

COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES
Y ARQUITECTOS TÉCNICOS DE MADRID

b

i

a

Nº 220 JULIO-AGOSTO 2002
P.V.P. 4,80 €



- EDIFICIO SINGULAR: VIVIENDAS DE VPO EN VALLECAS
- ENTREVISTA: JOSÉ GASCÓN Y MARÍN, PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE SEGURIDAD DE SEOPAN
- MUNICIPIO: MORALZARZAL
- INFORME: TORRES DE CONTROL

Diagnóstico de patología de estructuras

Por Jesús H. ALCANIZ MARTÍNEZ

Arquitecto Técnico

Profesor de la Universidad Católica de Murcia (UCAM)

En gran número de ocasiones, el arquitecto técnico debe decidir sobre la *campana de chequeo a realizar*, ensayos más adecuados o llevar a cabo la toma de datos para la confección de un diagnóstico fiable del estado en que se encuentra una estructura, una cubierta, un forjado o todo un edificio completo.

Debemos ser los aparejadores y arquitectos técnicos quienes tengamos *nuestros propios criterios independientes de actuación*, para solicitar al correspondiente laboratorio de ensayos los trabajos, análisis y ensayos pertinentes que podamos necesitar para una adecuada toma de datos y, con ello, el inicio de una adecuada y fiable labor de diagnosis.

Con este tema se podría hacer un gran Tratado de Patología, en función de la extensión y la profundidad a la que queramos llegar. Pero eso se sale del objetivo de este trabajo, que no trata ni más ni menos que de dar una orientación, una herramienta, un guión o una pauta de actuación en nuestros trabajos de patologías. Se

pretende dar una guía muy práctica de cómo debe actuar el arquitecto técnico en cada caso. Se pretende dar las directrices básicas, así como una descripción de las herramientas disponibles, para llevar a cabo el adecuado diagnóstico que estamos buscando.

La mayor profundización o la mayor extensión de los temas dependerá en cada caso de cada técnico al realizar su trabajo. El desarrollo global de nuestra intervención deberá ser el siguiente:

Planificación inicial

En primer lugar se debe realizar siempre una *planificación inicial*, donde se presenten todos los pasos a seguir, desde el comienzo hasta el final de nuestra actuación. Se procederá entonces al inicio de la toma de datos del proceso.

Antecedentes

Se inicia este apartado con una recogida de opiniones, datos de la obra, emplazamiento, problemas surgidos, cuándo aparecieron, cómo se han desarrollado, etc.

Encuadre del problema

Con toda la información anterior debemos encuadrar el problema, orientar la actuación, plantearse los objetivos, realizar un análisis previo del problema o de los problemas existentes en la estructura.

Programa de necesidades

Se trata de analizar las necesidades de nuestro cliente, sus expectativas y el programa de actuación global, en función de los datos de que disponemos hasta el momento.

Trabajos de inspección

Este apartado reviste una gran importancia, porque en él realizamos todos aquellos trabajos de revisión, observación y supervisión del estado actual de la cimentación y estructura objeto de nuestra intervención.

No debemos suponer ni adivinar nada. Nuestra misión aquí es la de "observarlo todo" y describir cómo se encuentra la estructura hoy. Tendremos en cuenta los siguientes aspectos:



Maletín de inspección

Es imprescindible para el buen “técnico inspector”, dedicado a la realización de Informes de Patología, el disponer de un adecuado y completo “Maletín del inspector”, que debe ser nuestra “caja de herramientas”, de uso cotidiano en la realización de nuestro trabajo. Será más o menos completo, en función de nuestra actividad, pero deberá contener como mínimo: cinta métrica, flexómetro, pie de rey, comprobador de diámetro de acero, medidor de espesores, escalímetro, calculadora, lapiceros, minas gruesas, tizas, picoleta, cepillo de púas, bolsas de plástico, toma de muestras, etc.

Criterios a seguir

En función de la planificación inicial y del programa de necesidades previsto, se definirán los criterios a seguir para realizar la inspec-

ción. Nos plantearemos: orden de la inspección, de arriba hacia abajo, pilares y jácenas, sótanos, cimentaciones, pozos, muros estructurales, etc. Revisaremos los sistemas de medición, criterios de lotes de inspección, etc. Todo ello debe estar perfectamente definido y organizado, antes de desplazarnos a realizar la inspección.

