li><li>3. Modo de efectuar la toma:<ul style="list-style-type: none"><li>• Las herramientas empleadas para tomar la muestra estarán limpias y exentas de grasa, lubricantes y otras materias extrañas.</li></ul></li></ol>	

### 1.2.1 Ensayos Destructivos



#### ENSAYO: Toma de muestras de armaduras

##### CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:

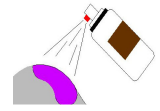
- Para ensayos químicos:
  - Si la muestra debe tomarse de toda la sección del producto, la viruta puede obtenerse mediante cepillo, torno o fresa. Si debe tomarse solo de la parte de la sección puede emplearse el taladro.
  - No se empleará agua, aceite u otro tipo de lubricante, y se evitará que el calentamiento sea tal que pueda oxidar o descarburar la viruta obtenida.
  - Las virutas obtenidas serán lo suficientemente cortas y delgadas para que no requieran su fragmentación posterior, pero siempre evitando las virutas irregulares.
  - Las muestras no utilizadas se conservarán en recipientes, preferentemente de vidrio, bien tapadas para evitar cualquier contaminación o alteración, preservándolas de todo contacto susceptible de alterarlas.
- Para ensayos mecánicos:
  - La muestra no se cortará hasta que el producto haya sido sometido a todos los tratamientos térmicos previstos, debiendo quedar unida al producto hasta el momento de su recepción.
  - El corte deberá realizarse de forma que no altere las características de las partes de la muestra de las que deben obtenerse las probetas, o si esto fuera inevitable, prever las creces necesaria para que las zonas alteradas sean eliminadas en las operaciones posteriores.
  - En algunos casos será preciso enderezar la muestra para una obtención correcta de las probetas. Se realizará en frío, pudiendo hacerse a temperaturas inferiores a 650°C para los aceros de bajo contenido en carbono y previo acuerdo.
  - Si el ensayo se realizara en las condiciones de suministro las muestras no se someterán a manipulaciones posteriores.

##### FOTOGRAFIA:



En la imagen se observan varias barras de acero de distinto diámetro que han sido sometidas a los ensayos en un laboratorio.

### 1.2.1 Ensayos Destructivos



**ENSAYO:** Profundidad de Carbonatación

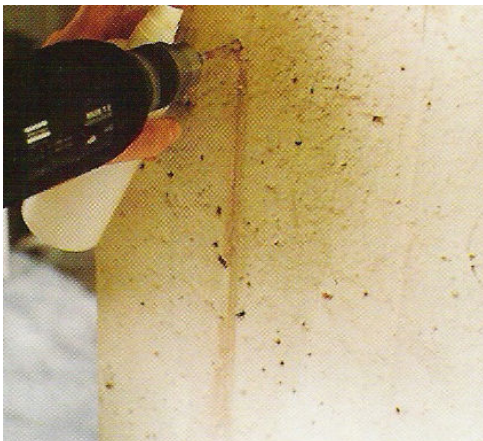
**NORMATIVA:** UNE 112011:94 Determinación de la profundidad de carbonatación en hormigones endurecidos y puestos en servicio

**DESCRIPCION:** Este ensayo se emplea para determinar la carbonatación del hormigón de cemento Portland, (ver apartado 1.1.3 del Capítulo I), dicho proceso consiste en la combinación del CO<sub>2</sub> con la portlandita presente en el hormigón produciéndose una desprotección química de las armaduras frente a la corrosión. El ensayo es simple y consiste en impregnar el hormigón próximo a las armaduras con un indicador de pH. El producto más empleado es una solución alcohólica de fenolftaleína al 1%. Esto permitirá conocer si la carbonatación es superior o inferior al recubrimiento de hormigón.

#### CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:

- El ensayo se realiza en la obra. La forma de operar consiste en romper un trozo de hormigón del elemento de forma que deje a la vista la armadura y aplicar la solución de fenolftaleína, midiendo inmediatamente la profundidad de carbonatación. Otra posibilidad es realizar el ensayo sobre un orificio realizado con taladro.
- Las porciones extraídas no tendrán una geometría particular, y se ensayarán en seco.
- Los resultados son inmediatos, un cambio de color (rosado) en la superficie de aplicación indica que el hormigón no se encuentra carbonatado; por el contrario si existe una parte de la sección en la que no se ha producido este cambio indica que la zona si está carbonatada.
- Se realizará la medida preferentemente en las zonas donde exista árido de pequeño tamaño y no es recomendable en las esquinas de los elementos de hormigón porque los ácidos atmosféricos han podido penetrar en las dos caras.

#### FOTOGRAFIA:



1. Determinación de la profundidad de carbonatación con taladro.
2. La zona coloreada con fenolftaleína aun no está carbonatada.

### 1.2.1 Ensayos Destructivos

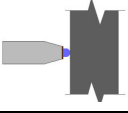





#### ENSAYO: Otros ensayos destructivos

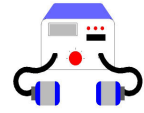
Aparte de los tres ensayos destructivos antes estudiados existen otros:

- **Pistola Windsor.** Método que se basa en la medida de la resistencia a la penetración de una sonda de acero endurecido. El sistema consiste en una pistola accionada por pólvora que transmite una cantidad de energía determinada a la sonda, provocando su penetración en el hormigón. La sonda queda perfectamente introducida en el hormigón y mediante un micrómetro se determina la profundidad de penetración. Con este ensayo podemos determinar zonas homogéneas y realizar estimaciones de la resistencia a compresión cuando se correlacionan con probetas testigo.
- **Microprobetas.** Similar al de las probetas testigo. Se basa en la extracción y posterior ensayo de pequeños cilindros (20, 25, 30 mm de diámetro). Las extracciones también se realizan mediante una sonda rotatoria de extremo diamantado y refrigerada por agua. Este sistema es adecuado para aquellos casos en que las características geométricas del elemento no permitan la extracción de probetas testigo.



<b>1.2.2 Ensayos No Destructivos</b>		
<b>ENSAYO:</b> Ensayo esclerométrico o Índice de Rebote		
<b>NORMATIVA:</b> UNE 83307:86 Ensayos de hormigón. Determinación del índice de rebote		
<b>DESCRIPCION:</b> Consiste en un ensayo para obtener la calidad de la capa superficial (3-4 cm.) del hormigón. El sistema de funcionamiento esta basado en la medida del rebote de una masa de acero, liberada por un percutor al hacer presión con el aparato sobre la superficie de hormigón. Una vez la masa ha impactado vuelve hacia atrás, arrastrando la aguja de una escala graduada donde se lee el resultado.		
<b>CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• La aplicación de este ensayo permite tener una medida de la dureza relativa o superficial del hormigón. Pero el aparato dispone de una tabla en la que se relaciona el índice obtenido con la resistencia cúbica del hormigón en función de la posición de trabajo del aparato. Aunque esta relación es puramente empírica y suele presentar errores.</li><li>• Este ensayo al igual que todos los ensayos no destructivos no son sustitutivos de los métodos destructivos empleados para determinar la resistencia. Pero empleados de manera adicional o complementaria con los destructivos son de gran ayuda para comparar hormigones, determinar zonas homogéneas y realizar estimaciones de la resistencia del hormigón.</li><li>• El empleo del esclerómetro precisa de un técnico experto pues es un aparato muy sensible y requiere mucha precisión y tacto en su uso puesto que puede dar resultados erróneos en situaciones como las siguientes:<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Variaciones locales del hormigón relacionadas con la posición de las partículas de grava cercanas a la superficie. De ahí que su empleo exija una metodología específica como explica su norma UNE.</li><li>➤ Aplicar el ensayo sobre una pieza en estado húmedo o en edades jóvenes da resultados más bajos que si la pieza estuviera en estado húmedo.</li><li>➤ La carbonatación del hormigón en una capa de suficiente espesor puede ser interpretada por el aparato como una resistencia alta cuando en realidad la resistencia puede ser baja.</li></ul></li></ul>		
<b>FOTOGRAFIA:</b>		
		
1. Tarado previo del aparato	2. Preparación de la superficie	3. Lectura de rebotes

### 1.2.2 Ensayos No Destructivos



**ENSAYO:** Ensayos Ultrasónicos

**NORMATIVA:** UNE 83308:86 Ensayos de hormigón. Determinación de la velocidad de propagación de los impulsos ultrasónicos.

**DESCRIPCION:** Consiste en un ensayo que determina la velocidad de propagación de los impulsos de las vibraciones longitudinales ultrasónicas que pasan a través del hormigón, pudiendo por tanto caracterizar la masa del hormigón que se está estudiando. Este ensayo no debe considerarse sustitutivo de los ensayos destructivos sino que se debe considerar como ensayo complementario o adicional.

#### CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:

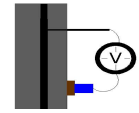
- El funcionamiento se basa en la colocación de unos palpadores en la superficie de hormigón, separados una distancia conocida e impregnados de grasa o vaselina para asegurar un contacto perfecto. Para cada punto se realizan varias lecturas, hasta obtener un valor mínimo, momento en que se considera que el contacto es adecuado. Esta operación es delicada y exige experiencia. Para iniciar el ensayo hay que medir con gran precisión la separación entre palpadores. Las lecturas se suelen tomar dejando fijo el emisor y desplazando el receptor. Así se obtiene un gráfico que relaciona el tiempo de paso con la distancia recorrida. Cuando en la grafica aparezcan discontinuidades se habrá detectado la presencia de un cambio de material, un cambio de densidad o la presencia de un defecto.
- Con el analisis por ultrasonidos se puede determinar:
  - La homogeneidad del hormigón delimitando las zonas de distinta calidad.
  - La presencia de fisuras y huecos.
  - La valoración orientativa de la resistencia de hormigón.
- Existen varios factores que pueden influir en los resultados:
  - El tipo de acabado superficial del hormigón originando deficiencias en el contacto de los palpadores.
  - El contenido de humedad del hormigón. A mayor humedad mayor velocidad.
  - Temperaturas fuera del intervalo 5°C a 30°C influyen en la velocidad.
  - Efecto de las armaduras. La proximidad de barras paralelas a la dirección de propagación esperada, incrementan la velocidad.

#### FOTOGRAFIA:



Se puede realizar el ensayo sobre las probetas de hormigón, antes de su rotura, estableciendo así una identificación más precisa de ambas respuestas para el mismo hormigón.

1.2.2 Ensayos No Destructivos



**ENSAYO:** Medida del potencial de corrosión

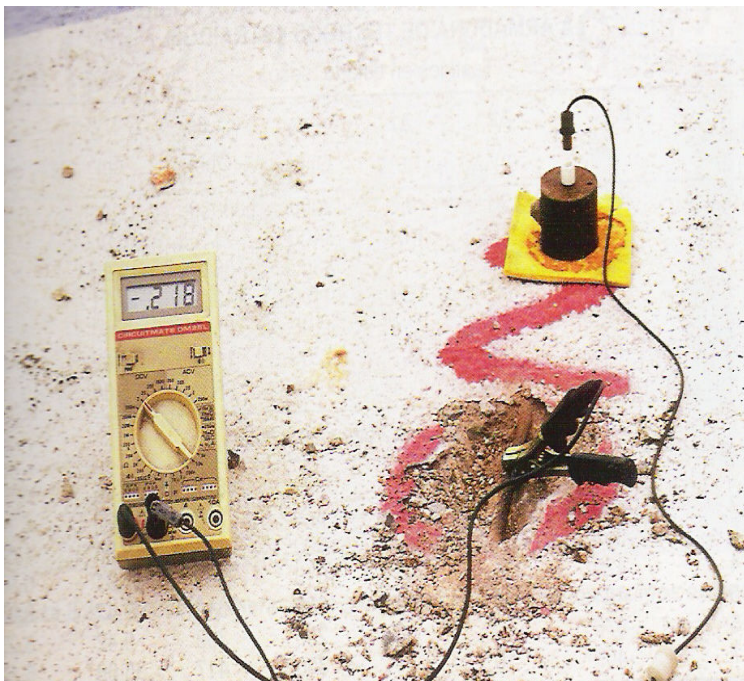
**NORMATIVA:** No existe una normativa específica en España

**DESCRIPCION:** Consiste en un ensayo que se realiza para determinar el estado en el que se encuentra una armadura, que no presenta fisuras en el plano de las barras, con respecto a la corrosión. Para ello se recurre a la medida de potencial eléctrico entre el acero del armado y un electrodo de referencia colocado sobre la superficie del hormigón. La medida del potencial de corrosión es un valor de referencia que no permite cuantificar la corrosión que presenta la barra, pero si la posibilidad de que se este produciendo este fenómeno en el momento de la lectura.

**CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:**

- Los equipos de ensayo disponen de un milivoltímetro de alta impedancia unido a dos terminales, uno de los cuales se une a la barra a través de una pequeña cala hecha en el recubrimiento, y el otro que se desplaza sobre la superficie de hormigón, que ha sido humectada previamente, y que lleva incorporada una célula que suele estar formada por un electrodo.
- Existen una serie de circunstancias que pueden inducir a errores de lectura, tales como el contenido de oxígeno, la existencias de fisuras, las diferencias de grueso de recubrimiento, etc. Por tanto es recomendable que la interpretación de las medidas las haga un técnico experimentado.
- Este sistema se suele emplear en estructuras que deban estar sometidas a un cierto seguimiento y por tanto, la interpretación de los resultados se hará en función de repetidas lecturas a lo largo del tiempo.

**FOTOGRAFIA:**



Las medidas se realizan de forma automática en un tiempo de 2 a 5 minutos. Los datos medidos son almacenados en el equipo, pudiendo ser transferidos posteriormente a un PC, a través del puerto serie, para su procesado en gabinete.

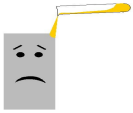
## 1.2.2 Ensayos No Destructivos

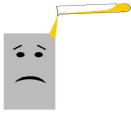
### ENSAYO: Otros ensayos no destructivos



Otros ensayos no destructivos son:

- **Pachómetro:** Consiste en un aparato capaz de localizar las barras de acero dentro de un elemento de hormigón. Consta de varias sondas y de un modulo de lectura y control; y su funcionamiento se basa en la medida de la resistencia al flujo magnético generado por la sonda, de forma que cuando la sonda se sitúa mas cercana a un elemento metálico esta resistencia disminuye. En el mercado actual existen pachómetros que además de determinar la posición y la dirección de las armaduras son capaces de determinar tambien el diámetro y el recubrimiento de la barra. La fiabilidad de este ensayo no es total ya que en presencia de una acumulación de barras o con barras a mucha profundidad el equipo no da buenos resultados, incluso los propios fabricantes recomiendan que en trabajos de cierta responsabilidad el uso del pachómetro se acompañe de catas. Otras aplicaciones que se le pueden dar al pachómetro son la comprobación de la separación de los estribos, la presencia de mallas electrosoldadas, etc.
- **Fisurómetros:** Son herramientas que permiten medir el grueso de una fisura y cuantificar su variación en función del tiempo o de la temperatura. Destacan:
  - Cuentahilos. Pequeño aparato formado por una o dos lentes de aumento y una escala graduada impresa en un cristal. Se emplea para medir el grueso de la fisura sobreponiendo el cuentahilos en la fisura, pudiendo alcanzar una precisión de 0,1 mm.
  - Deformómetro. Está formado por un cuerpo metálico extensible y un comparador situado en la parte central que capta las variaciones de longitud. Las medidas se realizan por medio de la instalación de dos tetones fijados permanentemente a cada lado de la fisura y colocando los extremos del Deformómetro sobre ellos. Se emplea para el estudio evolutivo de las fisuras en el tiempo, y su precisión alcanza hasta el 0,001 mm.
  - Fisurómetro de regleta. Regleta de plástico, formada por dos piezas que se fijan cada una de ellas a cada uno de los lados de la fisura de forma permanente y que lleva incorporada una escala graduada, para poder ver la evolución de la fisura en el tiempo.
  - Extensímetro eléctrico. Consiste en colocar un Extensímetro (captador eléctrico de desplazamientos) fijado a un lado de la fisura y una placa al otro, conectado a un sistema de lectura de datos. Al moverse la fisura el extensímetro genera un potencial eléctrico que es enviado al sistema de lectura que lo traduce en mm. de desplazamiento. Este sistema se emplea en lugares de difícil acceso ya que solamente precisa de su montaje inicial y su desmontaje final.

<b>1.2.3 Ensayos de Laboratorio</b>	
<b>ENSAYO:</b> Densidad, permeabilidad, contenido de cloruros y contenido de sulfatos	
1. Densidad y porosidad	
<b>NORMATIVA:</b> UNE-EN 12390-7:2000 Ensayos de hormigón endurecido. Densidad del hormigón endurecido	
<p><b>DESCRIPCION:</b> La densidad y la porosidad son dos parámetros físicos del hormigón que van ligados uno al otro, que se pueden determinar en el mismo ensayo y que no sólo son un indicador de la resistencia sino que también son un parámetro fundamental en estudios de durabilidad de las estructuras. De forma orientativa las porosidades próximas al 15% pertenecen a hormigones permeables que posiblemente puedan llegar a presentar problemas, mientras que los superiores al 15% indican que se trata de hormigones muy permeables fácilmente atacables en ambientes agresivos.</p>	
<p><b>CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El hormigón endurecido debe ser diferenciado en los siguientes tres estados: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En condiciones de recepción.</li> <li>➤ Saturado de agua.</li> <li>➤ Secado en estufa.</li> </ul> </li> <li>• Se suelen ensayar probetas enteras cuyo volumen no sea inferior a 1 litro, y nunca se emplearán probetas refrentadas.</li> <li>• La medida de la masa de las probetas de hormigón se realizará para los estados antes mencionados, mientras que la medida de los volúmenes se podrá realizar mediante dos métodos: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Por desplazamiento de agua (método de referencia).</li> <li>➤ Mediante cálculo.</li> </ul> </li> </ul>	
2. Permeabilidad	
<b>NORMATIVA:</b> UNE 83310:90 Ensayos de hormigón. Determinación de la permeabilidad	
<p><b>DESCRIPCION:</b> Consiste en un ensayo para la determinación de la permeabilidad al agua bajo presión del hormigón endurecido. La permeabilidad al agua de una estructura de hormigón está fuertemente influenciada por el grado de compactación, la presencia de juntas, fisuras o heterogeneidades, así como de su conservación. Este ensayo es muy interesante cuando se trata de juzgar la estanqueidad de estructuras de contención de líquidos como los depósitos de agua.</p>	
<p><b>CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El ensayo se basa en la aplicación de agua a presión sobre una probeta que se encuentra dentro de un recipiente estanco, que permita medir el posterior volumen de agua permeada.</li> <li>• El ensayo se efectuará sobre probetas de edad superior a los 28 días.</li> <li>• A cada probeta se le aplicará una sucesión creciente de presiones.</li> <li>• La aplicación de la presión se realizará en la dirección del hormigonado.</li> </ul>	

<b>1.2.3 Ensayos de Laboratorio</b>	
<b>ENSAYO:</b> Densidad, permeabilidad, contenido de cloruros y contenido de sulfatos	
3. Contenido de cloruros	
<b>NORMATIVA:</b> UNE 112010:94 Corrosión en armaduras. Determinación de cloruros en hormigones endurecidos y puestos en servicio	
<b>DESCRIPCION:</b> Consiste en un ensayo para comprobar si existen cloruros en el hormigón de un elemento estructural, tanto si proceden de los materiales componentes del mismo como si penetraron posteriormente a lo largo de la vida del elemento. El interés por esta determinación radica en conocer si existen cloruros en las proximidades de la armadura (ver apartado 1.1.3 del Capítulo I), para poder establecer si han provocado o contribuido al desarrollo de la corrosión de dichas armaduras.	
<b>CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• La determinación se realiza por medio del método volumétrico “Volard”, aunque se podrán emplear otros métodos de ensayo siempre que se haya demostrado previamente que los resultados obtenidos son equivalentes a los del método de referencia.</li><li>• El método se basa en la precipitación de los cloruros al añadirle una disolución patrón de nitrato de plata, previa descomposición del hormigón con ácido nítrico diluido en ebullición que provoca la mencionada precipitación de los cloruros.</li><li>• El resultado es indicativo para la porción de hormigón analizado pero puede no ser extrapolable al conjunto por razón de la no homogeneidad en la distribución de los cloruros, especialmente si son de aportación exterior en disolución.</li></ul>	
3. Contenido de sulfatos	
<b>NORMATIVA:</b> UNE-EN 196-2: 1996 Métodos de ensayos de cemento. Parte 2: Análisis químico de cementos	
<b>DESCRIPCION:</b> La combinación de los sulfatos con el aluminato tricálcico, en presencia de agua, provocan la formación de la expansiva etringita, capaz de fisurar el hormigón al poder aumentar su volumen. El contenido máximo de sulfatos que debe tener un hormigón es complicado determinarlo, y depende del tipo de cemento, del contenido, etc. Valores por encima de 0,7% se pueden considerar peligrosos.	
<b>CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ante la ausencia de ensayo específico para hormigón endurecido se recurre al ensayo de determinación de sulfatos en el cemento, que se realizará sobre los restos triturados de una probeta de hormigón endurecido extraída, conservada y refrentada según establece las normas UNE 83302:84, 83303:84 y 83304:84.</li></ul>	

### 1.2.3 Ensayos de Laboratorio

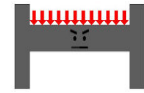


#### ENSAYO: Otros ensayos de laboratorio

Otros ensayos de laboratorio son:

- **Discriminación de óxidos:** Técnica que consiste en determinar la cantidad de cada uno de los óxidos mayoritarios que forman la muestra. Permite obtener los datos necesarios para identificar la naturaleza de la muestra.
- **Difracción de rayos X:** Técnica analítica, empleada en el análisis de muestras de hormigón endurecido, que se basa en la respuesta que cada uno de los compuestos cristalinos de un material pulverizado, al impacto de un haz de rayos X. El resultado es un espectro gráfico que permite obtener el tipo de conglomerante, las fases carbonatadas, los tipos de áridos, las fases cristalinas peligrosas, etc.
- **Análisis térmico diferencial:** Técnica basada en registrar la diferencia entre la temperatura suministrada y leída por una muestra y un material inerte, ambos sometidos al mismo régimen de enfriamiento o calentamiento. Los resultados dan un espectro gráfico basado en la entalpía propia de los distintos cambios de fase de los componentes presentes.
- **Lupa binocular:** Técnica que consiste en observar la muestra mediante un aparato dotado de unas lentes de aumento. Permite identificar los tipos de áridos, hacer estimaciones de la porosidad, etc.
- **Microscopía de lámina fina:** Consiste en examinar mediante un microscopio una muestra previamente preparada. Esta preparación se basa en obtener de la muestra inicial una lámina de pocas micras de grosor, que puede ser observada a distintos aumentos y con luz directa o polarizada. Con esta técnica se pueden conseguir datos fiables del tipo de conglomerante, del tipo de árido, de la presencia de agentes nocivos, etc.

