

**INSTITUTO DEL CONCRETO
ASOCRETO**

SEMINARIO

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS ESTRUCTURAS EN CONCRETO

Ing. HAROLD ALBERTO MUÑOZ M.

Bogotá D.C., Noviembre 22 y 23 de 2001

EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO

HAROLD ALBERTO MUÑOZ M.

Ing. Civil – Universidad del Cauca

Master of Science – University of Massachusetts

Ingeniería y Patología de Estructuras

INTRODUCCIÓN

De los procesos de rehabilitación de una edificación, la evaluación y el diagnóstico constituye el paso quizá más importante puesto que de acuerdo con su definición vendrá la decisión de la intervención. Acertar en el diagnóstico representa el éxito de la inversión y por supuesto en la solución de las patologías causantes del problema.

No resulta fácil definir una metodología expresa y única para realizar la evaluación y diagnóstico contrario a lo que se sucede por ejemplo en el caso del diseño estructural de una edificación nueva, donde se sigue un flujo coherente y sistemático con mayor o menor énfasis en algunas etapas dependiendo de las características propias del edificio en particular. Por otro lado, para la evaluación de patologías en estructuras de concreto no resulta fácil señalar una indicación única para la interpretación de un deterioro en particular ya sea por la presencia de una fisura, deterioro, mancha o anomalía. Una misma manifestación de daño en un caso puede interpretarse asociada a una causa que puede variar en circunstancias diferentes dentro de la mecánica estructural.



Figura 1 – Daños de deterioro evidente en una edificación. Cada manifestación de daño tiene su naturaleza la cual debe investigarse con conocimientos y responsabilidad.

Por ejemplo, una fisura asociada a la flexión puede en un caso significar falta de acero de refuerzo por diseño deficiente aunque en otros casos puede asociarse a la presencia de una sobrecarga. La inapropiada interpretación del funcionamiento estructural puede llevar a un equivocado diagnóstico y por lo mismo a unos inadecuados procesos de intervención como sucede por ejemplo con la dilatación que se forma en una placa de entepiso en el denominado sector de la plataforma, derivado del normal comportamiento estructural tomado en cuenta las recomendaciones geotécnicas y lo previsto en el diseño estructural cuando se decide independizar cada sector estructural tanto en el tipo de cimiento como en el resto de la estructura.



Figura 2 – Dilatación en la placa de la plataforma de un piso donde aparentemente se ha formado una fisura indebida.

De allí resulta la necesidad de señalar algunos criterios muy claros que permitan apoyar la labor del diagnóstico como vía para la mejor interpretación de los daños presente en una edificación particular para lo cual comentaremos las que a nuestro juicio deben considerarse importantes.

TIPOS DE INSPECCION

Dependiendo de la circunstancia que haya causado la realización de la inspección a un inmueble, se hará necesario desarrollar a menor o mayor profundidad una evaluación que permita comprender la naturaleza de las afectaciones. En cualquier caso se requiere suficientes conocimientos y criterio de parte del profesional que efectúa la evaluación puesto que de la fundamentación y responsabilidad de sus apreciaciones podrán derivarse

procesos de mayor o menor intervención con los consiguientes efectos sobre la edificación.

Así queda claro que la inspección de una estructura es una tarea compleja que requiere destrezas y conocimientos sobre los materiales y el comportamiento estructural. La observación y análisis permiten determinar las causas de las manifestaciones de daño que pocas veces se encuentran de manera evidente y las más cuando se trata de una combinación de circunstancias.



Figura 3 – La inspección de un inmueble requiere familiaridad y conocimientos con los aspectos de comportamiento y mecánica de las estructuras.

La aparición de patologías de distinta naturaleza obliga la presencia en el inmueble de uno o varios profesionales capacitados para tales fines con suficiente idoneidad para evaluar y diagnosticar la naturaleza del daño. Lo anterior quiere decir que ante la evidencia del daño se realiza la inspección siendo esta metodología utilizada en casos cuando probablemente los daños pueden comprometer algunas de las condiciones propias de los elementos estructurales tales como la resistencia, estabilidad, durabilidad entre otras.

Surge entonces la necesidad de realizar distintos tipos de inspecciones de acuerdo a la necesidad que se tenga para evaluar la prevención o el daño. Esta es una metodología que solo las condiciones propias del inmueble en consideración puede definir la prevalencia de una o varias de ellas.