Inspección

Éste es el inicio propiamente dicho de nuestra actuación. Debemos seguir el guión definido en capítulos anteriores, donde se procederá a la “observación minuciosa” de todos y cada uno de los detalles que encontramos en nuestro camino. Tomaremos mayores precauciones en la inspección de aquellas partes de la estructura que pueden resultar más conflictivas, sin olvidarnos del resto. También debemos inspeccionar las

“partes sanas”, que nos van a servir de elementos comparativos. Destacamos como más significativo las fisuras, desconchados, corrosión, humedades, juntas de construcción, apoyos, voladizos, uniones estructurales, etc.

Toma de datos (lo que nos cuentan y lo que vemos)

Paralelamente a nuestros trabajos de inspección y para dejar constancia escrita de todo lo observado, se procederá a la realización de la toma de datos propiamente dicha. Debemos discernir claramente entre todos aquellos datos que nos faciliten (*lo que nos cuentan*) de los datos que nosotros tomamos (*lo que vemos*). Debemos actuar con la suficiente discreción para “no fiarnos” de todo lo que nos cuentan. Debemos verlo todo nosotros mismos. Por otra parte, como se ha dicho anteriormente, no de-



Figura 1.- Imagen de equipo de sondeos Mobile Drill B-50.

bemos suponer ni dar por hecho nada. Debemos verlo todo. (Y dibujarlo, grafiarlo y fotografiarlo para nuestro Informe Final: Gestión Documental).

Debemos recoger toda la información que nos faciliten y tomar nota de todo lo que nos cuenten, para el posterior estudio y análisis minucioso en gabinete.

Debemos medir las dimensiones de las piezas (pilares,

jácenas, juntas), las armaduras vistas (diámetro, estado de corrosión, recubrimiento, etc.), las lesiones observadas (superficie de manchas de humedad, longitud y espesor de grietas y fisuras, etc.) y todos los aspectos que durante nuestra inspección consideremos como más significativos y que con toda seguridad nos van a ser útiles para la emisión de nuestro diagnóstico final.

Trabajos de investigación

Damos comienzo en este apartado a los trabajos encaminados a "investigar" sobre el estado de nuestra estructura. Ya no nos basamos sólo en nuestra inspección visual, sino que se procede a una mayor profundización en el estado real de los elementos, a través de dos herramientas básicas: *Realización de catas* (de una u otra forma, que más adelante expondremos) y *realización de ensayos* (los necesarios según los materiales a estudiar y la patología existente).

Planificación del chequeo de la estructura

Como ya hicimos en los trabajos de inspección, se debe proceder a la realización de una *planificación previa del chequeo*, que vamos a efectuar sobre la estructura objeto de intervención. Debe consistir en dos actuaciones

claramente diferenciadas: Primero una planificación técnica (de las catas y de los ensayos a realizar) y una *planificación temporal (timing)* para facilitar la organización, coordinación y adecuado desarrollo del chequeo.

Realización de los ensayos necesarios

Vamos a proceder ahora a relacionar las actividades y ensayos de que disponemos y cuya realización ya habríamos programado en capítulos anteriores.

En el terreno

Dado que nuestras estructuras están siempre cimentadas sobre el terreno y que además existe un gran número de patologías producidas por la interrelación terreno-cimentación, se hace necesario el conocimiento exacto de las condiciones del terreno, de cara a la evaluación de su relación con la estructura del edificio, objeto de nuestra actuación. Vamos a describir brevemente las actuaciones y herramientas de que disponemos para todo ello:

-*Sondeo Mecánico (S.M.):* Es por excelencia la actuación geotécnica de la que se obtienen los resultados más exactos y más fiables para el conocimiento del comportamiento del terreno. Se trata de realizar una perforación de aproximadamente 10 cm de diámetro, con un