### 1.2.4 Pruebas de servicio



**ENSAYO:** Pruebas de carga

**NORMATIVA:** UNE 7457:1996 Realización de ensayos estáticas de puesta en carga sobre estructuras de piso en edificación. (También se puede recurrir a la ASTM D 1143-81 (Rev. 1994))

**DESCRIPCION:** Son ensayos destinados a determinar de forma experimental las acciones que una determinada estructura de hormigón armado puede soportar en condiciones adecuadas de seguridad. Consisten en aplicar acciones sobre el elemento estructural, generalmente un forjado, para determinar y analizar la respuesta de dicho elemento ante esas acciones a través de la obtención de unas magnitudes (deformaciones, corrimientos, etc.) en una serie de puntos críticos de la estructura.

#### CARACTERISTICAS DEL ENSAYO:

- Solo se pueden realizar pruebas que reproduzcan flexiones, nunca cortante ni compresiones.
- Es un ensayo muy complejo que requiere de un proyecto específico para cada caso y de personal muy especializado.
- El instrumental de medida para la realización de la prueba de carga es muy variado:
  - Comparador. Es el encargado de dar la lectura de la carrera del elemento ensayado, puede alcanzar precisiones de hasta 0,001 mm, y en ocasiones precisan de montajes especiales debido a la posición y geometría de la pieza ensayada (Ej.: puentes, etc.)
  - Transductores. De mayor precisión de transmisión y registro que los comparadores. Consisten en un aparato adosado en un lateral de una viga que lee los corrimientos respecto a un fleje metálico horizontal de referencia.
  - Extensómetros. Permite la medición de las deformaciones para así calcular las tensiones que las han producido.
- La carga es un problema de gran trascendencia técnica y económica; debe ser un material que no produzca variaciones que falseen las acciones aplicadas y por otro lado que su colocación y posterior retirada no suponga un coste excesivo. Se suelen emplear balsas de agua o de arena.
- La prueba debe realizarse previendo que en cualquier momento pueden ocurrir fallos en y que por lo tanto todo el personal debe estar perfectamente protegido respecto a posibles accidentes.

#### FOTOGRAFIA:



Prueba de carga con aplicación puntual sobre un forjado. La carga se aplica mediante un elemento hidráulico o gato cuya presión se varía mediante una aplicación informática conectada a dicho gato.



**1.3 Diagnóstico o dictamen final**

**1.3**

**DEFINICION:** Se trata del informe definitivo que define cuales son los motivos de la enfermedad de la estructura y de que manera hay que intervenir en ella para solucionar el problema: reparación, refuerzo o sustitución. Con los resultados obtenidos en las dos etapas anteriores es ahora cuando se realiza su evaluación e interpretación para comprobar de que manera las patologías de la estructura han afectado a los dos factores básicos de una edificación: la seguridad respecto a la capacidad de carga y a las expectativas de durabilidad en servicio.

**INTERPRETACION Y EVALUACION DE LOS RESULTADOS:**

- Respecto a la seguridad estructural:

La seguridad estructural de cualquier edificación se logra a través de las siguientes acciones:

- Aplicación de unos coeficientes de seguridad.
- Ponderación de las acciones.
- El valor supuesto de las acciones siempre está por encima del valor real.
- El ajuste de dimensionado siempre es superior al dimensionado analítico.
- Una ampliación de la seguridad debido a la comprobación del dimensionado bajo aspectos de servicio (deformaciones).

Cuando una estructura presenta patologías es posible que su seguridad estructural se haya visto reducida, por tanto es labor del técnico plantearse si esta hipótesis es cierta y en que medida afecta. Generalmente cuando las causas de las patologías de la estructura son por defectos de comportamiento estructural (baja resistencia de los materiales, defectos de cálculo o dimensionado, defectos en la ejecución, etc.) resulta obligatorio una evaluación de la seguridad; pero cuando los daños estructurales son por causas ajenas a la propia estructura (presencia de humedades, ambientes agresivos, etc.) no es preciso una evaluación y bastaría con intervenir las zonas que provocan el daño.

La comprobación de la seguridad de la estructura se puede realizar a través de tres métodos distintos:

1. Comprobación analítica: Consiste en un recálculo de los esfuerzos conocidas las características mecánicas de los materiales y los valores de las acciones sobre los elementos estructurales, de forma que en función del dimensionado existente se valora el nivel de seguridad con respecto a la normativa. Este tipo de comprobación es teóricamente la más fiable, pero en la práctica presenta la dificultad de obtener con fiabilidad los datos necesarios mediante los ensayos y métodos explicados en la etapa anterior. Por una parte está la dificultad a la hora de extraer muestras de ciertos lugares inaccesibles, mientras que por otro lado esta el hecho de intentar valorar la representatividad de las muestras con respecto al conjunto que quiere evaluarse.
2. Comprobación experimental: Consiste en la realización de pruebas de carga (ver pág. anterior) sobre elementos estructurales cuya seguridad se quiere evaluar. Es el procedimiento más fiable pero no el más operativo puesto que su coste técnico y económico es elevado; además de que tiene poca representatividad el elemento comprobado con el resto de la estructura.

**1.3 Diagnóstico o dictamen final**

**1.3**

**INTERPRETACION Y EVALUACION DE LOS RESULTADOS:**

3. Comprobación empírica: Esta forma de comprobación es la más operativa pero a la vez la menos fiable. Consiste en aplicar el sentido común a la estructura, de tal forma que si una estructura con diez años de vida útil no ha sufrido lesiones por deficiencias de comportamiento estructural ha demostrado su eficiencia; por tanto sino varían las solicitaciones sobre la misma no es necesario evaluar su seguridad. Quizás esta forma de evaluación resulta extraño al profano pero es la más empleada en los casos normales: si las lesiones de la estructura son por causa ajena a ella, la solución es la intervención sobre la causa y la reparación de los daños de la estructura. Mientras que si las lesiones son por defectos estructurales, estas suelen aparecer en los primeros años de vida y es muy raro que un mal dimensionado, un error de cálculo o un fallo en la ejecución tarden tanto tiempo en manifestarse. Por tanto los elementos dañados que se encuentren bajo esta hipótesis deben ser reparados o sustituidos sin necesidad de la evaluación de la seguridad.

- Respecto a la durabilidad:

La durabilidad de una estructura de hormigón se puede definir como su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y solicitaciones consideradas en el análisis estructural. Para conocer la durabilidad de una estructura con patologías el técnico tendrá que realizar una valoración de la misma en función de los resultados de los ensayos obtenidos en la diagnosis, y en función también de la situación a la que está sometida (tipo de ambiente, resistencia del hormigón, etc.). Para la valoración de la previsión de la vida útil de una estructura se pueden emplear varios métodos:

1. Con base en las experiencias anteriores: Muy en empleado en épocas pasadas pero nada recomendado en la actualidad, se basa en el dicho “si algo funciona bien, hazlo siempre así”; pero sin preocuparse de que puedan existir soluciones mejores que garanticen una vida útil mayor.
2. Con base en ensayos acelerados: Aun sin desarrollar en la actualidad consiste en adoptar ensayos que puedan representar el envejecimiento natural y juzgar mediante modelos matemáticos si esos ensayos se corresponden con la realidad y estimar la vida útil de la estructura.
3. A través de métodos deterministas: Consisten en métodos que permiten representar mediante ecuaciones dependientes del tiempo los mecanismos de transporte de gases, masas e iones a través de los poros del hormigón como la carbonatación o la penetración de cloruros. De forma que se pueda cuantificar de que forma se ha visto afectada en su durabilidad una estructura con patologías.
4. A través de métodos probabilísticas: Consisten en la aplicación de distribuciones probabilísticas como las Gaussianas, tal que definiendo todas las características de una estructura se pueda conocer la probabilidad de que sufra un determinado daño en un periodo de tiempo conocido. Este sistema se puede combinar con los métodos deterministas.

**EJEMPLO DE DICTAMEN FINAL:**

La estructura básica de un dictamen final puede ser la siguiente:

1. Antecedentes: A lo indicado en el informe preliminar se añade el plan de inspección con los ensayos de información complementaria y las modificaciones e incidencias ocurridas en el planteamiento. El informe preliminar puede incluirse en un anexo.
2. Información disponible: A lo indicado en el informe preliminar se le añade toda la recogida con posterioridad: todos los ensayos, medidas, inspecciones, comprobaciones, etc. que se citara de forma resumida, incluyéndolos en su totalidad de forma completa. La información disponible suele ordenarse en apartados independientes quedando los daños claramente reflejados en planos y fotografías.
3. Comprobaciones y revisiones de los cálculos originales de la estructura: Es un apartado fundamental del informe, y que debe ser analizado antes de la toma de decisiones definitiva.
4. Estudio del origen y causa de los daños: Análisis de las causas que provocan las patologías en la estructura.
5. Evaluación de la capacidad resistente frente a estados límites últimos: Establecido el carácter probabilista o determinista de la información obtenida se calculará para cada elemento la variación de la capacidad resistente.
6. Evaluación de la variación de situación frente a estados límites de servicio: Se calcularán los nuevos valores límite de fisuración, deformaciones y valoraciones.
7. Evaluación de las condiciones de durabilidad: Análisis de cómo influyen las condiciones ambientales y las propias características del hormigón en su vida útil.
8. Conclusiones: Son la esencia del informe y deben ser tan claras y precisas que como el problema lo permita. Establecerán:
  - El origen y causas de los daños.
  - Su trascendencia.
  - La evolución previsible.
  - La influencia en la seguridad, funcionalidad y durabilidad de la construcción.
  - La necesidad o no de refuerzos o tratamientos.
9. Recomendaciones: Que pueden incluir:
  - Nivel de riesgo para la utilización de la estructura.
  - Si es preciso el refuerzo establecer el plazo de tiempo en el que la estructura quede sin uso.
  - Orientación acerca de los sistemas de refuerzos posibles, con sus ventajas e inconvenientes.

**BIBLIOGRAFIA**

- **“Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado. Tomo I”** J. Calavera. Instituto Técnico de Materiales y Construcciones.
- **“Patología y terapéutica del hormigón armado”** Manuel Fernández Canovas.
- **“Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado”** Col·legi d’Aparelladors i Arquitectes Tecnics de Barcelona.
- **“Manual de consejos prácticos sobre hormigón”** Asociación nacional española de fabricantes de hormigón preparado (ANEFHOP) y Agrupación de fabricantes de cemento de España (OFICEMEN)
- **“Patología de estructuras”** Juan Pérez Valcárcel.
- **“Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón armado: causas y procedimientos de rehabilitación”**  
Alfonso Cobo Escamilla

## APARTADO 2. INTERVENCIÓN EN UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO

### INTRODUCCIÓN:

Una vez tengamos las conclusiones del dictamen final acerca de las causas de las patologías de la estructura de hormigón, se debe llevar a cabo la intervención sobre dicha estructura para solucionar su problema. La intervención genera una problemática que en ocasiones dificulta la propia intervención:

- Dificultad en la accesibilidad de la obra dentro del edificio.
- La creación de escombros y la dificultad de su elevación.
- La imposibilidad de almacenaje de materiales.
- El tipo de transporte y circulación de materiales dentro de la obra.
- La altura libre de las plantas.
- El tipo de estructura a intervenir.
- Realización de la intervención estando el edificio en servicio, con los usuarios dentro.

Podemos agrupar las posibles formas de intervenir en las estructuras de hormigón en cuatro apartados:

- Actuaciones de urgencia:

Puede suceder que durante la diagnosis observemos que algún elemento estructural se encuentra en una situación límite siendo un riesgo evidente mantenerlo en servicio, por tanto se debe proceder con celeridad y actuar de forma adecuada: el apuntalamiento, y el desalojo del edificio si fuese necesario.

- Prevención y protección:

En ocasiones con aplicar una protección superficial a la porosidad y a las posibles microfisuras del hormigón, de forma que se impermeabilice puede ser suficiente. En algunos casos también puede ser recomendable, siempre que la diagnosis lo permita, no hacer ningún tipo de actuación y plantearse un control periódico de los puntos críticos de la estructura.

- Reparación y refuerzo:

Aquí se engloban los casos en los que una simple protección no resulta suficiente y debemos plantearnos otra solución:

- Saneamiento de la zona afectada y reconstrucción de la misma.
- Reparaciones puntuales mediante inyecciones o rellenos.
- Refuerzos por la pérdida de capacidad mecánica del elemento mediante armaduras o estructuras colaborantes.

- Sustitución:

En aquellas situaciones en las que la pérdida de incapacidad estructural es tal que la sustitución de la estructura por otra nueva. Esta sustitución puede ser física, derribando el elemento degradado para poner otro en su lugar; o solo funcional basado en la anulación de las funciones que realiza el elemento mediante la introducción de nuevos elementos resistentes que asuman los esfuerzos.

De cualquier forma, si la estructura de hormigón armado se puede salvar bien mediante protección superficial, o bien con una reparación o un refuerzo la primera operación que se debe hacer es el saneado de la zona afectada para eliminar dicha zona y dejarla preparada para la intervención propiamente dicha.

**2.1 Preparación o saneado de la superficie del hormigón**

**2.1**

**DEFINICION:** Cuando hay que realizar una reparación o refuerzo en la que es necesario aplicar un material nuevo adherido sobre un hormigón existente, la aplicación debe comenzar con una preparación adecuada de la superficie de dicho hormigón. Esta preparación superficial es imprescindible para obtener uniones eficaces garantizando la adherencia entre el hormigón y el material a unir, eliminar las sustancias contaminantes de la capa de hormigón deteriorado, y en definitiva obtener una reparación durable.

**CARACTERISTICAS:**

Las características superficiales de un hormigón tienen, en general, una gran influencia en la durabilidad y en la adhesión de los materiales que se unan a él. Para conseguir uniones eficaces entre el hormigón y otros materiales es fundamental que su superficie sea sana, fuerte, y limpia de sustancias contaminantes como el polvo, productos de desmoldeo, etc. Una superficie sana y limpia presenta una rugosidad y porosidad natural que permite una absorción rápida de parte de los productos aplicados mejorando la adherencia entre los mismos. Por lo general los hormigones sobre los que se va a intervenir precisan de esta preparación porque:

- Su capa superficial suele ser débil debido a la película más o menos gruesa de lechada superficial que lo recubre.
- Suele tener restos de sustancias como aceites, grasas, siliconas, etc., que dificultan la adherencia.
- Según el ambiente en el que se encuentre el hormigón, estará deteriorado de una u otra forma:
  - Ambiente normal: la superficie y la capa inmediata a esta se encontrará debilitada.
  - Contacto con el agua: la erosión habrá arrastrado componentes de su superficie además de depositar limos en los huecos de la superficie que impedirán la adherencia.
  - Zona de heladas: el empleo de soluciones salinas para evitar la formación de hielo aceleran el debilitamiento de la capa superficial.

**METODOS:**

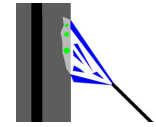
Existen varios métodos de preparación superficial del hormigón entre los que destacan:

- Mecánicos.
- Químicos.
- Térmicos.

La elección de uno u otro método dependerá de diversos factores como:

- Espesor de capa a eliminar.
- Tipo, posición y cuantía de los daños.
- Estado superficial que quiera obtenerse según el tipo de material de reparación o protección se vaya a aplicar.
- Disponibilidad de equipos.

### 2.1.1 Métodos mecánicos



**METODO:** Métodos mecánicos

**DESCRIPCION:** Consisten en los tratamientos superficiales que se le aplican al hormigón para la eliminación de todas las sustancias perjudiciales que puedan mermar la eficacia de la unión del propio hormigón con los materiales de refuerzo o reparación. Los métodos mecánicos que se van a explicar a continuación pueden ser sustituidos por métodos manuales, con un coste y rendimiento más bajo pero que en ocasiones por razones de polvo, ruido o espacio son más adecuados.

#### TIPOS:

##### 1. Chorro de arena:

- Método muy eficaz y rápido que consiste en la aplicación de un chorro de arena a gran presión, en seco o en húmedo, por medio de aire comprimido.
- La arena, que suele ser de sílice muy pura, es proyectada contra la superficie a tratar, a unas siete atmósferas de presión, a través de una boquilla de acero especial. Las superficies tratadas adquieren una rugosidad muy adecuada.
- Inconvenientes: Tiene un elevado coste ya que precisa de equipos especiales, y de protecciones específicas para los operarios a fin de evitar problemas de silicosis y de impactos de partículas.
- No permite eliminar capas de hormigón de espesores mayores de 5 mm., pero si emplearlo como tratamiento de terminación cuando se han utilizado otros sistemas que permitan eliminarlas.

##### 2. Chorro de agua:

- Sistema de funcionamiento similar pero en el que se proyecta agua a presión, dependiendo de la presión del agua tendrá una aplicación u otra:
  - 10 a 40 atmósferas: la superficie queda limpia de partículas sueltas y de vegetación.
  - 40 a 120 atmósferas: la superficie alcanza una rugosidad óptima, además de adquirir una humedad muy conveniente para aplicar hormigón nuevo sobre el ya existente. También es eficaz para hormigones bajo agua, realizando la limpieza buzos u hombres-rana.
  - Hasta 240 atmósferas: el llamado hidro-jet que es capaz de cortar el hormigón si al chorro se le añaden arenas de cuarzo. Es rápido y no produce ni ruidos ni vibraciones; pero su principal inconveniente es que necesita gran cantidad de agua y de abrasivo.

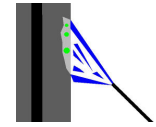
##### 3. Chorro de vapor:

- Ideal para la limpieza de superficies contaminadas por grasas o aceites.

##### 4. Escarificación:

- Método abrasivo que funciona con agujas de diamante o con discos paralelos.
- Es adecuado para además de proceder a la limpieza, eliminar la capa mas gruesa de hormigón que se encuentra contaminada o que es débil, pudiendo llegar a los 5 mm. También se puede emplear para eliminar el óxido de las armaduras.
- La superficie final queda con una rugosidad adecuada para asegurar la unión del hormigón con otro hormigón nuevo colocado directamente o bien mediante adhesivo.

### 2.1.1 Métodos mecánicos



**METODO:** Métodos mecánicos

#### TIPOS:

##### 5. Lijado:

- Método abrasivo que lija la superficie con un disco esmeril.
- Da superficies muy regulares y planas, y también se emplean para cortar o preparar juntas.
- Inconvenientes: es lento y genera mucho polvo, obligando su uso a combinarlo con el de una aspiradora de polvo.

##### 6. Martillos neumáticos:

- Método adecuado no para la limpieza, sino para la eliminación del hormigón dañado.
- Se emplea para descarnar la zona dañada del hormigón quedando superficies muy irregulares. Generalmente antes de proceder al saneamiento de la zona ya descarnada se lleva a cabo un tratamiento superficial del hormigón descubierto por chorro de arena o chorro de agua.
- Inconvenientes: es un método ruidoso, difícil de controlar y que suele crear una capa más o menos débil debajo del hormigón eliminado que puede restar resistencia a la unión con el nuevo material.

#### FOTOGRAFIA:



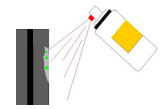
Los sistemas más empleados para el saneado de superficies de hormigón son los distintos tipos de chorros que existen en el mercado. Esta etapa del proceso de reparación del hormigón no presenta mayores dificultades pero debe hacerse con la máxima atención, ya que la mayoría de los problemas que presentan las reparaciones son debidos a una ejecución defectuosa de esta labor.



El funcionamiento de los distintos tipos de chorro empleados para la limpieza superficial se basa en las denominadas hidrolimpiadoras. Consiste en un motor eléctrico o de gasolina sobre remolque o plataforma que es capaz de generar una elevada presión. Esta presión expulsa el agua o la arena a través de una manguera que finaliza en una boquilla donde se regula el caudal de salida.



### 2.1.2 Métodos químicos



**METODO:** Métodos químicos

**DESCRIPCION:** Este sistema de limpieza superficial consiste en un ataque por medio ácido, de forma que aplicado sobre el hormigón es capaz de eliminar la capa superficial de lechada quedando una microrugosidad muy adecuada para la aplicación de pintura o de adhesivos. Es un método rápido y económico, pero no muy recomendable para hormigón armado o pretensado puesto que el ácido puede penetrar más profundamente de lo deseado dando lugar a un debilitamiento del sustrato además de provocar corrosión en las armaduras.