De acuerdo con el alcance que se desee señalar en una investigación, podemos distinguir las siguientes clases de inspección que desarrollaremos enseguida:

- Inspección Preliminar
- Inspección Detallada
- Inspección Especial e
- Inspección Rutinaria o de mantenimiento.

INSPECCIÓN PRELIMINAR

El propósito de esta inspección es el de evaluar de manera inicial o preliminar las condiciones en que se encuentra una edificación. Se trata de recorrer el inmueble y mediante una fundamentada observación formarse una idea clara y precisa del estado general, evaluar el tipo de problemas que la afectan con lo cual, se determina si es necesario pasar a una inspección más rigurosa.

Para su realización es importante poseer la anuencia del propietario y sólo es necesaria la presencia de un profesional experto en los temas de patología de edificaciones quien con la simple observación determina de manera general el estado del inmueble. Tales observaciones pueden ocurrir cuando se presentan posibilidades de negocios de propiedad raíz, cambio de uso, pequeñas alteraciones por renovación de acabados, anomalías de diversos tipos, cambio de uso y eventualmente después de circunstancias especiales como la ocurrencia de un sismo pero en este caso con la presencia de profesionales adiestrados en este tipo de metodologías.

Puede ocurrir, sin embargo que la inspección preliminar determine la necesidad de una investigación detallada y rigurosa como veremos enseguida pero la Inspección Preliminar representa una muy buena oportunidad para conocer sobre el estado de las edificaciones y probablemente algún daño por incipiente que parezca descubierto en esta etapa evitara un mayor costo de la reparación que si se determina tardíamente.



Figura 4 – La inspección preliminar es el primer paso para el mejor tratamiento de las patologías de las edificaciones.

Esta Inspección Preliminar se realiza sin ningún tipo de equipo y se excluye la ejecución de pruebas puesto que solamente derivado de la inspección preliminar se procederá a formular una inspección mas profunda o detallada.

Cada edificación posee su propia característica de comportamiento casi como cada persona posee su propia personalidad de manera que conocer sus características lleva consigo una exhaustiva investigación de sus propiedades razón por la cual es necesario conocer los antecedentes del mas variado orden con miras a conseguir suficiente información que conduzca a la mejor comprensión de su comportamiento.

Como resumen de lo anterior podemos decir que de una edificación deben conocerse aspectos de índole general y particular entre los que se destacan los mostrados en la siguiente Tabla:

Tabla 1 . – Aspectos generales de toda edificación

ITEM	OBSERVACIONES
Nombre	
Dirección	
Localización	
Propietario	
Ciudad	
Número de pisos	Originales y ampliaciones
Tipo de inmueble	Casa, edificio, bodega
Tipo de cubierta	Placa, Tejas
Área de la construcción	Por piso y total
Año de construcción	Puede ser aproximada
Fechas de otras intervenciones	
Unidad independiente	Apartamento o edificio
Constructor	Matrícula profesional
Arquitecto diseñador	Matrícula profesional
Diseños de Ingeniería	Estudio de suelos, Diseño estructural
Uso e historia de utilización	Vivienda, oficinas, comercio
Estudios previos	
Planos de construcción	Planos de la obra o de intervenciones anteriores
Materiales predominantes	Mampostería, Concreto, madera
Normas utilizadas	
Documentos de obra	Bitácora, memorandos, correspondencia
Medio ambiente circundante	Ampliar información dado su importancia
Condiciones topográficas	Evidencia de alteraciones
Accidentes geotécnicos	
Documentos adicionales	Reclamaciones

Cuando las circunstancias lo determinen, puede elaborarse un Informe de esta Inspección Preliminar en el cual puede hacerse referencia a los aspectos generales ya comentados

de la edificación y definiendo la labor siguiente en caso de así se recomiende o dar por terminada esta evaluación preliminar.

En algunos casos el alcance de una Inspección Preliminar puede avanzar a profundizar aspectos relacionados con la capacidad estructural y eventual requerimientos de reforzamiento los cuales serán tratados con más detalle dentro de la Inspección Detallada mas adelante.