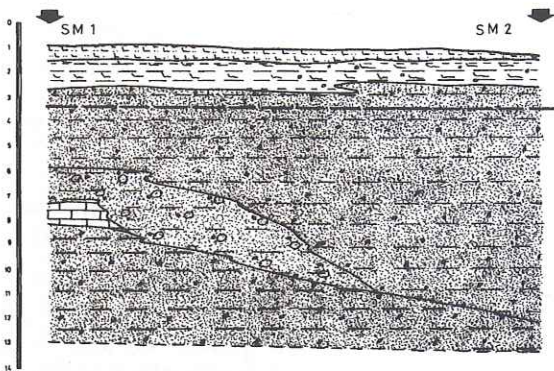


Figura 2.- Imagen de un perfil estratigráfico obtenido a partir de la realización de dos sondeos mecánicos (SM-1 y SM-2).

dispositivo especial (corona) en el extremo del varillaje, que nos va a permitir la toma de muestras del terreno y con ello su posterior identificación, con lo que vamos a conseguir conocer el perfil del terreno y sus características, así como cualquier variación o elemento singular que pueda ser atravesado. La profundidad será variable, entre 8 y 15 metros habitualmente, salvo mayores necesidades. Además nos va a permitir tomar muestras alteradas e inalteradas, que una vez ensayadas nos facilitarán las características resistentes del mismo (tensión, ángulo de rozamiento interno, cohesión, etc.). Con sus resultados se confecciona el *Perfil Estratigráfico*.

El orificio dejado por la realización del Sondeo Mecánico (S.M.) nos va a servir para la colocación de un *tubo piezométrico* (si apareciera nivel freático) para el seguimiento de los niveles de agua existentes y para la pertinente toma de muestras, si procediera su ensayo en laboratorio.

-Penetración Dinámica (P.D.): Es un ensayo complementario del anterior que consiste en la introducción de una "punta metálica" en el terreno, en el extremo del varillaje, y que mediante golpeo se va introduciendo cada vez más en el terreno. Lógicamente a mayor resistencia del terreno se opone una mayor resistencia a la penetración, siendo necesaria



Figura 3.- Cata realizada en el terreno, junto al encepado, para la comprobación de uno de los pilotes de hormigón.



Figura 4.- Caja de muestras del terreno extraídas mediante Sondeo Mecánico para su identificación y transporte al laboratorio de ensayos. Véase una muestra inalterada.

ria una mayor cantidad de golpes, para conseguir avanzar el recorrido normalizado. Se trata de conocer el número de golpes necesarios para avanzar 20 cm de longitud de penetración. Con este resultado y el obtenido en el sondeo mecánico, podemos definir con alta fiabilidad la capacidad resistente del terreno en los distintos niveles atravesados.

-Realización de Catas: En los casos en los que no sea

posible acceder con el equipo de sondeos, o se trate de cimentaciones superficiales, donde no se haga necesario conocer las características del terreno a mayor profundidad, se procede a la realización de catas en el terreno, generalmente junto a la cimentación, que nos va a permitir, por un lado, la toma de muestras del terreno (incluso del agua) y la toma de datos del estado de la cimentación (dimensiones, lesiones, daños, etc.). Estas catas se efectuarán por medios mecánicos (retroexcavadora) o por medios manuales, dependiendo de los casos. En todos ellos se deberá tener en cuenta que el proceso de ejecución de la cata puede alterar las condiciones del terreno e incluso puede llegar a dañar las piezas estructurales que vamos a inspeccionar.

-Muestras Inalteradas (M.I.): Son muestras del terreno que por su sistema de extracción garantizan que las características mecánicas del terreno de la muestra son muy parecidas a las del terreno en su estado natural. Se extraen con "tomamuestras", que son recipientes especiales adecuados a tal fin. Posteriormente se parafinan para conseguir mantener el grado de humedad natural. Se toman habitualmente a través de los Sondeos Mecánicos, aunque también es posible tomarlas en las Catas del terreno, siguiendo las indicaciones dadas por el pro-



Figura 5.- Proceso de extracción de probetas testigo, sobre pilar de hormigón.

cedimiento de la correspondiente norma UNE.

-Muestras Alteradas (M.A.): Son muestras del terreno que por su sistema de extracción pierden alguna de las características geotécnicas del terreno en su estado natural. Hay que tratarlas con especial precaución para que los resultados que obtengamos de los ensayos, sean suficientemente fiables. Una vez trasladados al laboratorio de ensayos, se remodela la muestra para tratar de reproducir las condiciones iniciales en su estado natural.

-Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T.): Se trata de un ensayo de penetración por golpeo (S.P.T.: "Standard Penetration Test") que se realiza siempre en el interior del Sondeo Mecánico, generalmente después de realizar una toma de Muestra Inalterada (M.I.), midiendo

el golpeo necesario para avanzar 60 cm en la perforación. Se trata de conocer el número de golpes necesarios para avanzar 60 cm en cuatro tramos de 15 cm cada uno. La suma de los golpes necesarios de los dos tramos centrales nos da el número de penetraciones H30 (número de golpes). Su resultado complementa la información obtenida en la muestra inalterada, existiendo una relación directa entre ambas informaciones.

-Penetrómetro Manual: Se trata de un instrumento elemental, dotado de unas pequeñas "puntas" de sección circular (de distintos diámetros), que proporcionan distintas superficies de contacto, así como de un dial que marca la respuesta del terreno al ejercer presión, de forma manual, con las distintas puntas. No proporciona gran exactitud, pero sí puede ser un método complementario a otros sistemas de estudio del terreno.

-Ensayos de Laboratorio: Una vez tomadas las muestras del terreno, de una u otra forma, por uno u otro método y sea cual sea su procedencia, una vez adecuadamente embalada, protegida y referenciada, se traslada al laboratorio de ensayos para proceder a la realización de los ensayos que consideramos más adecuados y que entendamos necesarios para obtener la información que solicitamos. Entre los ensayos más habitua-

les se encuentran los siguientes:

- Ensayos de identificación de muestra, que incluyen:
- Apertura y descripción de muestra.
- Preparación de la muestra.
- Humedad natural.
- Densidad aparente.
- Límites de Atterberg.
- Análisis granulométrico.
- Ensayo a compresión simple en suelo.
- Ensayo a compresión simple en roca.
- Ensayo de corte directo, consolidado y drenado.
- Ensayo edométrico.
- Ensayo de hinchamiento Lambe.
- Determinación de carbonatos.
- Determinación de la materia orgánica.
- Determinación cuantitativa de sulfatos solubles.
- Análisis químico del agua, que incluye:
- Toma de muestra de agua.
- Determinación de cloruros.
- Determinación de pH.
- Determinación de sulfatos.
- Determinación de sustancias solubles.
- Placa de Carga:** Es un ensayo que se considera especial. Se realiza *in situ* y consiste en la comprobación de la *resistencia del terreno* y de los *asientos previsibles*, que puede tener un terreno a un nivel determinado, fondo de excavación, base de cimentación, etc., con unas cargas determinadas. Consiste básicamente en la colocación de una placa metálica circular, de 30 cm de

diámetro, dotada de un émbolo de empuje, que le proporciona una determinada presión que ejerce un gato hidráulico al que está conectado. Esta presión es controlada por un manómetro incorporado. Una vez instalada la placa, generalmente utilizando un camión como lastre (reacción), se le colocan tres flexómetros (comparadores) con los que vamos a medir las deformaciones que se producen. Conociendo las cargas proporcionadas y las citadas deformaciones, dibujaremos el correspondiente diagrama tensión-deformación y con ello estaremos en disposición de conocer la capacidad portante del terreno y los asientos previsibles.

Existen dos métodos de trabajo, según los resultados que se quiera obtener:

a) Para Geotecnia: (cálculo de cimentaciones).

Obtendremos resultados de capacidad portante y de asientos previsibles en el terreno.

b) Para viales (definición del paquete de firme).

Se estudia el comportamiento elástico del terreno, obteniéndose el Coeficiente de Balasto y el Módulo de Elasticidad del terreno de soporte de un vial.

Los resultados de estos ensayos deben ser tratados con mucha precaución, dadas las propias limitaciones del equipo y del propio método de ensayo, cuyos resultados



Figura 6.- Detalle de equipo de ensayo de ultrasonidos.



Figura 7.- Comprobación de la velocidad de carbonatación, sobre una probeta de testigo de hormigón.



Figura 8.- Comprobación del potencial de corrosión de las armaduras de un pilar.

son válidos únicamente para una profundidad de dos veces el diámetro de la placa de ensayo.