#### CARACTERISTICAS DEL METODO:

- Se emplea ácido clorhídrico rebajado con agua al que se le añade un inhibidor de corrosión.
- Se aplica sobre la superficie mediante un pulverizador. El ácido reacciona con los compuestos alcalinos del cemento hidratado y toman un color verdoso acompañado de efervescencias. El ataque tiene una duración de unos cuatro minutos, y si con un rociado la superficie no queda limpia se pueden aplicar dos o tres proyecciones de ácido.
- Antes de la aplicación del ácido se satura la superficie de agua para que el ataque del ácido solo afecte a una capa de espesor reducido.
- Una vez se aplica el ácido se procede al cepillado de la superficie con un cepillo de raíces. Una vez el ácido ha finalizado la reacción se realiza un lavado enérgico con agua a presión para eliminar todas las partículas, restos de ácido, etc. que queden en la superficie.
- Aunque es un sistema económico, presenta cierta peligrosidad para los operarios puesto que existe el riesgo de proyecciones de ácido, o de inhalación de gases tóxicos.

#### FOTOGRAFIA:



Este método de saneado de la superficie se suele emplear sobre superficies horizontales de hormigón como pavimentos industriales no armados, o en zonas donde no se puede producir polvo. Pero en estructuras de hormigón es conveniente sustituirlo por los otros métodos estudiados en este apartado debido a la mayor seguridad que presentan.

### 2.1.3 Métodos térmicos



**METODO:** Métodos térmicos

**DESCRIPCION:** Se basan en la aplicación de elevadas temperaturas ( $>1500^{\circ}\text{C}$ ) que funden el hormigón. Realmente más que métodos de preparación superficial se pueden considerar como de corte y demolición del hormigón. La lanza térmica u oxicorte es el sistema empleado cuando se trata de cortar espesores de hormigón superiores a los 50 cm. Es sencilla de manejar, rápida, precisa y con un costo más reducido que los anteriores métodos.

#### CARACTERISTICAS DEL METODO:

- Esta formada por un tubo de acero de bajo contenido en carbono por el que pasa una corriente de oxígeno a presión procedente de una botella dando una llama cuya temperatura puede alcanzar los  $3200^{\circ}\text{C}$ . La pared de hormigón alcanza los  $1500^{\circ}\text{C}$  con lo que una pared se funde y la otra se disgrega como consecuencia del choque térmico producido.
- El corte se realiza mediante perforaciones próximas unas a otras siguiendo la línea previamente definida, después basta con aplicar presión o usar un martillo para que se desprenda toda la parte cortada dado que el espacio existente entre las diferentes perforaciones está formado por hormigón deshidratado que ha soportado temperaturas superiores a  $500^{\circ}\text{C}$  y que por tanto es débil.
- La lanza térmica no produce ruidos, es preciso y no genera vapores tóxicos. Pero si que precisa protecciones en la cara, el cuerpo y en las manos a los operarios que la empleen.
- Es de gran aplicación en la reparación de suelos, como los de la industria alimentaria, que suelen estar en contacto permanente con el agua.

#### FOTOGRAFIA:



Ventajas del uso de la lanza térmica:

- Elimina el óxido, la costra de laminación y las capas de cascarilla de forma económica.
- Las superficies tratadas garantizan una excelente adherencia para todo tipo de recubrimiento.
- Mejora la resistencia a la corrosión.
- Elimina viejas capas de pintura y recubrimiento, suciedades de grasas y aceites, etc.

## 2.2 Protección superficial del hormigón

2.2

**DEFINICION:** Una vez la superficie dañada ha sido saneada con alguno de los métodos explicados en la etapa anterior, nos podemos encontrar con dos situaciones:

- La patología no es grave y la aplicación de una protección superficial es suficiente.
- La patología es grave y precisa de una reparación en toda regla, o incluso un refuerzo.

En esta etapa se comentará la primera de las dos situaciones, que es típica de aquellos hormigones que por su diseño, su ejecución o por el tipo de material que lo constituye no es todo lo resistente e impermeable que debiera; provocando que su superficie sea una puerta abierta a los ataques del medio ambiente, más aun si dicho ambiente es agresivo como el industrial o el marino. Por tanto el objetivo de las técnicas y de los materiales de protección superficial es la de impermeabilizar al hormigón para impedir la entrada de agua, oxígeno, anhídrido carbónico y soluciones salinas; así como la de darle un aspecto estético uniforme.

### **MATERIALES DE PROTECCION SUPERFICIAL:**

Los productos que se pueden emplear para la protección superficial del hormigón se pueden clasificar en:

- Pinturas y sellantes.
- Hidrófugos.
- Obturadores de poros.
- Revestimientos de gran espesor.

Mientras que los requisitos que deben cumplir dichos materiales los podemos resumir en:

- Profundidad de penetración: cuanto más penetre el material en el hormigón más lo protegerá.
- Absorción de agua: el revestimiento debe impedir la entrada de agua al hormigón.
- Permeabilidad al vapor de agua: cuando el hormigón posea humedad interna el material protector debe permitir que el hormigón “respire” a fin de que expulse el vapor de agua existente en él e impida la creación de tensiones bajo la superficie del material aplicado.
- Penetración de iones cloro: Deben prevenir la entrada de iones cloro al interior del hormigón a fin de evitar la corrosión de armaduras.

No todos los materiales cumplen al máximo con todos estos requisitos, existiendo unos buenos en unas facetas pero malos en otras. El material idóneo es el que posea mayor grado posible las características anteriormente mencionadas.

### **METODOS DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION:**

La aplicación del producto es tan importante como la preparación de la superficie y la selección correcta de dicho producto. El objetivo básico de la aplicación es lograr la mayor homogeneidad posible, y los mejores sistemas para alcanzarlo son:

- Pulverización.
- Aplicación a brocha.
- Aplicación con rodillo.

### 2.2.1 Pinturas y sellantes



**PROTECCION:** Pinturas y sellantes

**DESCRIPCION:** Las pinturas y barnices son productos impermeabilizantes de protección que crean una película continua y semiflexible sobre la superficie del hormigón, que actúa como barrera de baja permeabilidad a gases, a agua y a vapor de agua. Esta película es lisa y con poros de abertura inferior a 0,1 mm., lo que a veces obliga a tener que dar previamente a la aplicación una capa de preparación de superficies a base de sellante o tapaporos que debe ser compatible con el hormigón y con la pintura o barniz que se va a aplicar. La mayoría no es capaz de absorber eventuales fisuraciones posteriores de la estructura ya que producen la rotura de la película.

#### CARACTERISTICAS:

- Las principales características de este tipo de pinturas son:
  - Reducción de la carbonatación.
  - Reducción de la lixiviación.
  - Reducción de la permeabilidad y difusividad de sales solubles.
  - Reducción de la aparición de moho y del crecimiento de hongos y bacterias.
- Por otra parte las pinturas y sellantes deben garantizar las siguientes cualidades:
  - Resistencia a la intemperie.
  - Resistencia a la degradación por la acción de los rayos ultravioletas.
  - Resistencia mecánica a pequeños impactos y ralladuras.
  - Resistencia a los cambios térmicos.
  - Poseer estabilidad química en relación a hormigón, de forma que eviten la aparición de eflorescencias, saponificación, etc.
- Los principales inconvenientes del uso de pinturas y barnices son:
  - No permiten el secado del hormigón húmedo.
  - Los barnices incoloros y opacos alteran el aspecto original del hormigón confiriéndole brillo a la superficie.
  - Requieren superficie uniforme y homogénea, no son por tanto adecuados para superficies de hormigón obtenidas con encofrados rugosos.
- La diferencia entre barnices y pinturas es que, aun teniendo la misma composición, los primeros no poseen pigmentos siendo por tanto incoloros.
- La diferencia entre pinturas y sellantes esta en el mayor poder de penetración en el hormigón de los segundos. Mientras las pinturas alcanzan unos 2 mm. como máximo, los segundos son capaces de llegar hasta los 20 mm, lo que les hace ser más eficaces.
- Las pinturas y sellantes que lleven disolventes tienen menor eficacia ya que el disolvente tiende a evaporarse una vez aplicado haciendo que la capa sea más permeable.
- Las pinturas y sellantes deben poseer suficiente elasticidad para permitir pequeños movimientos de abertura de las fisuras, hasta 0,2 mm, sirviendo de puente de fisuras.

**2.2.1 Pinturas y sellantes**

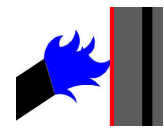


**PROTECCION:** Pinturas y sellantes

**NATURALEZA DE LAS PINTURAS DE PROTECCION:**

NATURALEZA Y CARACTERISTICAS DE LA RESINA	TIPO DE CURADO	CLASIFICACION SEGÚN EL VEHICULO	ESPESOR DE LA PELICULA SECA (mm)	APLICACIONES COMUNES
Epóxica bicomponente	Reacción con el componente endurecedor	Base solvente	0,002 a 0,005	Pavimentos industriales, superficies interiores y tanques de agua potable
Epóxica bicomponente	Reacción con el componente endurecedor	Exenta de solvente	encima de 1,5	Tanques y superficies interiores con ataque químico, tuberías
Epóxica bicomponente	Reacción con el componente endurecedor	Emulsionada en agua	0,040 a 0,120	Áreas en industrias alimentarias, pavimentos industriales y superficies interiores
Poliuretano alifático bicomponente	Reacción con el componente endurecedor	De base solvente	0,025 a 0,075	Anticarbonatación, y áreas internas o externas de alta resistencia química
Poliuretano alifático bicomponente	Reacción con la humedad atmosférica	Libre de solvente	0,500 a 2,000	Alta resistencia a la abrasión en pavimentos industriales
Poliuretano alifático bicomponente	Simple evaporación del solvente	De base solvente	0,125 a 0,150	Pavimentos industriales, antideslizante, y áreas interiores y exteriores
Vinílica	Simple evaporación del solvente	De base solvente	0,025 a 0,070	Alta resistencia química pero con baja resistencia a disolventes
Goma clorada	Simple evaporación del solvente	De base solvente	0,100 a 0,300	Anticarbonatación, resistencia abrasión, humedad, álcalis. Pavimentos
Acrílico	Simple evaporación del solvente	De base solvente	0,020 a 0,250	Anticarbonatación, resistencia fotodegradación
Acrílico	Simple evaporación del agua	Emulsionada en agua	0,040 a 0,700	Anticarbonatación, resistencia fotodegradación
Estireno-acrílico	Simple evaporación del solvente	De base solvente	0,020 a 0,200	Anticarbonatación, baja resistencia intemperie
Epoxi-poliuretano	Reacción con los componentes endurecedores	De base solvente	0,100 a 0,250	Anticarbonatación, y pinturas exteriores con alta resistencia química

**2.2.2 Hidrófugos**



**PROTECCION:** Hidrófugos

**DESCRIPCION:** Los hidrófugos son productos que aplicados en la superficie de hormigón forman una película muy fina que se adhiere a ella sin cerrar los poros, produciendo una repulsión del agua e impidiendo que esta sea absorbida por el hormigón en poros de hasta 3 mm. de abertura. Estos productos cambian el ángulo de contacto de las partículas de agua con la superficie de la película de producto aplicado haciéndolo mayor de 90° y dando lugar a que el agua no moje la superficie del mismo sino que forme una gota esférica que tendera a desprenderse por resbalamiento en cuanto este en una superficie vertical o inclinada.

**CARACTERISTICAS:**

- Las principales características de los hidrófugos:
  - Reducción de la capacidad de absorción de agua de las superficies de hormigón.
  - Reducción de la permeabilidad a las sales solubles.
  - Permitir el paso del vapor de agua del interior al exterior facilitando el secado.
  - No alteran el aspecto estético de la superficie.
  - Resistencia a la fotodegradación por los rayos ultravioletas.
  - Se pueden aplicar sobre superficies rugosas.
- Respecto a los inconvenientes acerca de la durabilidad:
  - Reducen la carbonatación, pero no la impiden.
  - No impiden la penetración de agua, gases o vapores sobre presión.
  - Reducen la lixiviación, pero no la impiden.
- Los productos más empleados son las siliconas orgánicas formadas por polímeros en cuya molécula entran átomos de silicio, oxígeno e hidrógeno y que se emplean diluidos en agua o disueltos en un disolvente orgánico que al evaporarse deposita el polímero en las superficies de los poros.

**NATURALEZA DE LOS HIDROFUGOS:**

DENOMINACION	NATURALEZA DEL PRODUCTO	CARACTERISTICAS
Silicona de base agua (siliconatos)	Metilsiliconato Propilsiliconato de potasio	Sensible a la alcalinidad, puede presentar manchas blancas, baja durabilidad, exigen sustrato seco.
Silicona de base solvente (resina de silicona)	Alquilpolisiloxanos Solventes orgánicos	Mayor resistencia a la alcalinidad, exigen sustrato seco.
Silano de base solvente	Alcoxisilanos	Elevada penetración, moléculas menores, exigen sustrato levemente húmedo o seco; volátiles, adecuados para hormigones compactos.
Siloxano oligomérico de base solvente	Alquilalcoxisiloxanos oligoméricos Solventes orgánicos	Elevada penetración, exigen sustrato levemente húmedo, poco volátiles.
Siloxano polimérico de base solvente	Alquilalcoxisilano polimérico Solventes orgánicos	Pequeña penetración, moléculas grandes, exigen sustrato seco. Poco volátiles.

### 2.2.3 Otros sistemas de protección



**PROTECCION:** Obturadores de poros y revestimientos gruesos

#### 1. Obturadores de poros


**DESCRIPCION:** Son productos que penetran en los poros y reaccionan con los componentes existentes en el hormigón. Entre los más empleados destacan:

- Silicatos y fluosilicatos: reaccionan con la cal liberada en la hidratación del cemento dando lugar a un gel de silicato o un fluosilicato de cal insoluble.
- Fluosilicato de sodio y potasio (vidrio líquido): se introduce hasta el fondo de las fisuras o poros abiertos reaccionando con la cal liberada y dando lugar a la formación de fluosilicato calcico insoluble que cierra la fisura de dentro hacia fuera, recuperando gran parte de las resistencias mecánicas del hormigón.
- Resinas epoxi y acrílicas: penetran en los poros y forman compuestos insolubles dentro de ellos. Además dan lugar a un endurecimiento superficial del hormigón.

#### 2. Revestimientos gruesos

**DESCRIPCION:** Estos revestimientos se emplean como protección del hormigón cuando también ha de estar sometido a acciones mecánicas o químicas como en depósitos de hormigón destinados a contener líquidos a presión, o de alta agresividad química; o cuando existe una abrasión mecánica como puede ser el roce de material granular o pulverento. Algunas consideraciones acerca de este sistema son:

- Los materiales más empleados son: de base bituminosa, asfálticas, vinílicas, neopreno, clorocaucho, morteros epoxi, poliéster, cementos especiales, fenólicos, furánicos, etc.
- El comportamiento de estos revestimientos está condicionado por los agresivos químicos y las acciones mecánicas que actúen sobre ellos así como por la formulación que tengan.
- Los usos más comunes son:
  - Suelos industriales.
  - Tableros de puentes.
  - Depósitos destinados a almacenar líquidos ligeramente agresivos como vinos, aceites, leche, etc.
  - Naves destinadas a almacenar productos químicos sólidos, etc.

<b>2.2.4 Aplicación de los sistemas de protección</b>	
<b>METODOS:</b> Pulverización, brocha y rodillo	
<b>DESCRIPCION:</b> La correcta aplicación del sistema de protección es tan importante como la preparación de la superficie y la selección correcta del sistema. El objetivo fundamental a la hora de aplicar un sistema de protección es alcanzar la homogenización del producto, y en el caso de productos bicomponentes utilizar la totalidad del conjunto recogiendo el material adherido del fondo de los envases y mezclándolo en su totalidad.	
<b>METODOS DE APLICACION:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <u>Pulverización</u>: son muy empleados para la aplicación de la pintura en grandes áreas. Respecto a las propiedades físicas del producto son adecuados para la pulverización los materiales de viscosidad media y tixotrópicos. Existen dos métodos de pulverización:<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sistema convencional: mediante diferentes tipos de pistolas y mezclas, que permiten un gran número de combinaciones para variados tipos de pintura.</li><li>➤ “Airless”: consiste en una pistola que expulsa la pintura por medio de presión hidráulica. Es un sistema rápido, sencillo, ideal para la aplicación de hidrófugos y adecuada para grandes trabajos.</li></ul></li><li>2. <u>Aplicación a brocha</u>: se emplea para dar la primera mano de pintura de imprimación para facilitar la posterior colocación de la pintura. Se emplea en áreas pequeñas y las brochas más usadas son las de sección rectangular de nylon, siendo la de 10 cm. la de tamaño ideal.</li><li>3. <u>Aplicación con rodillo</u>: se emplea en superficies planas uniformes. Destaca por su rapidez y por su facilidad en techos y paredes.</li></ol>	
<b>CAUSAS DE DETERIORO DE LA PROTECCION:</b> <p>Las causas más comunes de deterioro de los sistemas de protección son:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Incorrecta selección del sistema. Es común la aplicación de pinturas donde se precisa un hidrofugante; o el uso de sistemas incompatibles con las sollicitaciones que la superficie soporta.</li><li>• Condiciones meteorológicas inadecuadas. Se debe aplicar la protección en el periodo mas seco. Se evitaran humedades elevadas y temperaturas fuera del intervalo de 10°C y 50°C.</li><li>• Tratamiento inadecuado del sustrato. La aplicación del sistema de protección sobre superficies polvorientas, sucias de aceite, etc. dificulta el curado de la superficie.</li><li>• Insuficientes manos de pintura. Lo habitual es realizar tres o más manos de aplicación.</li><li>• Dilución excesiva de la formulación. Esto provoca la reducción de la adherencia de la pintura al sustrato y el aumento de su porosidad, lo que implica una reducción significativa de la protección contra la penetración y paso de agentes agresivos. Para evitar esto es preciso realizar un sistemático control de calidad en la recepción y posterior aplicación de los productos.</li><li>• Mala calidad en la formulación. Caracterizar la formulación y realizar ensayos previos es fundamental para separar productos buenos y malos.</li></ul>	



**2.2.4 Aplicación de los sistemas de protección**



**METODOS:** Pulverización, brocha y rodillo

**PATOLOGIAS DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION:**

PATOLOGIA	CAUSA	EDAD DE APARICION	FORMA DE CORREGIR
Eflorescencia	Sustrato húmedo o agua de infiltración	1 mes o en cualquier momento	Retirar la pintura, eliminar la causa de la infiltración y secar el sustrato antes de repintar
Saponificación	Sustrato muy alcalino	1 a 6 meses	Retirar la pintura, aplicar un lavado con solución ácida y repintar
Escurridos y manchas	Agua de lluvia	1 día	Lavar la pintura o barniz y repintar si es necesario
Ampollas	Sustrato húmedo, osmosis o agua de infiltración	1 a 2 meses	Retirar la pintura, eliminar la causa de la infiltración y secar el sustrato antes de repintar
Disgregación y desconchamientos	Intemperie, sustrato con ausencia de curado	Cualquier momento o en 1 mes	Rectificar la formulación del producto. Repintar la pintura, aplicar solución de metasilicato de sodio y repintar
Decoloración	Acción ultravioleta	6 meses	Rectificar la formulación del producto
Exfoliación	Exceso de dilución, mala preparación del sustrato	2 meses	Eliminar la causa y preparar el sustrato antes de repintar
Hongos	Humedad elevada, ausencia de fungicida en la formulación	2 meses	Eliminar la causa de humedad y corregir la formulación del producto

**FOTOGRAFIA:**



Impermeabilización de una superficie de hormigón mediante pulverización. Este sistema permite obtener una membrana continua, con gran adherencia y resistencia a los agentes exteriores.



Aplicación de un sistema de protección en un pilar mediante el empleo de rodillo. Este sistema destaca por su fácil empleo y por su rapidez.

### 2.3 Reparación y refuerzo de la estructura

2.3

#### DEFINICION:

Cuando la acción de los elementos agresores sobre el hormigón ha sido tan importante que la protección de la superficie no es suficiente nos debemos plantear otro tipo de actuaciones para solucionar el problema. Las actuaciones que se estudian en este apartado son:

- Reparaciones superficiales. Son deterioros de la superficie como coqueras o rotura de aristas que no tienen gravedad estructural pero pueden suponer una puerta abierta a los agentes agresivos.
- Reparación de fisuras. Una de las lesiones más habituales en el hormigón son la aparición de fisuras o grietas de diferentes tamaños y causas, que no implican peligro estructural. El relleno o inyección de estas fisuras resulta imprescindible para acabar con ellas.
- Refuerzo. Es la situación que se produce cuando hay que mejorar la capacidad resistente y las condiciones de seguridad de la estructura. Las causas más comunes que pueden provocar la necesidad de refuerzo son:
  - Aumento de las cargas portantes.
  - Errores en el proyecto.
  - Errores en la ejecución de la estructura: hormigón con insuficiente resistencia, armaduras cortadas por bajantes, mala interpretación de planos, etc.
  - Accidentes de la estructura: choques, explosiones, etc.
  - Cambios en el esquema estructural: cambios de uso.

#### MATERIALES DE REPARACION Y REFUERZO:

Los productos que se pueden emplear para la reparación y el refuerzo del hormigón se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- De base inorgánica. Son los que están compuestos de cemento, pudiendo dividirse en dos grandes grupos: los tradicionales que se basan en el empleo del cemento Portland, y los no tradicionales que pueden emplear cemento Portland, aluminoso, mezclas de ambos, etc.
- De base orgánica. Están basados en resinas o polímeros como las epoxídicas, poliéster, poliuretanos, etc. Se pueden presentar en muy diversas formas: morteros, masillas, etc.
- De base mixta. Son materiales que tienen por base cementos inorgánicos, generalmente Portland, y polímeros, normalmente termoplásticos.

Mientras que los requisitos que deben cumplir los materiales a emplear en reparaciones y refuerzos son:

- Tener mayor durabilidad que el material estructural existente.
- Proteger el acero mejorando la alcalinidad del medio que lo rodea haciéndolo impermeable.
- Tener una estabilidad dimensional adecuada con una mínima retracción y fluencia.
- Presentar una buena adherencia tanto con el acero como con el hormigón.