El Informe de la Inspección Preliminar puede contener datos y referencias como las ya indicadas en la Tabla 1 complementadas con aspectos como los establecidos en la siguiente Tabla:

Tabla 2 . – Referencias del Informe Preliminar

ITEM	OBSERVACIONES
Nombre	
Antecedentes de la edificación	
Evaluación visual	
Daños y anormalidades	
Humedades	
Manchas	
Fisura o grietas	
Propuesta para:	
Mediciones	
Zonas de evaluación	
Ensayos recomendados	
Recomendaciones inmediatas	
Plan del trabajo posterior	

La referencia de las anteriores actividades es solo una secuencia de las posibilidades o alternativas que se pueden presentar dependiendo de las condiciones que presente el inmueble y del buen juicio del evaluador. En algunos casos las circunstancias pueden determinar que se derive de esta Inspección directamente un diagnóstico ante la evidencia de los daños y su tratamiento.

Para casos de gran cantidad de inmuebles, edificaciones, obras públicas, etc., pueden elaborarse formatos que soporten la Inspección Preliminar, los cuales se utilizan para evaluar de forma rutinaria y progresiva el estado en que se encuentren con el fin de establecer procedimientos sistemáticos de observación a partir de los cuales se realicen labores de mantenimiento y conservación.

En cuanto al medio ambiente que rodea una edificación, es importante calificar y cuantificar su entorno de manera preliminar mediante la valoración de los aspectos que se relacionan en la siguiente Tabla:

Tabla 3. – Aspectos del medio ambiente

ITEM	OBSERVACIONES
Nombre	
Atmósfera	Rural, urbana, marina, industrial
Agua	Natural, doméstica, industrial
Suelo	Natural, relleno
Temperatura	Alta, media, baja
Vientos	

INSPECCIÓN DETALLADA

Cuando la Inspección preliminar lo recomienda o la evidencia de los daños lo hace necesaria, se realiza un tipo de Inspección que llamaremos **INSPECCIÓN DETALLADA** por cuanto las condiciones y circunstancias presentes en la edificación exijan una exhaustiva investigación. A ella esta referida el presente capítulo.

INSPECCIÓN ESPECIAL

La inspección Especial está recomendada como una caso particular de patologías puntuales cuando de manera casi repentina o súbita aparecen daños que afectan la edificación y se hace necesaria una inspección a partir de la cual se toman medidas inmediatas como por ejemplo, la evacuación de un edificio por daños causados por la construcción en la vecindad, daños por acciones terroristas, por efecto de un sismo, etc. Podría decirse que corresponde a una parte de la Inspección detallada.

Se puede elaborar un informe en el cual se haga referencia al motivo de la inspección, señalando las pautas y recomendaciones que deben seguirse especialmente frente a la estabilidad y seguridad derivada del uso del inmueble.

INSPECCIÓN RUTINARIA O DE MANTENIMIENTO

La inspección Rutinaria o de mantenimiento como su nombre lo indica se realiza en períodos regulares de tiempo como parte de programas de prevención de daños o como fundamento para acciones de limpieza, reposición de acabados, pintura, etc.

INSPECCIÓN DETALLADA

La Inspección Detallada cubre un conjunto de acciones que deben seguirse de forma secuencial y programada y cubre entre otras, las siguientes labores:

Investigación Documental

Inspección visual detallada
Levantamiento gráfico de daños
Recuento fotográfico
Planeamiento y definición de ensayos
Diagnóstico de Patologías
Informe de la Inspección

INVESTIGACION DOCUMENTAL

Es evidente que el primer paso de la evaluación de una edificación será la recopilación de toda la información escrita, dibujada o esquematizada relativa al proyecto o ejecución de la construcción. Se incluye dentro de los documentos, el diseño arquitectónico, el estudio geotécnico o de suelos, el proyecto estructural, memoria de los cálculos, libro de obra, registros de interventoría, etc. sin descartar los antecedentes que puedan existir inclusive sobre comportamiento de las edificaciones aledañas.