En el hormigón (cimentación y estructura)

Dado que el mayor número de diagnósticos se realizan sobre elementos de estructuras de hormigón, vamos a centrarnos en las herramientas más usuales de que disponemos:

-Extracción de Probetas Testigo:

Se trata de un ensayo destructivo, por casi todos conocido, y que tiene la gran ventaja de que nos facilita el resultado de la resistencia real del hormigón en el momento de la extracción y del ensayo a compresión.

Consiste en la perforación mediante corona de diamante especial (de 75 a 200 mm de diámetro habitual) de una pieza de hormigón, para su posterior extracción y ensayo. El proceso de extracción se efectúa con equipo especial de perforación que se fija al elemento objeto de intervención. La corona se refrigera por agua, dadas las altas temperaturas que se alcanzan con el rozamiento entre la corona y el hormigón. Una vez acabada la extracción, su orificio se rellena con mortero especial de alta resistencia, de retracción controlada y ligeramente expansivo.

Previamente a la extracción se debe proceder a la realización de una determinación profométrica mediante "pro-

fómetro” o “pachómetro” para la localización de las armaduras de la pieza.

-Análisis Ultrasónico: Se trata de un método de ensayo no destructivo que determina la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas a través de una pieza de hormigón, conociendo su dimensión y el tiempo que tardan en atravesarla. Se colocan dos palpadores en zonas opuestas de la pieza y el equipo mide el tiempo que transcurre en atravesar esa onda la pieza de hormigón, de anchura conocida. En función de la velocidad de propagación, se determina de forma aproximada la calidad del hormigón. Este método se debe utilizar como información complementaria a la extracción de probetas testigo, para correlación entre sus resultados. Nunca debe utilizarse como método único.

Otro método del cual no vamos a hablar es el de *Análisis Esclerométrico*, por sus excesivas limitaciones que lo hacen poco fiable y que debemos desechar como método de ensayo.

-Determinación de los Espesores de Carbonatación: De todos es sabido que la carbonatación del hormigón ocasiona una *importante desprotección de las armaduras*. Por ello se hace necesario determinar su profundidad para conocer esa posible influencia sobre las armaduras. El método de ensayo es muy simple, con-

siste en la aplicación de una disolución de fenolftaleína sobre la pieza de hormigón. Es entonces cuando la zona carbonatada se tiñe de color rosa en unos segundos, indicando que se trata de hormigones en adecuadas condiciones de protección de armaduras. Si no cambia de color, el hormigón está carbonatado.

-Comprobación de la pérdida de sección de las armaduras (corrosión): Otro de los pasos a seguir en toda investigación para un diagnóstico estructural es la comprobación de la pérdida de sección de la armadura en proceso de corrosión. El método consiste en determinar el diámetro nominal de la barra y por tanto su sección nominal (tabulado). Se limpian las capas de óxido, eliminando todos los restos de corrosión con cepillo de púas, y mediante un pie de rey se determina el diáme-

tro real en distintos puntos. Con ello se obtiene la sección real de la barra de acero. Por diferencia se obtiene la pérdida de sección, que nos será muy útil más adelante, en el *estudio de la seguridad estructural*. Debemos señalar aquí que los fenómenos de corrosión suelen ser muy escandalosos, llaman mucho la atención y en muchos casos no se produce la pérdida de sección que parecía.

-Determinación del potencial de corrosión: Se trata de un ensayo muy simple que consiste en determinar el potencial de corrosión de una armadura, dentro de un elemento estructural que aparente presentar síntomas de ataque por humedad. Con sus resultados decidiremos las actuaciones a realizar sobre la pieza de hormigón estudiada.

-Realización de calicatas: En muchas ocasiones se hacen imprescindibles para conocer la geometría exacta de la pieza, disposición y diámetro de las armaduras, separación entre ellas, estado de conservación, etc. Se deben realizar en los puntos críticos de la estructura, donde la información obtenida nos sirva para el estudio de seguridad (zona de positivos en centro de viga-cara inferior, zona de negativos en extremo de viga-cara superior, en pilares, en caras opuestas, en el plano del pórtico, etc.). En estas mismas catas se puede realizar



Figura 9.- Cata en pilar de hormigón para comprobar el estado y situación de la armadura, así como la profundidad de carbonatación.

además la comprobación de la profundidad de carbonatación.