**2.3 Reparación y refuerzo de la estructura**

**2.3**


**ELECCION DEL MATERIAL:**

Los factores que influyen a la hora de elección de un material podemos resumirlos en los siguientes:

- Compatibilidad con los componentes del hormigón. Se debe evitar emplear productos que puedan reaccionar con la cal liberada o con alguno de los componentes hidratados del cemento pudiendo provocar reacciones de carácter expansivo o lixiviables.
- Solicitaciones mecánicas a las que va a estar sometido. Se deben emplear productos que puedan soportar las acciones a las que va a estar sometido.
- Solicitaciones físico-químicas o térmicas a las que va a estar sometido. Cuando el hormigón a reparar esta expuesto a cualquier tipo de acción de este tipo como abrasión, heladas, agresividad química, se debe seleccionar el producto que sea capaz de soportar dichas acciones.
- Condiciones de humedad y temperatura. Las condiciones de humedad y temperatura del ambiente y del soporte obliga a elegir el producto adecuado ya que hay materiales que no pueden aplicarse sobre superficies húmedas o se deterioran bajo temperaturas muy altas o muy bajas.
- Extensión y grado de daños. No todos los materiales permiten ser aplicados en grandes masas, bien por su precio o bien ser muy exotérmicos en sus reacciones de hidratación o polimerización.
- Espesor de la capa a aplicar. Existen productos que en espesores grandes sufren reacciones excesivamente exotérmicas.
- Resistencia del hormigón a reparar. Según la capacidad mecánica que aun posea el hormigón dañado se debe elegir entre uno u otro material.
- Lugar de aplicación. Según se trate de aplicaciones superficiales, inyecciones, relleno de anclajes, aplicaciones en interiores, etc. se debe elegir uno u otro material.
- Tiempo disponible para la aplicación. Existen reparaciones que exigen alcanzar resistencias a muy corto plazo a fin de que entre en servicio el elemento en el tiempo mas corto posible.
- Coste de los diferentes sistemas de aplicación.

El siguiente cuadro orientativo explica cuales son las aplicaciones más adecuadas para los diferentes materiales y productos que se estudiaran en el apartado siguiente:

MATERIAL	DESPRENDI MIENTOS	SELLADO DE FISURAS	REPARACION DE GRIETAS	ADHESIVOS DE AYUDA
Hormigonado, gunitado, morteros de cemento	SI (e>25mm)			
Morteros modificados con polímeros	SI (e=12-25mm)			
Morteros epoxi	SI (e=6-12mm)			
Morteros de poliéster	SI (e=6-12mm)			
Resinas epoxi especiales al agua				SI
Emulsiones acrílicas		SI		SI
Resinas baja viscosidad, poliéster, acrílicas, etc		SI		
Resinas baja viscosidad, epoxi			SI	

<p><b>2.3.1 Materiales de reparación y refuerzo</b></p>	
<p><b>TIPO DE MATERIAL:</b> Base inorgánica</p>	
<p>1. Morteros y hormigones tradicionales</p>	
<p><b>DESCRIPCION:</b> El mortero y el hormigón tradicional están formados por una mezcla homogénea de un conglomerante de tipo inorgánico, como es el clinker Portland, áridos, agua y eventualmente aditivos, adiciones y en algunas situaciones fibras de distinta naturaleza. La diferencia entre el mortero y el hormigón esta en que la mezcla del mortero tiene áridos menores a 5 mm., mientras que el hormigón es la misma mezcla a la que se la añaden áridos mayores a 5 mm., pero que casi nunca sobrepasan los 20 mm. Este tipo de morteros y hormigones se emplea a menudo sin adoptar ninguna precaución especial a pesar que la experiencia demuestra que no preparar el soporte adecuadamente o no prever el cambio volumétrico que sufre en el endurecimiento dificulta la unión entre el nuevo hormigón y el ya existente.</p>	
<p><b>COMPONENTES:</b></p> <p>Los morteros y hormigones tradicionales están formados por los siguientes elementos (ver Cáp. I. Apto.2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Cemento</u>: Se emplearán los Portland con o sin adiciones como establece la RC-03 y la EHE. Para los trabajos de reparación se emplean los cementos de la serie I y II, aunque en reparaciones rápidas que no afecten a la estructura se puede usar el cemento aluminoso VI.</li> <li>• <u>Áridos</u>: Los áridos empleados cumplirán todas las especificaciones que establece la EHE. En las reparaciones y refuerzos se suelen emplear los mismos áridos que se emplean en hormigones de construcción nueva. Generalmente nunca se usan áridos de tamaño máximo superior a 10 mm.</li> <li>• <u>Agua</u>: El agua de amasado y curado cumplirá las especificaciones que establece la EHE.</li> <li>• <u>Aditivos</u>: Igualmente cumplirán las especificaciones que establece la EHE. En los hormigones de reparaciones es común el empleo de aditivos con el fin de mejorar algunas propiedades del hormigón, los más empleados son:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Superfluidificantes. Permiten obtener hormigones dóciles, con consistencias bajas, que se colocan muy bien en espacios reducidos.</li> <li>➤ Retardadores/acelerantes de fraguado. Para modificar el tiempo de colocación de la masa.</li> </ul> </li> <li>• <u>Adiciones</u>: Cumplirán las especificaciones de la EHE. Se emplean las cenizas volante y el humo de sílice para mejorar algunas características así como permitir realizar reparaciones en contacto con el agua de mar o con aguas muy puras.</li> <li>• <u>Fibras</u>: Para mejorar las propiedades mecánicas, reducir la fisuración o el efecto de los impactos a los hormigones se les puede añadir fibras que mejoran su comportamiento. Destacan:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ De acero. Pueden ser de acero inoxidable, galvanizado o de bajo contenido en carbono; y su empleo mejora la resistencia, y reduce la fisuración y desgaste. Su uso exige incrementar un 20% el contenido de la mezcla y limitar el tamaño máximo de los áridos a 20 mm.</li> <li>➤ De polímeros. Controlan la fisuración y aumentan la tenacidad.</li> <li>➤ De vidrio. Se emplean en pequeñas reparaciones superficiales por su coste elevado.</li> </ul> </li> </ul>	

### 2.3.1 Materiales de reparación y refuerzo



**TIPO DE MATERIAL:** Base inorgánica

#### CARACTERÍSTICAS:

Las características de los hormigones y morteros tradicionales empleados en reparaciones dependen mucho del cemento empleado, de la relación A/C, del tipo de árido y del proceso de ejecución que se haya llevado a cabo. Algunas características a tener en cuenta de este tipo de hormigones y morteros son:

- La resistencia a compresión puede estar entre 20 y 50 N/mm<sup>2</sup>. Pero es recomendable que el hormigón de reparación sea de resistencia superior al dañado. Lo usual es que sea 5 N/mm<sup>2</sup> más resistente.
- El control de calidad de estos morteros y hormigones debe ser intensivo.
- El curado del hormigón resulta fundamental para evitar fisuras posteriores.
- Se emplearán aditivos cuando se desean consistencias adecuadas y retracciones más reducidas.

#### APLICACIONES:

Los morteros y hormigones tradicionales son el material más empleado en trabajos de reparación y refuerzo de elementos estructurales como: recrecidos, parcheos, sustitución de hormigón dañado, etc.

#### FOTOGRAFIA:



La aplicación de los morteros y hormigones tradicionales en la reparación y refuerzo de hormigones dañados se realiza generalmente de forma manual mediante llana. En estos trabajos para mejorar la adherencia del hormigón de refuerzo se puede recurrir al empleo de resinas epoxi o emulsiones de polímeros aplicados sobre la superficie previamente preparada del hormigón existente.



Las fibras que se añaden al hormigón se presentan en forma de cordones constituidos por fibrillas que durante su amasado se dispersarán en varios millones de fibras elementales repartidas de forma homogénea y tridimensional, en la masa del hormigón. Su empleo, sencillo y eficaz, permite sustituir el uso de mallazo anti fisuración; y mejora la resistencia a los choques y abrasión, a la corrosión, etc.

### 2.3.1 Materiales de reparación y refuerzo

**TIPO DE MATERIAL:** Base inorgánica



## 2. Morteros y hormigones proyectados

**DESCRIPCION:** El hormigón y mortero proyectado es un material formado por una mezcla de cemento, agua, árido de tamaño reducido, y si lo precisa adiciones, aditivos o fibras. La característica básica de este material es que en su aplicación se lanza a presión a través de una boquilla sobre la superficie soporte. Según sea el momento en el que se le añade el agua a la mezcla se distinguen:

- Vía seca: el cemento y el árido se mezclan en una amasadora en seco, y esta mezcla se introduce en la máquina de proyectar por medio de aire comprimido a lo largo de una manguera flexible. En la boca de esta manguera se incorpora el agua, la entrada de agua la regula el operario, a través de un anillo difusor. Si emplean aditivos se añaden en la amasadora en seco, o en estado líquido junto al agua en la boquilla. Mientras que si se emplean fibras se añaden en la amasadora.
- Vía húmeda: el agua ya va incorporada al resto de componentes cuando se hace la mezcla en la amasadora, saliendo por la boquilla después de recorrer la manguera mediante aire comprimido.

De los dos sistemas, el de vía seca es el más empleado porque el equipo es más manejable y de menor costo. Ambos sistemas permiten realizar capas delgadas de hormigón con una adherencia buena dando lugar a revestimientos protectores frente a la corrosión y restaurando hormigones dañados por abrasión, incendios, etc. Cuando el hormigón proyectado se emplea con áridos inferiores a 5 mm. se le denomina hormigón gunitado, que es el de más empleo en la reparación de las estructuras.

### COMPONENTES:

Los morteros y hormigones proyectados están formados por los siguientes elementos:

- Cemento: Se pueden emplear los mismos cementos usados para los morteros y hormigones tradicionales. Dependiendo de la función que vayan a desempeñar tendrán una composición u otra (Ej.: en refractarios es adecuado el cemento aluminoso, en bajas temperaturas se recomienda dosificaciones altas, etc.)
- Áridos: Los áridos empleados cumplirán todas las especificaciones que establece la EHE. La granulometría vendrá determinada por la máquina de proyectar y sus características como el diámetro de la boquilla, el cañón o la presión que realizan. Por otra parte otros factores que influyen en el tamaño máximo del árido son el espesor de la capa, el diámetro de las barras de armado, etc. Generalmente el tamaño más empleado es el de 10 mm.
- Agua: El agua de amasado y curado cumplirá las especificaciones que establece la EHE.
- Adiciones: Se emplean las cenizas volantes y el humo de sílice según establece la EHE.
- Fibras: Para mejorar ciertos comportamientos se pueden emplear fibras de acero o plástico. Cuando se usen es recomendable aumentar el contenido de cemento en un 20%, emplear áridos de tamaño máximo inferior a 10 mm, y limitar la cantidad máxima de fibras al 5% sobre el peso del hormigón fresco.

### 2.3.1 Materiales de reparación y refuerzo



**TIPO DE MATERIAL:** Base inorgánica

#### COMPONENTES:

- Aditivos: Igualmente cumplirán las especificaciones que establece la EHE. Con este sistema de aplicación resulta imprescindible el empleo de aditivos como los acelerantes, aireantes o reductores de agua para poder lograr resistencias iniciales altas, lograr una buena impermeabilidad en capas de reducido espesor y reducir el efecto rebote al impactar la mezcla proyectada contra la superficie. La introducción de los aditivos en la mezcla cuando se trate de vía seca se puede realizar en polvo o en estado líquido cuando se añade el agua a la boquilla. Mientras que cuando se emplea la vía húmeda los aditivos se disuelven junto al agua de la mezcla, salvo los acelerantes que se adicionan en la boquilla.
- Armaduras: En algunas aplicaciones se puede añadir a las capas proyectadas una malla electrosoldada de Ø5mm que se coloca a unos 2,5 cm. de la superficie de hormigón existente, y se posiciona por medio de anclajes y espaciadores. También es común el empleo de tela de gallinero en sustitución del mallazo de acero.

#### CARACTERISTICAS:

- La puesta en obra del hormigón proyectado exige el saneado previo del soporte, y la primera capa que se proyecta será rica en cemento y árido fino para evitar el rechazo del árido grueso que se produciría si proyectase directamente contra el soporte de hormigón.
- Es hormigón proyectado es preferible frente al tradicional por ser más económico con respecto a aplicaciones de hasta 150 mm. de espesor.
- Las capas proyectadas son de espesores reducidos, entre 3 y 5 mm., superponiéndose capas cuando se requieren espesores mayores.
- Las características principales de este tipo de hormigones son:
  - Buena adherencia sobre diferentes tipos de soporte.
  - Elevada compacidad debido a la alta velocidad a la que se proyecta, y la baja relación A/C, hecho que mejora las resistencias y la impermeabilidad.
  - Sencilla puesta en obra que permite reducir el empleo de encofrados y moldes.
- Para capas de pequeño espesor no precisa moldes ni encofrados, pudiendo aplicarse en superficies con cualquier ángulo de inclinación. Cuando la aplicación se realiza sobre elementos estructurales de sección rectangular, vigas o pilares, se emplean solamente unos limitadores de esquina para perfilar dichas secciones.

#### APLICACIONES:

Se emplea en la reparación de estructuras dañadas por fuego, corrosión en las armaduras, ataque químico, acción de la helada o abrasión. También se emplea en estructuras en las que la colocación del hormigón es compleja por existir poco espacio como en recrecido de vigas o pilares.

### 2.3.1 Materiales de reparación y refuerzo



TIPO DE MATERIAL: Base inorgánica

#### FOTOGRAFIA:

Imágenes que muestran la aplicación de la vía seca y la húmeda, respectivamente:



Ventajas de la vía seca:

- Aplicación a distancias largas.
- No precisa premezclado ni imprimación.
- Más espesor de capa en una operación.
- Alto rendimiento y bajo coste de limpieza.
- Larga durabilidad de los equipos de trabajo.
- El equipo no se bloquea y permite descansos.




Ventajas de la vía húmeda:


- Reducción de la emisión de polvo.
- Consistencia constante del mortero.
- Fácil de finalizar con llana.
- Ideal para espacios reducidos.
- Mínimo rebote.
- Aplicación sobre superficies tratadas.




Gunitadora de hormigón en vía seca de 5 m<sup>3</sup> de caudal. El hormigón es lanzado en seco a través de una manguera y la aportación de agua a la mezcla se realiza en la lanza de proyección. Es el sistema más eficaz, práctico y rentable para proyectar hormigón.



<b>2.3.1 Materiales de reparación y refuerzo</b>	
TIPO DE MATERIAL: Base inorgánica	
<b>3. Otros hormigones de base inorgánica</b>	
<p>Dentro del grupo de los morteros y hormigones de base inorgánica podemos destacar otros tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Hormigón inyectado:</b> Este tipo de hormigón, similar en su composición a los anteriores, destaca por su particular sistema de puesta en obra, que se emplea en espacios muy reducidos, donde existen grandes oquedades, y sobre todo cuando se han de reparar estructuras situadas bajo agua. El sistema de fabricación consiste en inyectar a presión el hormigón a través de unos tubos en el interior de un encofrado donde espera el árido. Al ascender el hormigón desde el fondo del encofrado va rellenando los huecos que van quedando entre los áridos impidiendo que queden bolsas de aire. Respecto a las características de los materiales destaca que los áridos son superiores a los 20 mm de tamaño máximo para no dificultar el ascenso de la masa; y las dosificaciones de cemento suelen ser bajas, del orden de 150 Kg. /m<sup>3</sup>. Es habitual el empleo de aditivo fluidificante para facilitar el relleno de los huecos que quedan entre los áridos.</li><li>• <b>Hormigones y morteros especiales:</b> Son los mismos hormigones tradicionales salvo que en su composición entran los cementos especiales. Destacan tres grupos: los de retracción controlada y expansivos, los de alta velocidad de fraguado y los de altas resistencias iniciales.</li><li>• <b>Hormigones de alta resistencia:</b> Son los hormigones que tienen resistencias a compresión superiores a los 50 N/mm<sup>2</sup>. Para alcanzar estas resistencias su composición destaca por una elevada dosificación de cemento, una baja relación A/C, áridos muy resistentes; y el empleo de adiciones como la microsílíce. Como aspecto negativo de estos hormigones esta el exquisito curado que precisan y la tendencia a la rotura frágil. Este tipo de hormigones se suele emplear en la reparación de estructuras y sobre todo en la reparación de zonas dañadas por cavitación y erosión como son las presas y los aliviaderos.</li></ul>	

<p><b>2.3.1 Materiales de reparación y refuerzo</b></p>	
<p><b>TIPO DE MATERIAL:</b> Base orgánica (Resinas)</p>	
<p><b>DESCRIPCION:</b> Las resinas sintéticas que se emplean en la reparación y en el refuerzo de materiales son compuestos poliméricos derivados fundamentalmente del petróleo, cuya composición está formada principalmente por carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. Estas resinas se dividen en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Termoplásticas. Están constituidas por moléculas semejantes que se enlazan unas con otras y que se ablandan al calentarlas, volviendo a recuperar sus características iniciales cuando se enfrían. Se emplean en forma de emulsiones o látex mezclados con morteros u hormigones tradicionales (ver apartado siguiente).</li> <li>• Termoendurecidas. Están formadas por moléculas muy diferentes que reaccionan unas con otras y aunque se ablandan con el calor endurecen de forma irreversible cuando es persistente. Este tipo de productos están formados por varios componentes: por un lado están las resinas, y por otro lado los catalizadores o endurecedores, que reaccionan con las resinas dando lugar a los polímeros.</li> </ul> <p>Las resinas termoendurecidas más empleadas en el campo de la reparación son las epoxi, las de poliuretano, las de poliéster insaturado y las acrílicas reactivas.</p>	
<p>1. Resinas epoxi</p>	
<p><b>DESCRIPCION:</b> Son las más empleadas, y están formadas por una resina epoxi, generalmente una mezcla de epiclorhidrina y bisfenol, y un endurecedor o agente de curado que puede ser aminas, alcoholes, amidas o cualquier molécula que posea hidrógeno activo. En ocasiones pueden llevar también cargas como filler, alúmina, amianto, etc. Según sea la mezcla de resina y endurecedor tendrán características distintas.</p>	
<p><b>CARACTERISTICAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las características más importantes de este tipo de resinas son:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Retracción prácticamente nula.</li> <li>➤ Retracción térmica de polimerización muy pequeña.</li> <li>➤ Compatibilidad con el agua.</li> <li>➤ Adherencia buena con el acero, el hormigón, la piedra y con otros materiales.</li> <li>➤ Características mecánicas muy buenas.</li> <li>➤ Resistencia a la intemperie y a los agentes agresivos.</li> </ul> </li> <li>• En el mercado actual las formulaciones epoxi se presentan en forma de dos componentes envasados por separado. Uno contiene la resina epoxi y el otro el endurecedor, estando ambos componentes en la cantidad exacta para obtener las propiedades deseadas.</li> <li>• Tres factores fundamentales definen las características de la formulación de un producto:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pot Life: tiempo que transcurre desde el momento de la mezcla de la resina y el endurecedor en el recipiente y el momento en que esta mezcla deja de ser aplicable por producirse una rápida reacción de los componentes en el mismo recipiente en que se han mezclado.</li> </ul> </li> </ul>	

<b>2.3.1 Materiales de reparación y refuerzo</b>	
<b>TIPO DE MATERIAL:</b> Base orgánica (Resinas)	
<b>CARACTERISTICAS:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Tiempo abierto de aplicación: tiempo durante el que la formulación está mordiente después de haberla aplicado. En general será mucho mayor que el pot life.</li><li>➤ Tiempo de curado: tiempo transcurrido desde que se aplica la formulación hasta que endurece totalmente. Depende de la reactividad de la formulación y de la temperatura ambiente, de forma que a temperaturas bajas mayor será el tiempo de curado.</li></ul>	
<b>APLICACIONES:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Inyección de fisuras en el hormigón.</li><li>• Unión de hormigón nuevo con hormigón existente en reparación de elementos estructurales.</li><li>• Unión de bandas metálicas de acero a hormigón existente en refuerzo de vigas y losas.</li><li>• Morteros epoxi para relleno de grietas y coqueras, trabajo de parcheos y suelos industriales.</li><li>• Hormigones epoxi para relleno de grandes oquedades.</li><li>• Revestimientos anticorrosivos, sellantes e impermeabilizantes.</li></ul>	
<b>2. Otras resinas: poliuretano, poliéster insaturado y acrílicas</b>	
<p>Aparte de las resinas epoxídicas también existen otros tres tipos más de resinas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>De poliuretano:</b> Son derivadas del petróleo, se comercializan en dos componentes y se emplean en revestimientos protectores formando barreras protectoras frente a la carbonatación. La principal ventaja frente a las resinas epoxídicas está en que pueden curar por debajo de 0°C. En ocasiones su uso se complementa con el de las resinas epoxídicas para mejorar propiedades como la protección química.</li><li>• <b>De poliéster insaturado:</b> Son derivadas del petróleo y también precisan de un endurecedor para su aplicación. Generalmente se mezclan con filler calizo, cemento Portland o árido fino para formar morteros con buena adherencia, impermeabilidad y resistencia a los agentes químicos. Pero debido a que desarrollan su exotermicidad cuando ha alcanzado el estado sólido pueden sufrir contracciones al enfriarse dañando la adhesión del hormigón. Por este motivo su uso se limita a reparaciones de pequeño tamaño y espesor.</li><li>• <b>Acrílicas:</b> Son de resistencia similar a las resinas de poliéster, pero su retracción de curado es mucho menor. Pueden emplearse solas o mezcladas con otros monómeros como el metacrilato de alilo, que permiten mejorar las propiedades de la formulación inicial.</li></ul>	

### 2.3.1 Materiales de reparación y refuerzo



**TIPO DE MATERIAL:** Base mixta

**DESCRIPCION:** Son productos basados en la mezcla de materiales de base inorgánica con compuestos de base orgánica, generalmente emulsiones de resinas termoplásticas. La adición de polímeros a los morteros tradicionales se suele realizar emulsionados en agua formando un compuesto lechoso de color blanco denominado látex. Esta agua de látex puede sustituir total o parcialmente el agua de amasado del mortero u hormigón.