Figura 5 – Las estructuras expuestas al intemperismo se ven afectadas cuando la durabilidad no fue considerada dentro del diseño o construcción

Algunas edificaciones poseen tales documentos gracias a la buena gestión de las empresas administradoras de la copropiedad que reciben de las firmas constructoras esa información y guardan con mucho celo cada documento. En algunas entidades gubernamentales sobresale el orden y rigor en el manejo de los archivos lo que permite obtener la información completad y con prontitud. En otros casos se adolece de

negligencia y desinterés en mantener adecuados niveles de organización los archivos. En algunas ciudades, la autoridad municipal encargada de expedir las licencias de construcción puede poseer archivos de documentos que facilitan esa tarea. En otros casos, la información documental es nula lo cual hace más difícil este proceso por lo que debe recurrirse a una ardua tarea de restitución e investigación con los consiguientes sobrecostos por la implicación del trabajo y el tiempo requerido para su realización.

Dependiendo de la antigüedad del inmueble es probable que en edificaciones realmente antiguas no existan documentos técnicos que den apoyo a la búsqueda de los antecedentes de la construcción pero habrá que agotar la búsqueda de datos probablemente en archivos o crónicas históricas incluyendo revistas, periódicos, libros, etc y aún la crónica de personas mayores que cuentan sobre diversos aspectos que rodearon la ejecución de una edificación.

Se deben conocer hasta donde ello sea posible, los datos de la fecha de construcción, en caso de que sea aplicable, la licencia de construcción y planos o documentos de reformas, materiales, procesos constructivos, etc. En algunos casos las fotografías de las obras o del sector permiten conocer de las modificaciones que a lo largo del tiempo se han llevaron a cabo.

Con las Memorias del análisis y diseño estructural se logra conocer las Cargas de diseño, parámetros de los materiales, métodos de análisis y cálculo, sistema estructural de resistencia y Normas o códigos vigentes para la fecha de construcción.

INSPECCIÓN VISUAL DETALLADA

El propósito de realizar un detallado inventario de los daños mediante un levantamiento, es el determinar el grado de compromiso de la estructura por tales efectos además de permitir la cuantificación de la rehabilitación.

La realización de esta etapa implica las labores previas de la ejecución de planos de la estructura a escala y ahora preferiblemente en medio magnético para el posterior manejo de la información gráfica. Con los planos se realiza un detallado levantamiento de daños transcribiendo en ellos todas las afectaciones que presente la edificación.

Se deben efectuar las anotaciones lo mas precisas posibles indicando el área afectada, la longitud que cubre el daño, tamaño de las fisuras, características principales, zonas de humedades y manifestaciones externas de daño. Se debe elaborar a medida que se van requiriendo una clasificación o nomenclatura de los daños para lo cual es necesario establecer un glosario de términos como el siguiente, adoptado del ACI.

En cada caso se calificará objetivamente la magnitud y se localizarán en el plano para facilitar su cuantificación como herramienta importante en el posterior proceso de obra.

Los criterios y definiciones de algunos de los términos relacionados con la calidad y durabilidad de la edificación que se usarán y definirán en el estudio son los siguientes:

A .- FISURA:

Se denomina fisura la separación incompleta entre dos o más partes con o sin espacio entre ellas. Su identificación se realizará según su dirección, ancho y profundidad utilizando los siguientes adjetivos: longitudinal, transversal, vertical, diagonal, o aleatoria. Los rangos de los anchos de acuerdo con el ACI son los siguientes:

Tipo	Medida
Fina	Menos de 1 mm
Media	Entre 1 y 2 mm
Ancha	Mas de 2 mm

Se deben utilizar comparadores de fisuras o fisurómetros para medirlas y monitorearlas y se instalarán algunos testigos para definir el actual estado de actividad.

Patrón de fisuración:

Se refiere a la cantidad de las fisuraciones sobre la superficie, pudiendo ser localizada, media o amplia.

B .- DETERIOROS

Se denomina deterioro cualquier cambio adverso de los mecanismos normales, de las propiedades físicas o químicas o ambas en la superficie o en el interior del elemento generalmente a través de la separación de sus componentes.

Desintegración:

Deterioro en pequeños fragmentos o partículas por causa de algún deterioro.

Distorsión:

Cualquier deformación anormal de su forma original.

Eflorecencia:

Depósito de sales, usualmente blancas que se forman en las superficies.

Exudación:

Líquido o material como gel viscoso que brota de los poros, fisuras o aberturas en la superficie.

Incrustaciones:

Costra o película generalmente dura que se forma en la superficie de concreto o de la mampostería.