-Ensayos de Laboratorio: Con las muestras tomadas en el edificio, se procede a la realización de los correspondientes ensayos de laboratorio. Todos estos ensayos deben ser realizados por un *Laboratorio Acreditado* (según Real Decreto R.D. 1.230/89) y preferiblemente de reconocido prestigio, por lo que todo ello conlleva en cuanto a la garantía y fiabilidad de sus resultados. De entre los ensayos más habituales, destacamos:

-Ensayos sobre hormigón: Mediante el ensayo a compresión simple se determina su resistencia real. Puede determinarse su dosificación, cantidad de cemento, granulometría y algunas otras características, que en algunos casos pueden resultar de interés.

-Ensayos de acero: Una vez tomada una muestra de una barra de acero (siempre mayor de 50 cm de longitud) se procede a su identificación inicial y al ensayo de tracción, determinando su resistencia y su límite elástico.

La prueba de carga

Es un método de ensayo mediante el cual se comprueba el comportamiento estructural de un forjado o una combinación jácenas-forjado. Se puede efectuar una comprobación de las deformaciones



Figura 10.- Cata para comprobar el estado de la armadura.



Figura 11.- Tres probetas testigo de hormigón en el laboratorio, convenientemente refrentadas, preparadas para su posterior ensayo a compresión simple.

de un forjado y también puede considerarse como otro método para evaluar su seguridad estructural.

Consiste básicamente en la aplicación de la carga, de forma secuencial, mediante escalones de carga, uniformemente repartida y con una velocidad controlada. En su parte inferior se han colocado una serie de comparadores (flexímetros), que van midiendo la deformación que sufre el forjado al

tiempo que se va cargando. Para la interpretación de sus resultados se tendrá en cuenta:

- Deformación (en flexímetro).
- Recuperación de su deformación.
- Escalones de carga.
- Carga total.
- Tiempo de carga.
- Aparición de fisuras.

Existe en la actualidad abundante normativa, española y extranjera, que define de forma minuciosa los procedimientos, la interpretación de resultados y los criterios de aceptación o rechazo. El artículo 99.2 de la actual instrucción EHE trata en profundidad este ensayo y sus criterios de interpretación.

Interpretación de los ensayos de laboratorio

Es ésta una labor complicada, y además muy importante. Una vez disponemos de todos los resultados de los ensayos encargados al Laboratorio Acreditado, se procederá a su ordenación, homogeneización, comparación con la normativa en vigor, con las condiciones de proyecto.

Es muy frecuente comparar resistencias a rotura a 28 días de probetas cilíndricas de hormigón fresco con resultados de una probeta testigo de un hormigón con seis años de edad. O la tensión de rotura del acero

con su límite elástico, o una resistencia real del hormigón con un resultado de ultrasonidos, etc. Debemos evitar cometer estos errores con una adecuada interpretación de los resultados.

Interpretación de otros daños

Queda este apartado como un "cajón de sastre", donde analizaremos todas las patologías observadas, lesiones, daños, etc., que no hayamos recogido en capítulos anteriores. La adecuada interpretación de estos "daños colaterales" y su uso apropiado pueden ser de gran interés para completar el proceso de investigación de la patología principal de la estructura que estamos estudiando.

Estudio de Seguridad: Recálculo de la Estructura

Es éste un delicado apartado, donde vamos a utilizar los datos obtenidos en los anteriores trabajos. El uso adecuado y la correcta interpretación de los resultados van a hacer más o menos fiable nuestra evaluación estructural.

Se deben tener en cuenta muchos factores, destacando entre ellos:

- Cargas Reales.
- Cargas Consideradas.
- Cargas Normativas.

Cargas Variables.
Otras solicitaciones.
Etc.

No debemos olvidar la normativa en vigor en la fecha de proyecto, ni la correspondiente a la fecha de construcción de la estructura, así como la normativa en el momento de la peritación, para utilizar la información que en cada caso consideremos más conveniente, según el tipo de intervención.

Con toda esta información se procederá al recálculo de la estructura, para lo que utilizaremos el criterio de cálculo que más se adapte a la patología existente y al objeto de nuestra investigación.