#### **CARACTERISTICAS:**

- El empleo de polímeros con los morteros actúa como:
  - Plastificante, reduciendo el agua de amasado y dando buena trabajabilidad.
  - Mejorando la adherencia entre el mortero de reparación y el reparado.
  - Mejorando la resistencia al impacto.
  - Reduciendo la permeabilidad a los líquidos y aumentando la resistencia a los agentes químicos.
  - Creando una película que impida la evaporación del agua y que contribuye al curado.
- Las emulsiones de polímeros empleadas como modificadores pueden incluir:
  - Acetato de polivinilo. No debe emplearse en reparaciones en contacto con el ambiente atmosférico.
  - Cloruro de polivinilo. Se debe evitar puesto que favorece la corrosión de las armaduras.
  - Estireno butadieno, acrílicos y acrílicos modificados. Son los más empleados en los morteros y hormigones de reparación; aunque algunos se han mostrado muy sensibles en suelos industriales y ante algunos productos químicos.
  - Epoxi. Solamente se emplean para modificar algunas propiedades de los morteros y hormigones tradicionales y proyectados.

#### **APLICACIONES:**

Los morteros modificados con polímeros se emplean en la reparación de estructuras que han perdido o tienen dañados los recubrimientos por efectos de corrosión. También es común su empleo en el revestimiento de suelos industriales.

### 2.3.2 Reparación de hormigón



**TIPO DE REPARACION:** Reparaciones superficiales

**DESCRIPCION:** La mayoría de las reparaciones superficiales que se realizan sobre el hormigón armado no presentan ningún riesgo desde el punto de vista estructural, pero si que reducen la durabilidad del hormigón puesto que favorecen la pérdida de impermeabilidad ante los agentes externos; además de dar una mala imagen estética. Los principales deterioros superficiales son:

- Nidos de grava.
- Coqueras.
- Rotura de aristas.
- Perdida de lechada superficial.
- Textura superficial o estética inadecuada.

#### CAUSAS:

Generalmente las causas más habituales que pueden provocar estos problemas son:

- Mala vibración del hormigón provocando que los finos no colmaten los espacios entre la grava.
- Encofrado pegado al hormigón, que hace que al tratar de despegarlo se lleve algún trozo.
- Golpeo de elementos en las esquinas de los elementos de hormigón, rompiéndolas.
- Desprendimiento de la lechada, dejando vistos los áridos.

#### SISTEMAS DE REPARACION:

Los sistemas de reparación de estructuras de hormigón se componen de las siguientes fases:

1. Saneado. Es la eliminación, si las hubiera, de las partes sueltas o mal adheridas hasta conseguir un soporte sano, duro y resistente. Generalmente se realiza con herramientas como la piqueta.
2. Limpieza. Es la eliminación de la suciedad y el polvo del hormigón, y del óxido y las sustancias extrañas del acero. Se usara el cepillado, el chorro de agua o el de arena.

(Las etapas 1 y 2 se engloban en lo descrito en el apartado 2.1 Preparación o saneado de la superficie)

3. Regeneración. Se basa en la aplicación de un mortero que devuelva el recubrimiento y la geometría original del hormigón. Los morteros más empleados son:
  - Morteros cementosos bicomponentes: es el método de aplicación general, cuando se quieren usar productos predosificados sin posibilidad de error. Es adecuado para parcheos en volúmenes pequeños y medios. Son de aplicación manual.
  - Morteros cementosos monocomponentes: es el método de aplicación general cuando no se quieren generar muchos envases de desecho. También es adecuado para volúmenes pequeños y medios. Son de aplicación manual.
  - Morteros de resina epoxi: es adecuado para parcheos puntuales, cuando el hormigón vaya a estar sometido a solicitaciones por golpeo o abrasión. Son de aplicación manual.
  - Micromorteros cosméticos: para restablecer la estética superficial.
4. Revestimiento (optativo). consiste en la aplicación sobre la superficie del hormigón una fina capa (2–3 mm) de mortero para igualar, dar impermeabilidad y tapar poros.

### 2.3.2 Reparación de hormigón



TIPO DE REPARACION: Reparaciones superficiales

#### FOTOGRAFIA:

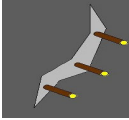


En ambas imágenes se muestra dos casos diferentes de deterioros superficiales:

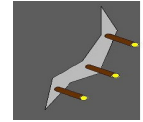
- El primero se trata de una inmensa coquera fruto de un lamentable hormigonado. La gravedad de la patología aumenta ya que no se observa la barra de acero de la esquina del pilar. Con toda seguridad el interior del pilar presentará oquedades del mismo estilo.
- El segundo caso se trata de la rotura de la arista de un panel prefabricado de hormigón armado, posiblemente causada por un golpe durante su montaje. Aunque no presenta una gran extensión se debe llevar a cabo su reparación pues constituye una puerta abierta a los agentes exteriores.



En la imagen se observa como ha quedado el pilar tras el proceso de repicado del hormigón, limpieza superficial y recomposición de la sección con un mortero de reparación. La siguiente fase sería la aplicación de una protección superficial, (ver aptdo. 2.2). El pilar además de haber sufrido la rotura de aristas presentaba un estado de corrosión alto en las barras de acero que habían quedado al exterior. Dichas barras tuvieron que ser tratadas eliminando el acero dañado y aplicándoles un producto de protección superficial. (El proceso de reparación de las zonas afectadas por corrosión quedara detallado más adelante en este mismo apartado, el 2.3.2)

<p><b>2.3.2 Reparación de hormigón</b></p>	
<p><b>TIPO DE REPARACION:</b> Reparación de fisuras</p>	
<p><b>DESCRIPCION:</b> La reparación de fisuras consiste en su cierre a fin de restaurar el monolitismo del hormigón e impedir la entrada de agentes agresivos que puedan corroer el acero de las armaduras. Esta forma de deterioro del hormigón se manifiesta a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisuras puntuales de elementos estructurales.</li> <li>• Varias fisuras paralelas.</li> <li>• Mapa de fisuras en elementos superficiales.</li> </ul> <p>Las consecuencias que puede ocasionar la existencia de las fisuras van desde una mala transmisión de cargas (fisuras estructurales), pérdidas de impermeabilidad o de durabilidad (favorecen la corrosión), hasta simples problemas de estética.</p>	
<p><b>CAUSAS:</b> (ver aptdo 1 del Cáp. I).</p> <p>La fisuración se produce por las excesivas tracciones a las que se ve sometido el hormigón, superiores a su resistencia, que hacen que este reaccione fisurándose localmente. Las causas que lo pueden ocasionar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Excesivas cargas (fisuras estructurales).</li> <li>• Falta de curado (fisuras de retracción).</li> <li>• Dilataciones impedidas por falta de juntas.</li> <li>• Asentamientos diferenciales.</li> </ul>	
<p><b>SISTEMAS DE REPARACION:</b></p> <p>La solución a aplicar a los problemas de fisuración va a depender del tipo de fisuras que sean (causa) y de lo que se pretende con el tratamiento (que consecuencia se pretende evitar). Destacan los siguientes:</p>	
<p>1. Inyección de la fisura</p>	
<p><b>DESCRIPCION:</b></p> <p>Consiste en colmatar y rellenar totalmente la fisura en todo su volumen. Es la técnica más empleada y se sobre todo se usa cuando la fisura es estructural y se pretende devolver la unidad y el monolitismo del hormigón, además de hacerlo estanco e impermeable frente agresiones externas.</p> <p>Este sistema no presenta ningún tipo de problema cuando se aplica sobre fisuras muertas, que no tienen movimiento; sin embargo no es adecuado en fisuras vivas en las que la amplitud es variable con el tiempo o con los cambios de temperatura.</p> <p>Respecto al material de inyección en la fisura se pueden emplear sistemas epoxi sin disolventes, resinas de poliuretano, resinas acrílicas y poliéster insaturados. Cualquiera que sea el material empleado debe poseer un gran poder de penetración y adherencia a las superficies del hormigón; además de ser resistentes a la penetración de humedad y al ataque de los álcalis del cemento.</p>	

### 2.3.2 Reparación de hormigón



**TIPO DE REPARACION:** Reparación de fisuras

#### FASES DEL SISTEMA:

1. Limpieza de la fisura por soplado de la misma.
2. Confinamiento de la fisura por sellado superficial de la misma. El objetivo de esta fase es el de evitar la salida al exterior de la formulación durante la inyección. Dependiendo del ancho de la fisura y de lo sano que este el hormigón se pueden usar tres sistemas de sellado de la cara de la fisura:
  - Sellado de la superficie con cinta adhesiva de tejido de vidrio impregnado en epoxi. Se emplea en fisuras relativamente estrechas y en hormigón sano.
  - Sellado con masilla epoxi. Se emplea en fisuras más anchas o sobre hormigón que presente señales de deterioro.
  - Abertura superficial o cajeadado de la sección en V. Se realiza a lo largo de toda la fisura mediante un martillo neumático o mano con puntero y martillo. La abertura en V empezara a unos 15 mm a cada lado del eje de la fisura y tendrá una profundidad de unos 10 mm. Una vez hecha esta abertura se procederá a limpiar los bordes de la V sellándose a continuación la sección por medio de una masilla epoxi cargada con un agente tixotrópico.
3. Colocación de los inyectores. Consisten en unas boquillas metálicas dotadas de válvulas antirretorno. Se colocan a intervalos adecuados, según el ancho y la profundidad de la fisura, a lo largo de la fisura.
4. Inyección. Una vez la masilla de sellado haya endurecido se procede a la inyección de la formulación epoxi a través de las boquillas mediante pistolas o gatos que bombean mecánica o manualmente dicha formulación. Se pueden considerar dos tipos de equipo de inyección:
  - Los que emplean el sistema previamente mezclado. Son más económicos y solo precisa de hacer mezclas de pequeño volumen de acuerdo con el pot life de las mismas.
  - Los que emplean dos componentes sueltos que se mezclan a la salida del equipo. Estos usan equipos medidores–mezcladores–inyectores que bombean los componentes de forma separada pero perfectamente dosificados.

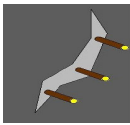
Una vez terminada la inyección y cuando se ha producido el endurecimiento de la formulación se procede a quitar la capa de sellado superficial, simplemente por razones estéticas.


#### FOTOGRAFIA:



La imagen muestra los inyectores a la espera de recibir la formulación epoxi. Estos se introducen en taladros que previamente se han realizado por diversos medios (camisas expansivas, masillas epoxi, etc.). Dichos taladros suelen ser inclinados con respecto al plano de la fisura.



<b>2.3.2 Reparación de hormigón</b>	
<b>TIPO DE REPARACION:</b> Reparación de fisuras	
2. Sellado superficial	
<b>DESCRIPCION:</b> Consiste en tapar solo la parte superficial de la fisura (la apertura de la misma). Este tratamiento es adecuado cuando lo que se pretende es devolver la impermeabilidad a la junta a la vez que se incrementa la durabilidad. Es muy empleado en fisuras muertas.	
<b>FASES DEL SISTEMA:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apertura de la fisura en forma de V.</li> <li>2. Limpieza del polvo formado.</li> <li>3. Sellado de la fisura.</li> </ol>	
3. Puenteo superficial	
<b>DESCRIPCION:</b> Consiste en colocar sobre la fisura una banda elastomérica muy flexible pegada a ambos lados. Este tratamiento es adecuado como en el caso anterior pero en el que se prevén unos movimientos de fisuras muy grandes, tanto transversales como longitudinales.	
<b>FASES DEL SISTEMA:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preparación de la superficie a ambos lados de la fisura.</li> <li>2. Colocación de la banda elastomérica.</li> </ol>	
4. Tratamiento generalizado	
<b>DESCRIPCION:</b> Consiste en colocar un revestimiento fino (aprox. 2 mm) encima de una superficie con un mapa de fisuras. Es adecuado cuando se pretende reparar la fisuración por razones estéticas.	
<b>FASES DEL SISTEMA:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preparación de la superficie mediante chorro de agua o arena.</li> <li>2. Aplicación de capa de pintura.</li> </ol>	
5. Cosido de fisuras	
<b>DESCRIPCION:</b> Consiste en colocar perpendicularmente a la fisura un elemento resistente que impida que esta se mueva. Este tratamiento es adecuado en fisuras de cerramientos, paredes y muros, para estabilizar la fisura.	
<b>FASES DEL SISTEMA:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preparación de la superficie mediante cepillado de la misma.</li> <li>2. Colocación de las grapas o lañas de acero. Se colocarán con diferentes orientaciones para evitar su deslizamiento frente al esfuerzo que soportan. Las patillas de las grapas se introducen en taladros previamente perforados, colmatándose los huecos existentes entre las patillas y taladros mediante una resina epoxi. A veces todo el grapado se recubre con una capa de mortero.</li> </ol>	

<p><b>2.3.2 Reparación de hormigón</b></p>	
<p><b>TIPO DE REPARACION:</b> Reparación de los daños de la corrosión</p>	
<p><b>DESCRIPCION:</b> La reparación de una estructura dañada por corrosión de armaduras es una labor lenta y en ocasiones muy compleja; según la situación y el acceso del elemento estructural dañado y de la gravedad de sus daños. Las principales consecuencias que produce la corrosión son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparición de manchas marrones en el hormigón.</li> <li>• Pérdida de adherencia entre el acero y el hormigón.</li> <li>• Fisuración del hormigón, provocada por el hinchamiento que tienen las armaduras al corroerse.</li> <li>• Desprendimiento, a medio plazo, del recubrimiento de hormigón.</li> <li>• Pérdida de sección de la armadura.</li> </ul> <p>Parar un proceso de corrosión, una vez que este haya comenzado, es prácticamente imposible salvo que se emplee protección catódica; pero a veces es factible si se sustituye el hormigón contaminado, se reparan las armaduras afectadas y se crea una barrera adecuada para impedir el paso de la humedad, los iones cloro y el CO<sub>2</sub> .</p>	
<p><b>CAUSAS:</b> (ver Cáp. I aptdo. 1.1.3)</p> <p>Las causas más habituales que pueden provocar la corrosión de las armaduras son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbonatación del hormigón. Es el proceso por el que el hormigón va perdiendo su alcalinidad con el tiempo. Esta alcalinidad es la que protege las armaduras e impide su corrosión. Con la pérdida de alcalinidad por carbonatación, el hormigón pierde la capacidad de proteger la armadura, y el proceso de corrosión puede empezar.</li> <li>• Existencia de cloruros en el hormigón. Los cloruros provocan la corrosión de las armaduras. Por eso en zonas de ambiente marino u donde se usen sales para el deshielo este problema es muy común.</li> </ul>	
<p><b>SISTEMAS DE REPARACION:</b></p> <p>Los sistemas de reparación de los daños provocados por la corrosión se dividen en las siguientes etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Saneado. Es la eliminación de las partes sueltas o mal adheridas hasta conseguir un soporte sano, duro y resistente. El espesor de la capa a eliminar dependerá de la cantidad de cloruros que posea este, de la porosidad del mismo y del grado de carbonatación. Esta operación se realizará mediante medios manuales (picado con puntero) o con medios mecánicos (martillo neumático, etc.), y podrá extenderse hasta la parte posterior de las barras para que el material de reparación envuelva enteramente las barras.</li> <li>2. Limpieza. Es la eliminación del hormigón de toda la suciedad y polvo; y del acero todo el oxido y sustancias extrañas. Se empleará el cepillado, el chorro de arena o el de agua según convenga.</li> <li>3. Pasivación. Es la aplicación sobre la armadura de una capa protectora de epoxi que impida la futura corrosión, a la vez que se mejora la adherencia de las siguientes capas. En el caso de que la corrosión haya disminuido la sección de acero del orden de un 20% se cortarán los trozos de barra debilitadas y se soldarán o atarán trozos sanos de armadura.</li> </ol>	

### 2.3.2 Reparación de hormigón



**TIPO DE REPARACION:** Reparación de los daños de la corrosión

#### SISTEMAS DE REPARACION:

4. Regeneración. Consiste en la aplicación de un mortero que devuelva el recubrimiento y la geometría original del hormigón. Dependiendo de la gama de productos que se utilicen se pueden distinguir varios sistemas:
  - Aplicación manual de morteros cementosos bicomponentes. Es el método de aplicación general, cuando se quieren usar productos predosificados, sin posibilidad de error. Es adecuado para parcheos en volúmenes pequeños y medios.
  - Aplicación manual de morteros cementosos monocomponentes. Es el método de aplicación general, sino se quieren generar muchos envases de desecho. Es adecuado para volúmenes pequeños y medios.
  - Aplicación manual de morteros de resina epoxi. Es adecuado en trabajos de parcheo puntuales, cuando el hormigón vaya a estar sometido a solicitaciones por golpe o abrasión.
  - Aplicación mecánica por vía húmeda o vía seca. Trabajos de gran volumen.
5. Revestimiento (optativo). Consiste en la aplicación sobre la superficie de hormigón de una fina capa de (2–3 mm) de mortero para igualar, dar impermeabilidad y tapar poros.
6. Protección superficial. Todo el proceso anterior debe completarse con una buena protección superficial que proteja al material de la acción del  $\text{CO}_2$  y de los cloruros. Aparte de lo explicado en el apartado 2.2 existen algunas técnicas específicas para reducir o frenar la velocidad de corrosión de la armadura:
  - Protección catódica. Consiste en llevar a la armadura a un potencial de valor tal que no se pueda producir la corrosión. Así la armadura se convierte en polo positivo de una pila electromagnética o cátodo y en la superficie de la pieza se sitúa un ánodo de sacrificio que sufrirá los efectos de la corrosión.
  - Extracción de cloruros. Consiste en aplicar un campo eléctrico entre la armadura y una malla metálica sumergida en un depósito electrolítico que se coloca en la superficie de hormigón. En este proceso los iones  $\text{Cl}^-$  tienden a desplazarse hacia el polo positivo o ánodo en el exterior de la masa del hormigón. Esta técnica aunque ya se ha empleado con éxito aun se encuentra en fase experimental y resulta delicada su aplicación.
  - Realcalinización. Técnica que se basa en la movilidad de los álcalis (iones  $\text{OH}^-$ ), que se puedan desplazar desde zonas con un pH elevado hacia otras que lo tengan más bajo. El método consiste en aplicar un campo eléctrico de forma que la armadura sea el cátodo y una malla exterior revestida con pasta de celulosa impregnada con un álcali el ánodo. Por electro-osmosis la solución alcalina va migrando hacia el interior del hormigón de forma rápida y profunda. Lamentablemente este método como el anterior resulta de difícil aplicación y tiene un coste elevado.

**2.3.2 Reparación de hormigón**



**TIPO DE REPARACION:** Reparación de los daños de la corrosión

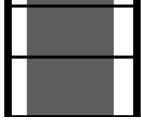
**RESUMEN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA LA CORROSION:**

PROTECCION	CAMPO DE APLICACION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Catódica por corriente inducida	Cualquier estructura y sin barrera física tipo epoxi	Sin eliminación de hormigón contaminado	Mantenimiento y control permanente
Catódica tipo galvánica (zinc, aluminio)	Ambiente húmedo y con Cl <sup>-</sup>	Sin eliminación de hormigón contaminado	Mantenimiento y control permanente; poco efectiva
Barrera física (epoxi)	Cualquier estructura	Método tradicional	Obtener superficie de acero seco y blanco, reduce adherencia
Barrera galvánica (galvanizado, inoxidable)	Estructuras nuevas y reparaciones	Muy efectiva	Alto presupuesto
Mortero y hormigón de base cemento	Cualquier estructura	Método tradicional	Eliminación del hormigón dañado, acelera la corrosión sino se elimina el ag. agresivo
Realcalinización electroquímica	Ambiente húmedo y carbonatado	Sin eliminación del hormigón contaminado	Aplicación difícil y costosa
Extracción electroquímica de cloruros	Ambiente húmedo y con Cl <sup>-</sup>	Sin eliminación del hormigón contaminado	Aplicación difícil y costosa
Inhibidores químicos	Ambiente húmedo y con Cl <sup>-</sup>	Incorporados al mortero, adecuado con alto % Cl <sup>-</sup>	Actúan localmente, efectividad dudosa a largo plazo
Recubrimientos superficiales del hormigón	Cualquier estructura	Renovación del aspecto estético, protección global	Mantenimiento, Reaparece la corrosión sino se elimina el agente agresivo

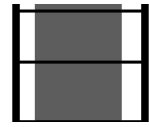
**FOTOGRAFIA:**



1. Caso claro de corrosión de la armadura de un pilar debido a que dicha armadura quedó al descubierto tras el desprendimiento del recubrimiento del hormigón.
2. Aplicación en la armadura de acero de una pintura de epoxi que actúe como protección ante la corrosión, y como puente de adherencia con el futuro mortero de reparación.
3. Ejemplo de la reparación de diversas zonas de un pilar afectado por la corrosión.

<p><b>2.3.3 Refuerzo de elementos estructurales</b></p>	
<p><b>TIPO DE REFUERZO:</b> Recrecidos de hormigón armado</p>	
<p><b>DESCRIPCION:</b> Consiste en incrementar la sección de hormigón del elemento estructural dañado o debilitado, aumentando de esta forma su capacidad resistente. Esta técnica es una de las más empleadas y sus ventajas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizada adecuadamente ofrece unos resultados excelentes, y superiores al resto de sistemas.</li> <li>• Menor coste económico y mayor rapidez de ejecución.</li> <li>• No genera efectos secundarios en la mayor parte de casos.</li> </ul> <p>Por el contrario sus inconvenientes son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El elemento reforzado no puede ponerse en carga hasta que el hormigón haya alcanzado su resistencia de cálculo (28 días).</li> <li>• Puede afectar a parte de la estructura al modificar la rigidez de la misma.</li> <li>• Incrementos grandes de sección provoca problemas de espacio, estéticos, etc.</li> </ul> <p>La forma de realizar un recrecido es diferente según se trate de un elemento estructural vertical (pilares o columnas) o de un elemento estructural horizontal (vigas, viguetas, forjados, etc.), por tanto el estudio de los recrecidos se realizará por separado.</p>	
<p>1. Recrecido de pilares</p>	
<p><b>DESCRIPCION:</b> El refuerzo de pilares de hormigón armado que no tienen la resistencia de proyecto como consecuencia de una mala calidad de hormigón o de falta de armadura, y de aquellos que siendo de buena calidad y estando bien armados han de estar sometidos a cargas superiores para las que fueron proyectados se puede realizar mediante el recrecido de las caras de los mismos en toda su altura con hormigón de adecuada resistencia. A estos pilares se les colocará una armadura principal de cuantía similar a la existente que se diseñara para absorber todas las sollicitaciones del pilar dañado. Esto tiene la desventaja de que se produce un aumento de sección que puede crear problemas de espacio, por el contrario tiene la ventaja de que trabaja unido al pilar original por la adherencia que existe entre los dos hormigones, motivada por el efecto zuncho que produce la retracción del nuevo hormigón.</p>	
<p><b>SISTEMAS DE REPARACION:</b></p> <p>Para la realización de los recrecidos de hormigón se pueden emplear dos sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con hormigón tradicional vertido en el interior de los encofrados. Este sistema se divide en varias etapas:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preparación previa del pilar existente. Consiste en eliminar la capa superficial de lechada y, el polvo y la suciedad para así poder garantizar la adherencia entre los dos hormigones.</li> <li>2. Realización de cajeadado (opcional). Para lograr una mayor trabazón entre los dos hormigones se puede realizar cajeados de unos 3 cm. de profundidad alternándolos en tramos de unos 35 cm. De esta forma se crean unos entrantes y salientes que contribuyen a absorber el cortante que pueda existir entre el pilar a reforzar y el refuerzo. Los últimos 30 cm. superiores se descarnan de igual forma colocando un zuncho de redondos para transmitir mejor las cargas que recibe de los pisos superiores.</li> </ol> </li> </ul>	

### 2.3.3 Refuerzo de elementos estructurales



TIPO DE REFUERZO: Recrecidos de hormigón armado

#### SISTEMAS DE REPARACION:


3. Colocación de la armadura. El refuerzo debe realizarse en toda la longitud del pilar afectado, por tanto las barras de acero se colocarán en toda la altura y anclándose tanto el hormigón de las placas superiores e inferiores de pisos como en la cimentación. Cuando el refuerzo externo de las barras esta en todas las caras del pilar se pueden emplear unas horquillas de acero que actúan como conectores transmitiendo la carga de la parte externa a la interna o viceversa.
  4. Colocación de los encofrados alrededor del pilar.
  5. Hormigonado. En la mezcla del hormigón es adecuado el empleo de aditivos como los fluidificantes para darle capacidad de autocompactación y autonivelacion al hormigón. En ocasiones tambien puede ser interesante la aplicación de resinas epoxi sobre el hormigón existente para facilitar la adherencia. Dicha formulación epoxi tendrá el suficiente tiempo de aplicación para que de tiempo de disponer las armaduras, los encofrados y hormigonar. El hormigonado se realiza generalmente de abajo hacia arriba en tramos de 0,5 a 1 m. La parte más complicada de realizar es la del tramo comprendido entre el último tramo y la losa o forjado superior, que se realizara perforando el forjado si es posible o subiendo el recrecido hasta la máxima altura posible y rellenar el tramo que falta con mortero u hormigón seco.
- Con hormigón proyectado sin necesidad de encofrado. Cuando el espesor de los recrecidos es inferior a 10 cm. este sistema resulta más eficiente ya que no precisa de encofrados. Una vez estén colocadas las armaduras del recrecido se procede al gunitado o proyectado, alcanzando espesores de hasta 5 cm.

#### FOTOGRAFIA:

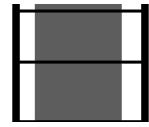


Ejemplo de la armadura que ira alojada en el recrecido del hormigón de un pilar que vio reducida su capacidad portante por una mala ejecución. En la imagen inferior se observan los conectores que garantizaran la transmisión de cargas entre las armaduras: la nueva y la existente, y viceversa.



<b>2.3.3 Refuerzo de elementos estructurales</b>	
<b>TIPO DE REFUERZO:</b> Recrecidos de hormigón armado	
<b>2. Recrecido de vigas</b>	
<p><b>DESCRIPCION:</b> Consiste en incrementar la sección de hormigón (y normalmente también la de acero) de la viga para aumentar la capacidad resistente a flexión, a cortante o a ambas.</p> <p>Cuando el fallo es debido a los esfuerzos de flexión las causas pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La falta de armadura de tracción que habrá provocado fisuración en la parte central de la viga, pudiendo llegar a la rotura de la misma. El error puede ser debido al proyecto, a la ejecución o a ambos; y lo que se pretende con el recrecido es aumentar la capacidad resistente de la viga.</li><li>• La falta de capacidad resistente de la viga bien como consecuencia de la falta de sección de acero en la zona comprimida o bien por baja resistencia del hormigón.</li></ul> <p>Cuando el fallo es debido al cortante puede ser debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ausencia o mala colocación de la armadura transversal por errores de proyecto o de ejecución.</li><li>• Cambios de uso en la estructura con sobrecargas no previstas en el proyecto inicial.</li></ul>	
<p><b>SISTEMAS DE REPARACION:</b></p> <p>El método de recrecido de una viga dañada más empleado se divide en varias etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Preparación previa de la viga.<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Apear la viga afectada y a ser posible descargarla (si el análisis de la situación así lo determina).</li><li>➤ Eliminación de la capa de mortero más superficial de la viga mediante herramientas manuales o con chorro de arena.</li><li>➤ Descarnado del hormigón hasta encontrar los estribos.</li></ul></li><li>2. Realización de cajeadado (opcional). Al igual que sucedía en los pilares, hacer un cajeadado intermitente es una buena técnica que permite mejorar la resistencia al deslizamiento entre los dos hormigones.</li><li>3. Colocación de la nueva armadura de refuerzo.<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Soldado de los nuevos estribos a los antiguos. Estos se encargarán de soportar los esfuerzos de deslizamiento horizontal que puedan aparecer entre la viga y el hormigón de refuerzo.</li><li>➤ Colocación de las barras longitudinales a lo largo de los nuevos estribos.</li></ul></li><li>4. Colocación de los encofrados.</li><li>5. Hormigonado. Antes del hormigonado es recomendable la aplicación de una formulación epoxi de unión entre los dos hormigones. La colocación del hormigón suele presentar dificultades por lo que es aconsejable auxiliarse de productos epoxídicos que permitan disponer del tiempo suficiente para llevar a cabo todas las operaciones con garantías.</li></ol> <p>Variantes a la hora de colocar la armadura existen tantas como casos particulares, algunas de las más interesantes son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Una alternativa consiste en abrir surcos longitudinales en la superficie inferior de la viga para introducir en ellos las barras de armado que le faltan a la viga.</li></ul>	

### 2.3.3 Refuerzo de elementos estructurales



TIPO DE REFUERZO: Recrecidos de hormigón armado

#### SISTEMAS DE REPARACION:

Posteriormente este espacio que queda entre los redondos y los huecos se rellena con un mortero epoxi. Esta técnica es más laboriosa que la antes explicada, pero presenta la ventaja de que no hay que aumentar el canto de la viga. Es recomendable que el acero empleado en el refuerzo sea del mismo límite elástico que el de las barras existentes.

- Otra alternativa es mediante cosido de los nuevos estribos, bien en la viga o bien en el forjado. Las perforaciones para paso de los estribos se realizarán con broca de 20 mm, y las barras suplementarias se colocarán debajo de las existentes descansando sobre los nuevos estribos. Los huecos existentes entre estas barras y los taladros se rellenarán con mortero de cemento o epoxi. Finalmente se dispondrá del encofrado y se hormigonará en tramos que no superen el metro de longitud, esperando unos tres días antes de hormigonar el tramo siguiente.
- Una opción para reforzar una viga que solo sufre de cortante es la de introducir estribos mediante la realización de surcos verticales en el contorno de toda la viga. Estos surcos tendrán una profundidad tal que lleguen hasta las armaduras principales y de espesor suficiente para introducir los nuevos estribos. En los surcos se introducen los nuevos estribos que se atan o se sueldan a las barras principales. Finalmente se cierran los huecos por medio de un mortero de cemento o epoxi.
- Otra opción para mejorar el comportamiento frente al cortante es la de colocar cartelas o ménsulas en los extremos de la viga, aunque en ocasiones esta opción es inviable por falta de espacio o pérdida de altura libre.

#### FOTOGRAFIA:

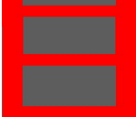


En la imagen se observa que la primera operación que se lleva a cabo es la de apeado de la viga. Posteriormente se sitúa la posición del armado de la viga para poder definir la posición de la armadura de refuerzo.



En esta otra imagen ya se ve la posición de la armadura de refuerzo. Los estribos están cosidos a la viga que ha sido perforada por taladros de unos 20 mm de diámetro. El siguiente paso sería colocar el encofrado.



<b>2.3.3 Refuerzo de elementos estructurales</b>	
<b>TIPO DE REFUERZO:</b> Refuerzo con perfiles metálicos	
<p><b>DESCRIPCION:</b> Consiste en adosar exteriormente perfiles laminados de acero a los elementos de hormigón armado a reforzar. Esta técnica, de las más antiguas en el campo de los refuerzos, tiene como ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Rapidez de ejecución y puesta en carga de la estructura reforzada.</li><li>• Produce un zunchado de la sección del hormigón existente de forma que el comportamiento resistente del elemento reforzado se mejora de forma considerable.</li><li>• La fricción existente entre el acero del refuerzo y el hormigón del elemento provoca que una parte muy importante de la carga, sobre todo el cortante, sea transmitida hacia los angulares.</li></ul> <p>Por el contrario las desventajas de este sistema son:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• El proyecto y la ejecución del refuerzo exigen una atención máxima.</li><li>• Una mala ejecución o diseño pueden provocar que no solo cumpla su misión de refuerzo sino que puede debilitar a otros elementos de la estructura al someterlos a acciones para los que no estaban proyectados.</li></ul>	
<b>1. Refuerzo de pilares con perfiles metálicos.</b>	
<p><b>DESCRIPCION:</b> Cuando la capacidad resistente de un pilar haya disminuido debido al empleo de hormigón de baja resistencia, de deficiencias en el armado, o dañados como consecuencia de sismos o impactos se puede recurrir al empleo de angulares metálicos. Los angulares se colocaran en las cuatro esquinas y sujetos lateralmente entre si por medio de presillas soldadas. Otra alternativa al empleo de angulares es el uso de perfiles en U, si bien este tipo de refuerzo es menos usado por tener un peso mayor y por ser menos adaptable al pilar.</p>	
<p><b>SISTEMAS DE REPARACION:</b></p> <p>La ejecución del refuerzo de pilares con angulares metálicos puede dividirse en varias etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Preparación previa del soporte.<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Apeo del pilar si fuese necesario y descargarlo lo máximo posible.</li><li>➤ Saneado y limpieza de la superficie del pilar. Para garantizar que la adaptación de los refuerzos colocados al hormigón sea máxima se deben eliminar las aristas vivas de las esquinas de los pilares para que los angulares encajen mejor. También se debe limpiar de lechada las superficies horizontales del hormigón que van a estar en contacto con los adhesivos de unión entre el acero y el hormigón.</li></ul></li><li>2. Colocación de los angulares. Se dispondrán en las cuatro esquinas del pilar y estarán sujetos con gatos hasta que se les suelden las presillas transversales que mantienen a los angulares en su correcta posición, impidiendo el pandeo del elemento y manteniéndolos apretados contra el hormigón. Para mejorar este apriete se pueden calentar las presillas a una temperatura de unos 400°C y soldarlas en caliente para que entren a trabajar a tracción al enfriarse. Esta posibilidad aunque puede dar resultados óptimos complica demasiado el montaje.</li></ol>	

### 2.3.3 Refuerzo de elementos estructurales

TIPO DE REFUERZO: Refuerzo con perfiles metálicos



#### SISTEMAS DE REPARACION:

- Los angulares y las presillas estarán perfectamente adheridos al soporte para garantizar la transmisión de los esfuerzos rasantes. Para la adhesión se empleará algún tipo de resina epoxi que debido a su adherencia y su resistencia interna será capaz de cumplir esta función.
  - Para que el conjunto de los cuatro angulares entre en carga de forma simultánea al hormigón es preciso que durante el montaje se alcance una rígida y perfecta unión de la base y el capitel metálicos con el hormigón de las vigas, forjados o cimentación. Para ello se recurrirá a masillas epoxi que unan el acero con el hormigón transmitiendo las cargas de forma uniforme.
3. Relleno del espacio entre angulares y el hormigón. Se puede rellenar estos huecos por medio de una pasta o mortero de cemento de retracción compensada a fin de lograr un buen contacto entre los angulares y el hormigón.
  4. Proyección de hormigón (opcional). El refuerzo puede finalizarse recubriéndolo con una capa de hormigón proyectado al que se le puede incorporar una armadura adicional o una tela de gallinero que sujete bien la capa de hormigón de recubrimiento.
  5. Colocación de palastros de acero. Para dar continuidad a los pilares reforzados de las diferentes plantas es preciso garantizar la transmisión de cargas entre ellos. Esto se consigue atravesando los forjados por medio de palastros de acero soldados en las dos caras opuestas a los pilares y en las zonas en que había bovedillas. Esto en el caso de que se tratase de pórticos unidireccionales, en el caso de que al pilar acometan vigas perpendiculares la unión puede realizarse por medio de barras cuadradas de acero colocadas en las esquinas. En el caso de que sea muy perjudicial atravesar el forjado se debe analizar como puede afectar los efectos del punzonamiento sobre el forjado.

Algunas recomendaciones en el diseño y ejecución de esta técnica:

- La sección de acero del refuerzo proyectado ha de ser tal que sea capaz de absorber la totalidad de los esfuerzos verticales que se transmiten a través del pilar.
- Cuando se refuerce un pilar es recomendable reforzar todos los pilares, que en la misma vertical, estén debajo de él hasta llegar a cimentación. En el caso de que los que estén debajo sean de buena calidad y de sección superior a la del pilar reforzado no sería necesario.

Otras variantes de esta técnica son:

- Colocación de perfiles de gran inercia y rigidez formando una nueva columna en contacto o a una cierta separación del pilar existente. Este conjunto se enlaza, encofra y hormigona.
- Encamisado del pilar por medio de chapas de acero (4-6 mm) soldadas entre si. El espacio existente entre chapas y hormigón se rellena con mortero sin retracción y ligeramente expansivo.

### 2.3.3 Refuerzo de elementos estructurales



TIPO DE REFUERZO: Refuerzo con perfiles metálicos

#### FOTOGRAFIA:



En las imágenes se muestran dos casos de refuerzo de un pilar con perfiles metálicos. En el primer caso fue preciso el apeo con puntales de la estructura. En el segundo caso se ve la búsqueda de continuidad con la viga superior mediante una chapa metálica unida a la viga con una formulación epoxi.

### 2. Refuerzo de vigas con perfiles metálicos.

**DESCRIPCION:** Al igual que en los recrecidos de hormigón el objetivo de los angulares metálicos es incrementar la sección de hormigón (y normalmente también la de acero) de la viga para aumentar la capacidad resistente a flexión, a cortante o a ambas. Esto se consigue uniendo los angulares por presillas de acero que atraviesan el forjado atando a toda la viga con el refuerzo. Este sistema no se suele emplear en vigas ya que no es siempre eficiente porque al no existir una adherencia franca entre el hormigón y el acero, los angulares y el hormigón no entran en carga conjuntamente y de forma simultánea.

#### FOTOGRAFIA:



En la imagen se observa como se ha reforzado una estructura con perfiles angulares de acero, además de reforzar pilares y vigas también fue preciso mejorar la capacidad resistente de las viguetas. A las vigas se le adosaron lateralmente perfiles U que se cosieron por medio de presillas, que al contrario que en los pilares solo tienen función de atado. En ocasiones también puede recurrirse al empleo de diagonales para arriostrar el conjunto, formando una celosía.

### 2.3.3 Refuerzo de elementos estructurales



**TIPO DE REFUERZO:** Refuerzo con chapas de acero encoladas con epoxi

**DESCRIPCION:** Este sistema consiste en encolar con adhesivos de naturaleza epoxídica bandas de acero de sección conveniente en las zonas a reforzar de los elementos de hormigón armado. Las situaciones más comunes en las que se recurre a esta técnica son al existir un déficit en la cantidad de acero de armado debido a errores de de proyecto o de ejecución; o bien para incrementar la capacidad resistente de elementos que reciben sobrecargas superiores a las consideradas en proyecto.

Esta técnica es muy empleada debido a su escaso coste, su rapidez y sus excelentes resultados, sobre todo en elementos horizontales sometidos a flexión, cortante o torsión como vigas y viguetas. A pesar de todas sus ventajas el sistema presenta limitaciones cuyo desconocimiento pueden provocar fallos:

- No puede emplearse con hormigones de resistencia inferior a 18 Mpa.
- No se pueden conseguir aumentos de la resistencia a flexión superior al 50% de la existente.

#### 1. Refuerzo de vigas/viguetas con chapas de acero encoladas con epoxi.

**DESCRIPCION:** El empleo de esta técnica para reforzar elementos horizontales sometidos a flexión o a cortante permite obtener unos resultados muy satisfactorios siempre que se haya realizado con un control adecuado del diseño y de la ejecución; así como teniendo en cuenta las limitaciones que presenta el sistema.

#### **SISTEMAS DE REPARACION:**

Una correcta ejecución de esta técnica puede dividirse en las siguientes etapas:

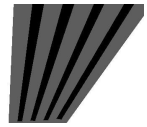
##### 1. Preparación previa del soporte (bandas y hormigón):

Para garantizar la mejor adherencia entre la masilla epoxi y la superficie del hormigón es fundamental preparar tanto el hormigón como el acero:

- Se tienen que eliminar todas las partes débiles y contaminadas del hormigón tales como lechada superficial, aceites, grasas, etc., mediante chorro de arena, agua o cualquier otro método equivalente. Por su parte en el acero hay que eliminar el oxido, las escamas de laminado, aceites, grasas, etc., mediante ataque ácido o algún tipo de chorro.
- Garantizar la planeidad de las superficies sobre las que se van a adherir las bandas de acero. Los resaltes y cejas formados por las tablas de los encofrados y las irregularidades que creen las partes salientes deben ser eliminadas.
- Si existen fisuras en el hormigón de ancho superior a 0,2 mm es conveniente inyectarlas previamente.
- Si las chapas de acero van a estar expuestas a la intemperie antes de ser colocadas definitivamente es recomendable aplicarles una imprimación epoxi con pincel o pistola para protegerlas de la acción de la corrosión. Posteriormente antes de proceder a extender el adhesivo se debe lijar ligeramente dicha capa.

### 2.3.3 Refuerzo de elementos estructurales

**TIPO DE REFUERZO:** Refuerzo con chapas de acero encoladas con epoxi



#### SISTEMAS DE REPARACION:

##### 2. Colocación del adhesivo y de la banda de acero:

Algunas recomendaciones para conseguir la mejor unión son:

- No emplear espesores de la capa de unión de masilla epoxi superiores a 1,5 mm. Espesores mayores de dicho valor no mejoran su comportamiento, sino al contrario alcanzan valores más bajos de resistencia.
- El espesor de la banda de acero no debe ser superior a 3 mm, salvo que se empleen elementos adicionales de anclaje, que permiten alcanzar hasta los 10 mm.
- Aplicada la masilla y colocada la banda en su posición se ejercerá una presión sobre la banda para conseguir que el espesor de la capa adhesiva sea el menor posible. Esta presión puede realizarse por medio de puntales telescópicos o de tornillo, debiendo ser uniforme al menos durante las primeras 24 horas, dependiendo de la reactividad de las resinas empleadas y de la temperatura ambiente. La presión se mantendrá hasta que la resina haya endurecido totalmente, aunque generalmente no es conveniente retirar los puntales antes de siete días.

##### 3. Protección del refuerzo:

La parte reforzada del elemento estructural se debe proteger frente a los cambios de temperatura y especialmente contra el fuego ya que las formulaciones epoxi son sensibles a temperaturas de 70–80°C. Como protección se suelen emplear capas de vermiculita, perlita o cualquier material aislante.

Otras variantes del sistema son:

- Idéntico sistema sustituyendo las bandas de acero por bandas laminadas de polímeros epoxídicos reforzados con fibras de carbono, de forma que el conjunto sea menos pesado.
- Sujetar la banda de acero por medio de tornillos o pernos y después inyectar las masillas epoxi en el hueco existente entre la banda de acero y el hormigón. Es más complejo de ejecutar pero tiene la ventaja de eliminar las posibles burbujas de aire en la capa de unión.

#### FOTOGRAFIA:

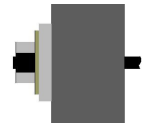


Ejemplo de refuerzo de una viga con bandas encoladas. Es fundamental que la banda quede adherida perfectamente de forma que trabaje junta a la viga, para ello se debe:

- Elegir la formulación epoxi adecuada.
- Preparación de las superficies.
- Correcta ejecución del sistema.