Gestión Documental

No tendrían sentido todos los trabajos realizados anteriormente, si no se exponen y documentan adecuadamente. Ése es el objetivo de este apartado, para el cual se hace necesario disponer de:

-Documentación Gráfica: Planos, esquemas y toda la documentación gráfica de que se disponga al inicio de nuestro trabajo. Se deben confeccionar nuevos planos, esquemas y croquis que recojan claramente los detalles (aun los que pudieran parecer insignificantes), de las patologías observadas.

-Documentación Técnica: Se debe incluir aquí toda aquella documentación téc-

nica complementaria relacionada con la o las patologías estudiadas (fichas técnicas, autorizaciones de uso, etiquetas identificativas de materiales, etc.).

-Documentación Fotográfica: Se debe proceder, durante nuestra intervención, a recoger fotográficamente, todos aquellos detalles que nos parezcan de mayor interés (estado actual de la estructura, fisuras, manchas de humedad, etc.), así como del proceso de investigación (catas, extracción de testigos, tapado de orificios, profundidad de carbonatación, etc.), sin olvidar también algunos aspectos de gran interés en el proceso de ensayo de laboratorio (compresión simple de probeta testigo, ensayo tracción de barra de acero, granulometría del hormigón endurecido de una probeta testigo, etc.).

Recomendaciones de actuación

Para finalizar nuestra intervención, se deben emitir unas *concretas, claras y concisas conclusiones* del estado actual de la estructura y de las causas que lo han podido provocar, así como las *recomendaciones* que se consideren oportunas. Debemos describir las *distintas alternativas de solución*, clarificar los *criterios de selección* y la *actuación o solución más razonable*, teniendo siempre en

cuenta el *principio de mínima intervención* y el de "última ratio".

Emisión de Informe

Como resultado de toda nuestra actuación en el estudio de una patología, como punto final en el proceso de diagnóstico, está la redacción del Informe. El INFORME FINAL deberá contener al menos los siguientes apartados:

1. Antecedentes
2. Alcance del presente estudio
3. Documentación que se nos aporta
4. Desarrollo de la inspección

Descripción del edificio
 Inspección visual
 Descripción de daños observados
 Colocación de testigos de yeso (Gráficos de seguimiento)
 Apertura de calas, rozas y calicatas
 Comentarios a los resultados de la inspección

5. Desarrollo de la investigación

Estudio geotécnico
 Análisis profométrico (pachómetro)
 Análisis ultrasonidos
 Extracción de probetas-testigo
 Prueba de carga
 Ensayos de laboratorio
 Otros ensayos
 Caracterización de materiales

6. Evaluación de la seguridad de la estructura del edificio



Figura 12.- Toma de muestras de armadura para su ensayo.



Figura 13.- Aspecto general de la balsa de agua del lastre de una prueba de carga de forjado.

Establecimiento de acciones
 Base de cálculo
 Cálculo de solicitaciones
 Comprobación de seguridad

7. Conclusiones sobre el estado actual del edificio

8. Trabajos de intervención
 Necesidades de reparación y/o de refuerzo
 Alternativas de reparación y/o de refuerzo

Desarrollo de la o las soluciones elegidas
 Valoración aproximada (orientativa)

9. Conclusiones
10. Recomendaciones
11. Consideraciones finales

Anejos:

Anejo I: Actas de resultados.

Anejo II: Documentación Técnica (Fichas, prospectos, etc.).

Anejo III: Documentación Gráfica: Planos, Croquis y Esquemas.

Anejo IV: Documentación Fotográfica.

Anejo V: Copia de la documentación aportada (si se considera de interés).

El Informe Final siempre deberá acabar, como ya se ha dicho, con unas *claras y concisas conclusiones* a las que nos ha llevado todo el proceso de inspección e investigación, así como con nuestras *recomendaciones de actuación*.

Deberá ir *firmado por el técnico o los técnicos intervinientes* y se visará en el correspondiente Colegio Profesional, como garantía de su contenido y de la responsabilidad del técnico firmante, autor del trabajo.

Con todo ello, habremos conseguido desarrollar un adecuado trabajo que se traducirá en unas *conclusiones fiables* y unas *recomendaciones de actuación aptas para resolver el problema* o la patología objeto de nuestra intervención.