### 2.3.3 Refuerzo de elementos estructurales

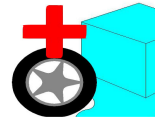
TIPO DE REFUERZO: Otras técnicas de refuerzo



Otros sistemas de refuerzo con los que se pueden obtener buenos resultados son:

- **Postensado adicional:** Técnica empleada en el refuerzo de estructuras que han llegado a una situación grave de debilidad estructural, que no pueden ser solucionables con otros sistemas. La técnica consiste alojar unos cables o alambres en huecos o taladros realizados en los elementos a postensar. Otras variantes válidas son las de colocar piezas de hormigón adosado al existente, o en piezas de desviación y dispositivos de anclaje. Las ventajas de este sistema están en que permite actuar sobre elementos deformados y sometidos a las cargas de servicio sin necesidad de tener que descargar a los mismos y tener que eliminar las deformaciones existentes. Los elementos van recuperando su forma inicial bajo la acción del postensado mientras este va entrando progresivamente en carga. Por el contrario esta técnica exige una ejecución laboriosa y compleja.
- **Impregnación con polímeros:** Sistema que en su origen se emplea como protector superficial en las zonas de puentes en los que se usan sales para evitar las heladas. Aplicado al refuerzo de estructuras, el sistema se basa en la aplicación de una impregnación de polímeros o copolímeros de metacrilato de metilo pudiendo reparar hormigones de baja resistencia y alta porosidad, aumentando su capacidad mecánica. Su aplicación se puede dividir en varias etapas:
  1. Secado del elemento. Se realizara a unos 140°C, y el tiempo de secado dependerá del volumen y la humedad del elemento.
  2. Enfriamiento a unos 25°C.
  3. Impregnación con el monómero durante unas cinco horas.
  4. Polimeración a unos 800°C durante un tiempo de 1 a 3 horas.

### 2.3.4 Reparación de daños causados por acciones específicas



**TIPO DE ACCION:** Acciones físicas

**DESCRIPCION:** El hormigón armado puede estar sometido a diferentes acciones de tipo físico que pueden llegar a provocar una disgregación o pérdida de integridad. Las diferentes acciones físicas son dos:

- Erosión, ya sea por abrasión por el paso continuo de vehículos o personas sobre una superficie; o por cavitación que se produce por el paso del agua a gran velocidad como sucede en obras hidráulicas.
- Acción del hielo y deshielo, que suelen sufrir hormigones situados en el exterior o que se encuentran por encima y por debajo de los cero grados.

#### **SISTEMAS DE REPARACION:**

- Reparación del hormigón dañado por las heladas.

En la reparación del hormigón dañado por los ciclos de hielo–deshielo se debe tener en cuenta la edad del hormigón, ya que según sea esta se tomarán unas medidas u otras:

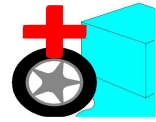
- Edad temprana (formación de las resistencias). La helada aparece cuando el hormigón comienza a endurecer y no ha desarrollado la resistencia suficiente para soportar las presiones generadas por la expansión del agua al helarse. La disgregación que pueda sufrir en este instante no tiene forma de recuperación, la única alternativa es la demolición.
- Edad adulta (resistencias altas). Al sufrir los ciclos de hielo–deshielo el hormigón empieza a deteriorarse superficialmente y de forma progresiva, quedando erosionado en una profundidad que dependerá del número de ciclos, su resistencia a compresión y su permeabilidad. La reparación de un hormigón en este estado se divide en:
  1. Limpieza y saneado del hormigón. Eliminar la capa superficial debilitada y las partículas sueltas.
  2. Sustitución del hormigón dañado. Se restaurará la zona dañada con una capa de mortero u hormigón muy compacto logrado a base de una relación A/C muy baja y el uso de aditivos fluidificantes. El mortero empleado para la reparación no será muy diferente del existente para evitar posibles retracciones en la zona de contacto de ambos hormigones. En ocasiones se puede recurrir a adhesivos epoxídicos para la colocación de la capa de mortero reparador. Finalmente esta capa se compactará y curará cuidadosamente.

- Reparación del hormigón dañado por la cavitación.

Los daños que produce el paso del agua a gran velocidad son muy intensos y voluminosos pudiendo afectar a hormigones de muy buena calidad e incluso al acero. De las diferentes técnicas de reparación que hay, no existe una que pueda garantizar el éxito rotundo pero una de las más empleadas es la siguiente:

1. Preparación del soporte. Eliminación del hormigón dañado con chorro de agua o arena, y creación de un cajeadado para rellenar con el material de reparación.
2. Realización de anclajes. Se realizan unos taladros de profundidad adecuada por medio de un mortero epoxi. En su interior se colocaran barras corrugadas de acero terminadas en gancho u horquillas que servirán de conexión con el hormigón de reparación a colocar.

### 2.3.4 Reparación de daños causados por acciones específicas



TIPO DE ACCION: Acciones físicas

#### SISTEMAS DE REPARACION:

3. Colocación del hormigón. Se emplean hormigones reforzados con fibras de acero, con una baja relación A/C y aditivado con fluidificantes; también es común el uso de hormigones de alta resistencia con adición de microsílíce. La unión del hormigón de reparación con el hormigón existente puede mejorarse con adhesivos epoxi. El hormigón nuevo debe tener una consistencia adecuada para que rellene todos los huecos y su puesta en obra garantizará la mayor compacidad; por otra parte el acabado de las superficies tendrán la menor rugosidad posible, y los cambios de pendiente y dirección se harán de la forma más suave posible a fin de evitar nuevos efectos de cavitación.

- Reparación del hormigón dañado por la abrasión.

El hormigón dañado por la abrasión se puede reparar de forma semejante al hormigón dañado por los ciclos hielo-deshielo, con la particularidad de que el mortero u hormigón de reparación deben tener árido del mayor tamaño posible y el acabado superficial debe hacerse con un mortero que emplee productos endurecedores de superficie.

#### FOTOGRAFIA:



En la imagen de la izquierda se observa los daños provocados por la acción de los ciclos de hielo-deshielo sobre los tableros de un puente, agravado por el empleo de sales de deshielo.

En la imagen de la derecha se observa el inicio de la reparación, que comenzó con la limpieza y saneado de la superficie dañada por medio de chorro de agua. Una vez limpio se llevo a cabo la aplicación de una protección sobre las armaduras, seguido de la aplicación del mortero de reparación mediante el empleo del sistema de vía seca.



### 2.3.4 Reparación de daños causados por acciones específicas



**TIPO DE ACCION:** Acciones químicas

**DESCRIPCION:** Los daños causados por las acciones químicas se pueden dividir en los siguientes tipos:

- Ataque por ácidos que reaccionan con el cemento endurecido.
- Ataque por sulfatos que reaccionan con los aluminatos del hormigón.
- Reacción álcali-sílice de los áridos reactivos.

Los hormigones que vayan a estar expuestos en ambientes agresivos y con riesgo evidente de ataque químico deben realizarse con cementos adecuados, deben compactarse cuidadosamente, y sobre todo, se debe eliminar la presencia de agua en contacto con estos hormigones por medio de barreras, drenes y diseños estructurales que alejen y eviten el contacto del agua.

#### **SISTEMAS DE REPARACION:**

Una vez determinada la causa del ataque, evaluada la magnitud de los daños y de que forma se ha visto afectada la capacidad resistente de elemento se debe llevar a cabo la reparación:

1. Preparación previa del soporte. Como toda operación de reparación se eliminará y limpiará la superficie del hormigón dañada, retirando todo aquello que pueda perjudicar la adherencia entre el hormigón existente y el hormigón de reparación.
2. Colocación del hormigón de reparación. Se aplicará sobre el soporte de hormigón, ya saneado, una capa de mortero de reparación. Se emplean morteros tradicionales aunque en ocasiones se puede modificar por medio de resinas. Para mejorar la adhesión entre los hormigones es común el empleo de resinas epoxi.
3. Protección superficial. La operación finalizará con una capa de pintura de protección impermeable que impida el acceso de humedad al elemento reparado.

Este tipo de reparación explicada es de carácter general, existirán otras situaciones en las que no se podrá aplicar como en las que los agentes químicos impregnan totalmente el hormigón y resulta prácticamente imposible cortar el acceso de la humedad; o situaciones en las que resulte más económico el empleo de otros materiales de reparación, o incluso la demolición.

#### **FOTOGRAFIA:**



En la imagen se observa las consecuencias que sufre un forjado de una fabrica industrial situado sobre las instalaciones de producción. El hormigón sufre ataques químicos de carácter muy agresivo, además de sufrir la corrosión de las armaduras de acero por estar en un ambiente de humedad muy elevada. La reparación siguió las etapas básicas: saneado, protección de las armaduras, regeneración del hormigón y protección superficial contra futuros ataques químicos.

### 2.3.4 Reparación de daños causados por acciones específicas



**TIPO DE ACCION:** Fuego

**DESCRIPCION:** El hormigón armado presenta un comportamiento bueno frente al fuego especialmente cuando se han diseñado y ejecutado los elementos estructurales con los recubrimientos óptimos, ya que el factor débil ante el fuego son las armaduras de acero. Los daños que puede tener una estructura de hormigón armado dependen de la gravedad del incendio, estos pueden exigir desde pequeñas intervenciones hasta la demolición.

#### **SISTEMAS DE REPARACION:**

Los sistemas de reparación de estructuras dañadas por el fuego, en general, no suelen ser muy complejas. Sin embargo lo que si entraña cierta dificultad es el estudio previo de la capacidad portante de la zona dañada y de cómo ha podido afectar al resto de elementos que componen la estructura. Según sea la gravedad de los daños se llevará a cabo la aplicación de un sistema u otro:

- Pérdidas importantes de resistencia: Se considerará la demolición y sustitución del elemento.
- Pérdidas de resistencia asumibles: Se hará el refuerzo con alguna de las técnicas ya comentadas en los apartados anteriores:
  - Recrecido de hormigón, con una armadura nueva y hormigón proyectado.
  - Refuerzo con perfilería metálica.
  - Colocación de bandas de acero encoladas con epoxi.
  - Empleo de sistemas de pretensado.

Para la reparación de estructuras dañadas por el fuego se emplean los materiales ya comentados: hormigón tradicional, hormigones modificados con polímeros o con resinas, pero sobre todo se emplea el hormigón proyectado debido a:

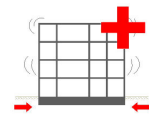
- Gran adherencia con el hormigón existente y con las armaduras.
- Gran compacidad debido a la alta presión empleada en su lanzamiento.
- Buena resistencia y baja retracción gracias a su reducida relación A/C.
- Facilidad de proyección sobre cualquier superficie, vertical, inclinada, horizontal.
- No precisa encofrados.

#### **FOTOGRAFIA:**



El pilar de la imagen ha sufrido un incendio, pero una vez comprobado que su capacidad portante apenas se ha resentido se procederá a reparar las posibles fisuras o grietas por medio de hormigón tradicional. En el caso de que hubiera perdido parte de su capacidad portante se procedería a actuar: apeo de los elementos cargados, saneado del pilar, refuerzo mediante el sistema más adecuado para recuperar la capacidad portante que tenía, y protección superficial.

### 2.3.4 Reparación de daños causados por acciones específicas



**TIPO DE ACCION:** Sismo

**DESCRIPCION:** Cuando una estructura sufre un sismo o un terremoto va a estar sometida a vibraciones en cualquier sentido que se traducen en empujes horizontales que afectan a todas las plantas de dicha estructura. Estos efectos que provoca el sismo pueden incrementarse debido a la resonancia que consiste en una repetición periódica de los movimientos; de forma que puede resultar más peligroso la repetición prolongada de sismos de baja intensidad que otro de gran intensidad pero de corta duración. El empuje que provoca el sismo puede afectar de la siguiente forma sobre la estructura:

- Aumento de la cuantía de acero de la armadura superior en vigas y viguetas al incrementarse el momento en estas, siendo este incremento mayor en las plantas inferiores.
- Aumento del cortante en vigas y viguetas.
- Aumento del momento, el cortante y el axil en pilares.
- Aumento de las cargas en cimentación.

#### SISTEMAS DE REPARACION:

Los sistemas de reparación de estructuras dañadas por sismo dependerán de la gravedad de los daños que haya provocado sobre la propia estructura:

- Daños pequeños (fisuras y grietas). Se recurrirá a los diferentes sistemas ya comentados para la reparación de grietas y fisuras (ver Cáp. II aptdo. 2.3.2).
- Daños localizados con capacidad resistente de al menos la mitad. Se procederá al refuerzo de la zona dañada colocando la misma cuantía que tenía antes de sufrir el sismo, y garantizado la conexión entre las armaduras por medio de conectores como las horquillas.
- Daños graves. Previo apuntalamiento se procede al refuerzo de la totalidad del pilar con el sistema más adecuado (recrecido, perfilería, etc.).
- Daños muy graves. Es posible que la solución más rentable sea la demolición y posterior sustitución.

#### FOTOGRAFIA:



Los efectos de un sismo de gran intensidad provocaron que este pilar de la planta baja de una estructura haya sufrido daños graves en su parte superior. La decisión aquí se plantea compleja, ya que sería preciso evaluar el resto de la estructura y los daños que haya podido sufrir. En el caso de que se considere el refuerzo como la mejor solución se puede realizar por medio de un recrecido de hormigón al que se le dispondría la misma cuantía del pilar pero aumentando el número de estribos en la zona más dañada. Finalmente se colocarían las horquillas para garantizar la conexión entre armaduras.

**BIBLIOGRAFIA**

- **“Patología y terapéutica del hormigón armado”** Manuel Fernández Canovas.
- **“Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado”** Col·legi d’Aparelladors i Arquitectes Tecnics de Barcelona.
- **“Prontuario 2002 SIKA”** SIKA, S.A.
- **“Diagnosis y causas en patología de la edificación”** Manuel Muñoz Hidalgo.
- **“Diccionario de la construcción 2003”** Construnario
- **“Reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado”** Juan Pérez Valcárcel.
- **“Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón armado: causas y procedimientos de rehabilitación”** Alfonso Cobo Escamilla.
- **“Fichas de patologías ASEFA”** [www.portaldeobras.cl](http://www.portaldeobras.cl)

### APARTADO 3. MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

#### INTRODUCCION:

El mantenimiento de una estructura lo podemos definir como el conjunto de actuaciones periódicas y continuas que tengan como fin conservar las características funcionales previstas en proyecto, para lograr retardar lo máximo posible su deterioro. Se trata de una vigilancia continua que nos permitirá detectar rápidamente cualquier pequeño fallo y así repararlo sin que se lleguen a producir incomodidades importantes ni el valor de su reparación sea demasiado elevado. Por tanto, los objetivos del mantenimiento son:

- Asegurar la capacidad portante de la estructura, garantizando así la seguridad.
- Asegurar que los usuarios de la estructura se encuentren con las mejores condiciones posibles de comodidad y confort.

Dentro del mantenimiento se pueden distinguir dos tipos de mantenimiento:

Mantenimiento preventivo. Se trata de trabajos periódicos, que han sido programados, y para los que no es necesario una gran preparación del personal que los efectúe ni unas herramientas excesivamente complejas. Durante estos trabajos de mantenimiento las personas encargadas de llevarlos a cabo aprovecharán para observar alguna anomalía y ponerla de manifiesto en la documentación existente a tal fin (Los datos que debe reflejar el libro son: fecha de la intervención, tipo de actividad, nombre de la empresa, firma del encargado, observaciones, etc.). Los periodos de tiempo entre mantenimientos serán fijados por una inspección y dependerán del elemento a controlar, del tipo de material, del tipo de exposición al que esta sometido, etc; de forma que variará de unos elementos a otros dentro de la propia estructura. Las operaciones más comunes del mantenimiento preventivo son:

- Limpieza general de cubiertas, juntas, etc.
- Mantenimiento del buen estado de funcionamiento del sistema de drenaje y desagües.
- Supresión de vegetación perjudicial.
- Arreglos localizados en los acabados.
- Mantenimiento de canalones y bajantes.
- Mantenimiento del buen estado de dispositivos que faciliten la inspección (trampillas, escaleras de acceso, etc.)

Mantenimiento especializado. Se trata de trabajos que exigen equipos y medios especiales debido a la complejidad que entrañan. En general estos trabajos no se efectúan de forma periódica, sino que se decide realizarlos como consecuencia de la valoración del estado de la estructura. Las operaciones típicas son:

- Actuaciones de reparación (sustitución del hormigón degradado o armaduras corroídas, etc.).
- Reconstrucción o rehabilitación de los sistemas de drenaje y desagües.
- Reconstrucción o rehabilitación de juntas.
- Supresión de posibles vías de agua.
- Protección en paramentos contra humedades, desconchones, etc.
- Aplicación de pinturas de protección contra la corrosión en elementos metálicos.
- Reconstrucción o creación de dispositivos que faciliten la inspección (rampas, trampillas, etc.).

<b>3.1 Mantenimiento de elementos de cimentación</b>	<b>3.1.1</b>
<b>3.1.1 Mantenimiento de zapatas superficiales</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	
Bajo esta denominación se incluyen todo tipo de zapatas superficiales ya sean corridas o aisladas.	
<b>RECOMENDACIONES DE USO</b>	
PRECAUCIONES: <ul style="list-style-type: none"><li>• En caso de producirse fugas en las redes de saneamiento o abastecimiento, se repararán rápidamente para no causar daños a la cimentación.</li><li>• Si por causa de excavaciones o nuevas construcciones próximas se observan daños, será necesario ponerlo en conocimiento de un técnico competente.</li></ul> PROHIBICIONES: <ul style="list-style-type: none"><li>• No se realizarán excavaciones junto a las zapatas, que puedan alterar su resistencia. No se modificarán las solicitaciones previstas en Proyecto, sin un estudio previo.</li></ul>	
<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	
POR EL USUARIO: <ul style="list-style-type: none"><li>• La zona de cimentación debe mantenerse en el mismo estado que quedó tras la ejecución de las obras.</li><li>• Si se observan defectos, fisuras, ruidos, deberán ponerse en conocimiento del personal técnico adecuado.</li></ul> POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO: <ul style="list-style-type: none"><li>• Reparación y sustitución del sellado de juntas.</li><li>• En las revisiones periódicas de mantenimiento de la estructura, deberá dictaminarse si se precisa un estudio más detallado del estado de la cimentación.</li></ul> CALENDARIO DE ACCIONES RECOMENDABLES Y OBLIGATORIAS: <ul style="list-style-type: none"><li>• Las revisiones periódicas serán cada <b>5</b> años.</li></ul>	

<b>3.1 Mantenimiento de elementos de cimentación</b>	<b>3.1.2</b>
<b>3.1.2 Mantenimiento de losas y soleras</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	
Bajo esta denominación se incluyen tanto las losas de cimentación como las soleras propiamente dichas.	
<b>RECOMENDACIONES DE USO</b>	
<p>PRECAUCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de producirse fugas en las redes de saneamiento o abastecimiento, se repararán rápidamente para evitar daños y humedades.</li> <li>• Si por causa de excavaciones, nuevas construcciones próximas o de cualquier otra índole aparecen fisuras, grietas o desplazamientos en las soleras o en el solado, será necesario ponerlo en conocimiento de un técnico competente.</li> <li>• Comprobar periódicamente el estado de las juntas.</li> </ul> <p>PROHIBICIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se abrirán huecos en las losas ni en las soleras sin consultar previamente con un técnico competente.</li> <li>• No se abrirán zanjas paralelas al muro en las inmediaciones del intradós.</li> <li>• No se plantarán árboles en las inmediaciones del muro. En todo caso, antes de hacerlo deberá consultarse con un profesional.</li> <li>• No se introducirán cuerpos duros en las juntas.</li> </ul>	
<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	
<p>POR EL USUARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizará la inspección de las arquetas existentes a nivel de solado, con objeto de su limpieza.</li> <li>• Se realizará inspección ocular de las juntas.</li> </ul> <p>POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se detecta atasco en la red de saneamiento, la limpieza la realizará personal cualificado.</li> <li>• En las revisiones periódicas de mantenimiento de la estructura, deberá dictaminarse si se precisa un estudio más detallado del estado de la solera o losa de cimentación.</li> <li>• En caso de precisar sustituir el sellado, se acudirá a personal cualificado que procederá a eliminar el producto de sellado existente, limpieza de la junta y aplicación de un nuevo sellado a base de un producto que garantice el buen funcionamiento y estanqueidad de la junta.</li> </ul> <p>CALENDARIO DE ACCIONES RECOMENDABLES Y OBLIGATORIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las inspecciones de las arquetas se realizarán después de fuertes lluvias, en caso de percibirse olores o aparecer humedades, y al menos <b>1</b> vez al año.</li> <li>• Las revisiones periódicas serán cada <b>5</b> años y abarcarán la inspección de juntas, arquetas y del conjunto estructural.</li> </ul>	

<p><b>3.1 Mantenimiento de elementos de cimentación</b></p>	<p><b>3.1.3</b></p>
<p><b>3.1.3 Mantenimiento de muros pantalla</b></p>	
<p><b>DESCRIPCION</b></p>	
<p>Bajo esta denominación se incluyen todos los muros pantalla tengan o no anclajes.</p>	
<p><b>RECOMENDACIONES DE USO</b></p>	
<p>PRECAUCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se adosarán en el intradós acopios o elementos estructurales que puedan alterar su estabilidad.</li> </ul> <p>PROHIBICIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se manipularán forjados ni vigas que apuntalen al muro bajo ningún concepto, así como los posibles anclajes que pudiese disponer.</li> <li>• No se abrirán zanjas paralelas al muro en las inmediaciones del intradós.</li> <li>• No se plantarán árboles en las inmediaciones del muro. En todo caso, antes de hacerlo deberá consultarse con un profesional.</li> </ul>	
<p><b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b></p>	
<p>POR EL USUARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección ocular de los paramentos y de las juntas después de cada periodo anual de lluvias.</li> </ul> <p>POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación y sustitución del sellado de las juntas.</li> </ul> <p>CALENDARIO DE ACCIONES RECOMENDABLES Y OBLIGATORIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de aparición de humedades o fisuras, se acudirá a profesional cualificado.</li> <li>• La inspección de las juntas y del conjunto estructural se hará por personal cualificado cada <b>5</b> años.</li> </ul>	



3.1 Mantenimiento de elementos de cimentación	<b>3.1.4</b>
3.1.4 Mantenimiento de muros de contención	
<b>DESCRIPCION</b>	
Bajo esta denominación se incluyen todos los muros de sótano, cualquiera que sea su geometría.	
<b>RECOMENDACIONES DE USO</b>	
<p>PRECAUCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se dispondrá en el trasdós del muro cargas que rebasen las previstas en proyecto, en una distancia de al menos dos veces la altura del muro, contando desde su coronación.</li> <li>• No se adosarán en el intradós acopios o elementos estructurales que puedan alterar su estabilidad.</li> <li>• Comprobar periódicamente el estado de las juntas.</li> </ul> <p>PROHIBICIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se manipularán forjados ni vigas que apuntalen al muro en su coronación.</li> <li>• No se abrirán zanjas paralelas al muro en las inmediaciones del intradós.</li> <li>• No se plantarán árboles en las inmediaciones del muro. En todo caso, antes de hacerlo deberá consultarse con un profesional, por si las raíces pudieran causar daños.</li> <li>• No se introducirán cuerpos duros en las juntas.</li> </ul>	
<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	
<p>POR EL USUARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección ocular de los paramentos, de las juntas y del sistema de drenaje después de cada periodo anual de lluvias.</li> </ul> <p>POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de precisar sustituir el sellado, se acudirá a personal cualificado que procederá a eliminar el producto de sellado existente, limpieza de la junta y aplicación de un nuevo sellado a base de un producto que garantice el buen funcionamiento y estanqueidad de la junta.</li> </ul> <p>CALENDARIO DE ACCIONES RECOMENDABLES Y OBLIGATORIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de aparición de humedades, fisuras o del mal funcionamiento del sistema de drenaje, se acudirá a profesional cualificado.</li> <li>• En caso de aparición de humedades por las juntas, de desprendimiento del producto de sellado o de aparición de grietas en el mismo.</li> <li>• La inspección de las juntas y del conjunto estructural se hará por personal cualificado cada <b>5</b> años.</li> </ul> <p>OBSERVACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El producto de sellado deberá garantizar su estanqueidad total.</li> </ul>	

<b>3.2 Mantenimiento de elementos estructurales</b>	<b>3.2.1</b>
<b>3.2.1 Mantenimiento de pilares</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	
<p>Bajo esta denominación se incluyen los elementos estructurales verticales de hormigón armado cuya misión es la de recibir las cargas de los forjados y trasladarlas a la cimentación. Suelen ser de geometría variada (cuadrados, circulares, etc.) pudiendo ser vistos u ocultos tras otros elementos no estructurales.</p>	
<b>RECOMENDACIONES DE USO</b>	
<p>PRECAUCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se colocarán los elementos de mobiliario de gran peso próximos a los pilares.</li> <li>• Los orificios pequeños (tacos para cuadros, etc.) no ocasionan ningún problema. No se recomienda orificios mayores. Se distanciarán unos de otros, y se evitará dejar al aire las barras de acero.</li> <li>• Se evitarán situaciones de humedad persistente que puedan corroer las armaduras.</li> <li>• No sobrepasar la sobrecarga de uso (Si ocurre localmente no tiene porque tener trascendencia).</li> </ul> <p>PROHIBICIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Está terminantemente prohibida toda manipulación de los pilares (picado, perforado, etc.) que disminuya su sección resistente o deje hierros al descubierto. De quedar las armaduras al descubierto se protegerán con mortero de cemento, <b>NUNCA CON YESO</b>.</li> </ul>	
<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	
<p>POR EL USUARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección ocular: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aparición de fisuras o grietas.</li> <li>➤ Manchas de oxido, indicativo de la corrosión.</li> <li>➤ Erosiones por golpes en pilares vistos (plantas bajas, garajes).</li> </ul> </li> </ul> <p>En caso de ser observada cualquiera de estas anomalías se debe avisar a un técnico competente (Arquitecto o Aparejador) quien dictaminará su importancia y, si es el caso, las medidas a llevar a cabo.</p> <p>POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En general la reparación de pequeñas erosiones, desconchones, humedades no persistentes, etc.</li> <li>• Toda manipulación de mayor entidad requiere la supervisión de un técnico competente.</li> </ul> <p>CALENDARIO DE ACCIONES RECOMENDABLES Y OBLIGATORIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periódicamente (por el usuario): Inspecciones oculares antes mencionadas.</li> <li>• Cada <b>5</b> años (por técnico competente): Análisis de las fisuras o grietas, detectándose su origen y analizando su evolución.</li> <li>• Cada <b>10</b> años: Análisis de resistencia.</li> </ul>	

<b>3.2 Mantenimiento de elementos estructurales</b>	<b>3.2.2</b>
<b>3.2.2 Mantenimiento de vigas y zunchos</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	
<p>Bajo esta denominación se incluyen los elementos estructurales horizontales de hormigón armado cuya misión es la de recibir las cargas de los forjados y trasladarlas a los pilares o muros de carga. Cuando se apoyan en pilares se denominan vigas, y si descansan en muros de carga zunchos o encadenados, aunque, por extensión se denominan zunchos a otro elementos estructurales con misión de atado. Su forma suele ser rectangular pudiendo sobresalir del forjado en su parte inferior (de canto) o embebidas en el (planas).</p>	
<b>RECOMENDACIONES DE USO</b>	
<p>PRECAUCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se colocarán los elementos de mobiliario de gran peso sobre las vigas y próximos a los pilares.</li> <li>• Los orificios pequeños (tacos para cuadros, etc.) no ocasionan ningún problema. No se recomienda orificios mayores. Se distanciarán unos de otros, y se evitará dejar al aire las barras de acero.</li> <li>• Se evitarán situaciones de humedad persistente que puedan corroer las armaduras.</li> <li>• No sobrepasar la sobrecarga de uso ni las hipótesis de carga (ver memoria de proyecto).</li> <li>• Se tendrán en cuenta las fisuras, aun cuando no revistan peligro mecánico, son una puerta abierta a los agentes exteriores, y en consecuencia, a la humedad.</li> </ul> <p>PROHIBICIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Está terminantemente prohibida toda manipulación de las vigas (picado, perforado, etc.) que disminuya su sección resistente o deje hierros al descubierto. De quedar las armaduras al descubierto se protegerán con mortero de cemento, <b>NUNCA CON YESO</b>.</li> </ul>	
<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	
<p>POR EL USUARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección ocular:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aparición de fisuras o grietas.</li> <li>➤ Manchas de oxido, indicativo de la corrosión.</li> <li>➤ Erosiones por golpes en vigas descolgadas (plantas bajas, garajes).</li> </ul> </li> </ul> <p>En caso de ver cualquiera de estas anomalías se debe avisar a un técnico competente (Arquitecto o Aparejador) que dictaminará su importancia y, si es el caso, las medidas a llevar a cabo.</p> <p>POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En general la reparación de pequeñas erosiones, desconchones, humedades no persistentes, etc.</li> <li>• Toda manipulación de mayor entidad requiere la supervisión de un técnico competente.</li> </ul> <p>CALENDARIO DE ACCIONES RECOMENDABLES Y OBLIGATORIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periódicamente (por el usuario): Inspecciones oculares antes mencionadas.</li> <li>• Cada <b>5</b> años (por técnico competente): Análisis de las fisuras o grietas, estudiando su origen y su evolución. Y análisis de las deformaciones (flechas) comprobando que no superan las admisibles.</li> </ul>	

<b>3.2 Mantenimiento de elementos estructurales</b>	<b>3.2.3</b>
<b>3.2.3 Mantenimiento de forjados unidireccionales de viguetas</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	
<p>Bajo esta denominación se incluyen los elementos estructurales horizontales de hormigón armado cuya misión es la de recibir las cargas (pavimento, uso, etc.) y trasladarlas a las vigas o muros de carga. Se componen de elementos lineales de hormigón armado, prefabricado o in situ; colocados a separaciones fijas con piezas aligeradas entre ellos (bovedillas) de diversos materiales (cerámica, hormigón, poliestireno, etc.).</p>	
<b>RECOMENDACIONES DE USO</b>	
<p>PRECAUCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se colocarán los elementos de mobiliario de gran peso sobre las vigas y próximos a los pilares.</li> <li>• Los orificios (tacos para cuadros, etc.) en las piezas aligerantes no suelen ocasionar problemas. En los nervios pueden hacerse pequeños tacos, pero no se recomienda orificios mayores. Se distanciarán unos de otros, y se evitará dejar al aire las barras de acero.</li> <li>• Se evitarán situaciones de humedad persistente que puedan corroer las armaduras.</li> <li>• No sobrepasar la sobrecarga de uso ni las hipótesis de carga (ver memoria de proyecto).</li> <li>• Se tendrán en cuenta las fisuras, aun cuando no revistan peligro mecánico, son una puerta abierta a los agentes exteriores, y en consecuencia, a la humedad.</li> </ul> <p>PROHIBICIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Está terminantemente prohibida toda manipulación de los forjados (picado, perforado, etc.) que disminuya su sección resistente o deje hierros al descubierto. De quedar las armaduras al descubierto se protegerán con mortero de cemento. <b>NUNCA CON YESO.</b></li> </ul>	
<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	
<p>POR EL USUARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección ocular:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aparición de fisuras o grietas.</li> <li>➤ Manchas de oxido, indicativo de la corrosión.</li> <li>➤ Lesiones en otros elementos no estructurales (fisuras en tabiques, descuadre de puertas, ...)</li> </ul> </li> </ul> <p>En caso de ver cualquiera de estas anomalías se debe avisar a un técnico competente (Arquitecto o Aparejador) que dictaminará su importancia y, si es el caso, las medidas a llevar a cabo.</p> <p>POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En general la reparación de pequeñas erosiones, desconchones, humedades no persistentes, etc.</li> <li>• Toda manipulación de mayor entidad requiere la supervisión de un técnico competente.</li> </ul> <p>CALENDARIO DE ACCIONES RECOMENDABLES Y OBLIGATORIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periódicamente (por el usuario): Inspecciones oculares antes mencionadas.</li> <li>• Cada <b>5</b> años (por técnico competente): Análisis de las fisuras o grietas, estudiando su origen y su evolución. Y análisis de las deformaciones (flechas) comprobando que no superan las admisibles.</li> </ul>	

<b>3.2 Mantenimiento de elementos estructurales</b>	<b>3.2.4</b>
<b>3.2.4 Mantenimiento de forjados unidireccionales de paneles prefabricados</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	
<p>Bajo esta denominación se incluyen los elementos estructurales horizontales prefabricados de hormigón armado cuya misión es la de recibir las cargas (pavimento, uso, etc.) y trasladarlas a las vigas o muros de carga. Pueden ser autoportantes o no, y llevar elementos aligerantes o no (dependiendo del modelo y fabricante). En general quedan vistos y se utilizan en techos de garajes y plantas bajas.</p>	
<b>RECOMENDACIONES DE USO</b>	
<p>PRECAUCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se colocarán los elementos de mobiliario de gran peso sobre las vigas y próximos a los pilares.</li> <li>• Los orificios (tacos para cuadros, etc.) en las piezas aligerantes no suelen ocasionar problemas. En los nervios pueden hacerse pequeños tacos, pero no se recomienda orificios mayores. Se distanciarán unos de otros, y se evitará dejar al aire las barras de acero.</li> <li>• Se evitarán situaciones de humedad persistente que puedan corroer las armaduras.</li> <li>• No sobrepasar la sobrecarga de uso ni las hipótesis de carga (ver memoria de proyecto).</li> <li>• Se tendrán en cuenta las fisuras, aun cuando no revistan peligro mecánico, son una puerta abierta a los agentes exteriores, y en consecuencia, a la humedad.</li> </ul> <p>PROHIBICIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Está terminantemente prohibida toda manipulación de los forjados (picado, perforado, etc.) que disminuya su sección resistente o deje hierros al descubierto. De quedar las armaduras al descubierto se protegerán con mortero de cemento. <b>NUNCA CON YESO.</b></li> </ul>	
<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	
<p>POR EL USUARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección ocular:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aparición de fisuras o grietas.</li> <li>➤ Manchas de oxido, indicativo de la corrosión.</li> <li>➤ Lesiones en otros elementos no estructurales (fisuras en tabiques, descuadre de puertas, ...)</li> </ul> </li> </ul> <p>En caso de ver cualquiera de estas anomalías se debe avisar a un técnico competente (Arquitecto o Aparejador) que dictaminará su importancia y, si es el caso, las medidas a llevar a cabo.</p> <p>POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En general la reparación de pequeñas erosiones, desconchones, humedades no persistentes, etc.</li> <li>• Toda manipulación de mayor entidad requiere la supervisión de un técnico competente.</li> </ul> <p>CALENDARIO DE ACCIONES RECOMENDABLES Y OBLIGATORIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periódicamente (por el usuario): Inspecciones oculares antes mencionadas.</li> <li>• Cada <b>5</b> años (por técnico competente): Análisis de las fisuras o grietas, estudiando su origen y su evolución. Y análisis de las deformaciones (flechas) comprobando que no superan las admisibles.</li> </ul>	

<b>3.2 Mantenimiento de elementos estructurales</b>	<b>3.2.5</b>
<b>3.2.5 Mantenimiento de forjados bidireccionales de hormigón</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	
<p>Bajo esta denominación se incluyen los elementos estructurales horizontales de hormigón armado cuya misión es la de recibir las cargas (pavimento, uso, etc.) y trasladarlas a las vigas o muros de carga, aunque suelen descansar sobre pilares. Constan de nervios en dos direcciones y hormigonados in situ, colocados a separaciones fijas con piezas aligerantes entre ellos (casetones) que pueden ser de diversos materiales.</p>	
<b>RECOMENDACIONES DE USO</b>	
<p>PRECAUCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se colocarán los elementos de mobiliario de gran peso sobre las vigas y próximos a los pilares.</li> <li>• Los orificios (tacos para cuadros, etc.) en las piezas aligerantes no suelen ocasionar problemas. En los nervios pueden hacerse pequeños tacos, pero no se recomienda orificios mayores. Se distanciarán unos de otros, y se evitará dejar al aire las barras de acero.</li> <li>• Se evitarán situaciones de humedad persistente que puedan corroer las armaduras.</li> <li>• No sobrepasar la sobrecarga de uso ni las hipótesis de carga (ver memoria de proyecto).</li> <li>• Se tendrán en cuenta las fisuras, aun cuando no revistan peligro mecánico, son una puerta abierta a los agentes exteriores, y en consecuencia, a la humedad.</li> </ul> <p>PROHIBICIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Está terminantemente prohibida toda manipulación de los forjados (picado, perforado, etc.) que disminuya su sección resistente o deje hierros al descubierto. De quedar las armaduras al descubierto se protegerán con mortero de cemento. <b>NUNCA CON YESO.</b></li> </ul>	
<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	
<p>POR EL USUARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección ocular:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aparición de fisuras o grietas.</li> <li>➤ Manchas de oxido, indicativo de la corrosión.</li> <li>➤ Lesiones en otros elementos no estructurales (fisuras en tabiques, descuadre de puertas, ...)</li> </ul> </li> </ul> <p>En caso de ver cualquiera de estas anomalías se debe avisar a un técnico competente (Arquitecto o Aparejador) que dictaminará su importancia y, si es el caso, las medidas a llevar a cabo.</p> <p>POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En general la reparación de pequeñas erosiones, desconchones, humedades no persistentes, etc.</li> <li>• Toda manipulación de mayor entidad requiere la supervisión de un técnico competente.</li> </ul> <p>CALENDARIO DE ACCIONES RECOMENDABLES Y OBLIGATORIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periódicamente (por el usuario): Inspecciones oculares antes mencionadas.</li> <li>• Cada <b>5</b> años (por técnico competente): Análisis de las fisuras o grietas, estudiando su origen y su evolución. Y análisis de las deformaciones (flechas) comprobando que no superan las admisibles.</li> </ul>	

<b>3.2 Mantenimiento de elementos estructurales</b>	<b>3.2.6</b>
<b>3.2.6 Mantenimiento de forjados unidireccionales de losas alveolares</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	
<p>Bajo esta denominación se incluyen los elementos estructurales horizontales prefabricados de hormigón armado cuya misión es la de recibir las cargas (pavimento, uso, etc.) y trasladarlas a las vigas o muros de carga. Constan de paneles lineales prefabricados de hormigón pretensado autoportantes de canto constante, aligerados mediante alvéolos longitudinales.</p>	
<b>RECOMENDACIONES DE USO</b>	
<p>PRECAUCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se colocarán los elementos de mobiliario de gran peso sobre las vigas y próximos a los pilares.</li> <li>• Los orificios (tacos para cuadros, etc.) en las piezas aligerantes no suelen ocasionar problemas. En los nervios pueden hacerse pequeños tacos, pero no se recomienda orificios mayores. Se distanciarán unos de otros, y se evitará dejar al aire las barras de acero.</li> <li>• Se evitarán situaciones de humedad persistente que puedan corroer las armaduras.</li> <li>• No sobrepasar la sobrecarga de uso ni las hipótesis de carga (ver memoria de proyecto).</li> <li>• Se tendrán en cuenta las fisuras, aun cuando no revistan peligro mecánico, son una puerta abierta a los agentes exteriores, y en consecuencia, a la humedad.</li> </ul> <p>PROHIBICIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Está terminantemente prohibida toda manipulación de los forjados (picado, perforado, etc.) que disminuya su sección resistente o deje hierros al descubierto. De quedar las armaduras al descubierto se protegerán con mortero de cemento. <b>NUNCA CON YESO.</b></li> </ul>	
<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	
<p>POR EL USUARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección ocular:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aparición de fisuras o grietas.</li> <li>➤ Manchas de oxido, indicativo de la corrosión.</li> <li>➤ Lesiones en otros elementos no estructurales (fisuras en tabiques, descuadre de puertas, ...)</li> </ul> </li> </ul> <p>En caso de ver cualquiera de estas anomalías se debe avisar a un técnico competente (Arquitecto o Aparejador) que dictaminará su importancia y, si es el caso, las medidas a llevar a cabo.</p> <p>POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En general la reparación de pequeñas erosiones, desconchones, humedades no persistentes, etc.</li> <li>• Toda manipulación de mayor entidad requiere la supervisión de un técnico competente.</li> </ul> <p>CALENDARIO DE ACCIONES RECOMENDABLES Y OBLIGATORIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periódicamente (por el usuario): Inspecciones oculares antes mencionadas.</li> <li>• Cada <b>5</b> años (por técnico competente): Análisis de las fisuras o grietas, estudiando su origen y su evolución. Y análisis de las deformaciones (flechas) comprobando que no superan las admisibles.</li> </ul>	

<b>3.2 Mantenimiento de elementos estructurales</b>	<b>3.2.7</b>
<b>3.2.7 Mantenimiento de losas de hormigón armado</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	
<p>Bajo esta denominación se incluyen elementos estructurales horizontales prefabricados de hormigón armado. Su particularidad es que no disponen de elementos aligerantes siendo macizos en todo el canto. Se emplean para las zonas de escalera (losas planas e inclinadas) y como elementos decorativos (losas vistas en aleros o vuelos) siendo su uso poco habitual como forjados por su poco peso. Pueden ser vistos u ocultos.</p>	
<b>RECOMENDACIONES DE USO</b>	
<p>PRECAUCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se colocarán los elementos de mobiliario de gran peso sobre las vigas y próximos a los pilares.</li> <li>• Los orificios (tacos para cuadros, etc.) en las piezas aligerantes no suelen ocasionar problemas. En los nervios pueden hacerse pequeños tacos, pero no se recomienda orificios mayores. Se distanciarán unos de otros, y se evitará dejar al aire las barras de acero.</li> <li>• Se evitarán situaciones de humedad persistente que puedan corroer las armaduras.</li> <li>• No sobrepasar la sobrecarga de uso ni las hipótesis de carga (ver memoria de proyecto).</li> <li>• Se tendrán en cuenta las fisuras, aun cuando no revistan peligro mecánico, son una puerta abierta a los agentes exteriores, y en consecuencia, a la humedad.</li> </ul> <p>PROHIBICIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Está terminantemente prohibida toda manipulación de los elementos estructurales, ni se modificaran las solicitaciones previstas en proyecto, sin un estudio previo realizado por un técnico competente.</li> </ul>	
<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	
<p>POR EL USUARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección ocular:             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aparición de fisuras o grietas.</li> <li>➤ Manchas de oxido, indicativo de la corrosión.</li> <li>➤ Erosiones por golpes en losas vistas a la intemperie.</li> </ul> </li> </ul> <p>En caso de ver cualquiera de estas anomalías se debe avisar a un técnico competente (Arquitecto o Aparejador) que dictaminará su importancia y, si es el caso, las medidas a llevar a cabo.</p> <p>POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En general la reparación de pequeñas erosiones, desconchones, humedades no persistentes, etc.</li> <li>• Toda manipulación de mayor entidad requiere la supervisión de un técnico competente.</li> </ul> <p>CALENDARIO DE ACCIONES RECOMENDABLES Y OBLIGATORIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periódicamente (por el usuario): Inspecciones oculares antes mencionadas.</li> <li>• Cada <b>5</b> años (por técnico competente): Análisis de las fisuras o grietas, estudiando su origen y su evolución. Y análisis de las deformaciones (flechas) comprobando que no superan las admisibles.</li> </ul>	



**BIBLIOGRAFIA**

- **“Fichas de mantenimiento de los edificio”** Colegio oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Mallorca.
- **“El libro del edificio”** Colegio oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de la Comunidad valenciana.
- **“Manual del edificio”** Instituto de Construcción de Castilla-La Mancha