Picaduras:

Desarrollo de cavidades relativamente pequeñas en la superficie debido a fenómenos tales como la corrosión o cavitación o desintegración localizada.

Cráteres:

Salida explosiva de pequeñas porciones de la superficie de concreto debido a presiones internas en el concreto que permite en la superficie la formación típicamente cónica.

Escamas:

Presencia de escamas cerca de la superficie del concreto o mortero.

Estalactita:

Formación hacia debajo de materiales provenientes del interior del concreto

Estalagmita:

Formación hacia arriba de materiales provenientes del interior del concreto.

Polvo:

Desarrollo de material de polvo sobre la superficie dura.

Corrosión

Desintegración o deterioro del concreto o del refuerzo por el fenómeno electroquímico de la corrosión.

Goteras

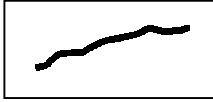
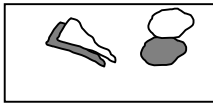
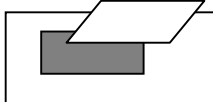
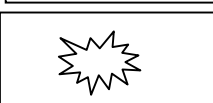

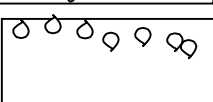

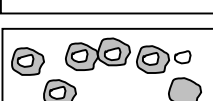
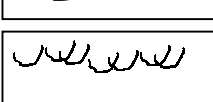
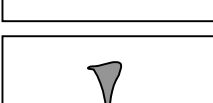
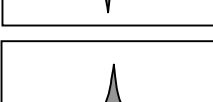
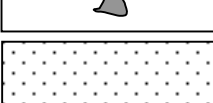


Humedad causada por las aguas lluvias bajo la cubierta.

METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO GRÁFICO DE PATOLOGÍAS

Para la mejor comprensión de las causas asociadas con las patologías existentes en una edificación bajo estudio, se recomienda la ejecución del levantamiento gráfico de ellas siguiendo una metodología que parte de la definición de un conjunto de convenciones como las establecidas en la Tabla 4. Para cualquier tipo de daños, puede establecerse una convención semejante que de alguna manera asocie el fenómeno físico con la representación gráfica.

Debe quedar claro que para este proceso no es necesario definir la causa del daño. Es decir, se trata de realizar un levantamiento de daños para transcribirlo de la mejor manera posible al dibujo del elemento. Por ejemplo, una viga puede contener un conjunto de fisuras que sin importar si son por causa de la flexión, el esfuerzo cortante u otro motivo, se transcriben de acuerdo con su localización y posición al dibujo del elemento estructural sin asociarlas al fenómeno al que pertenecen. Posteriormente se definirá el patrón de daño y se diagnosticará su causa de acuerdo con el juicio de valor que debe sustentarse.

Tabla 4 – Convenciones para levantamiento de daños

	Tipo de daño	Convención gráfica
	Fisuras	
	Desintegración	
	Distorsión	
	Eflorescencia	
	Exudación	
	Incrustaciones	
	Picaduras	
	Cráteres	
	Escamas	
	Estalactita	
	Estalagmita	
	Polvo	
	Corrosión	
	Goteras	

Para ejecutar este levantamiento no se requiere personal especializado pero si personas con suficiente criterio y capacidad para distinguir el daño y poderlo reproducir apropiadamente en los dibujos del levantamiento. Se establece que las personas que ejecuten esta labor, utilicen casco y vestimenta apropiada con los recursos necesarios como comparador de grietas, cámara fotográfica, binóculos, lupas, lápices de colores, marcadores, papel engomado, linterna, cinta métrica, hojas y tabla de soporte, etc.

Para realizar el levantamiento de daños y de acuerdo con la magnitud e importancia de ellos, se pueden elaborar, ojalá previamente, algunos esquemas axiométricos y otros desarrollados del elemento que se desea reproducir con el fin de soportar el diagnóstico del patrón de daño. Los dibujos deben realizarse a la escala apropiada.

Grietas y fisuras: El levantamiento de grietas y fisuras debe realizarse indicando su dirección, posición, longitud, y dimensión de su ancho.

Se puede elaborar un esquema que contenga la sección acotada de la sección recta y la sección desarrollada de la misma de manera que una grieta pueda mostrarse de manera continua en cada cara de la superficie desarrollada.

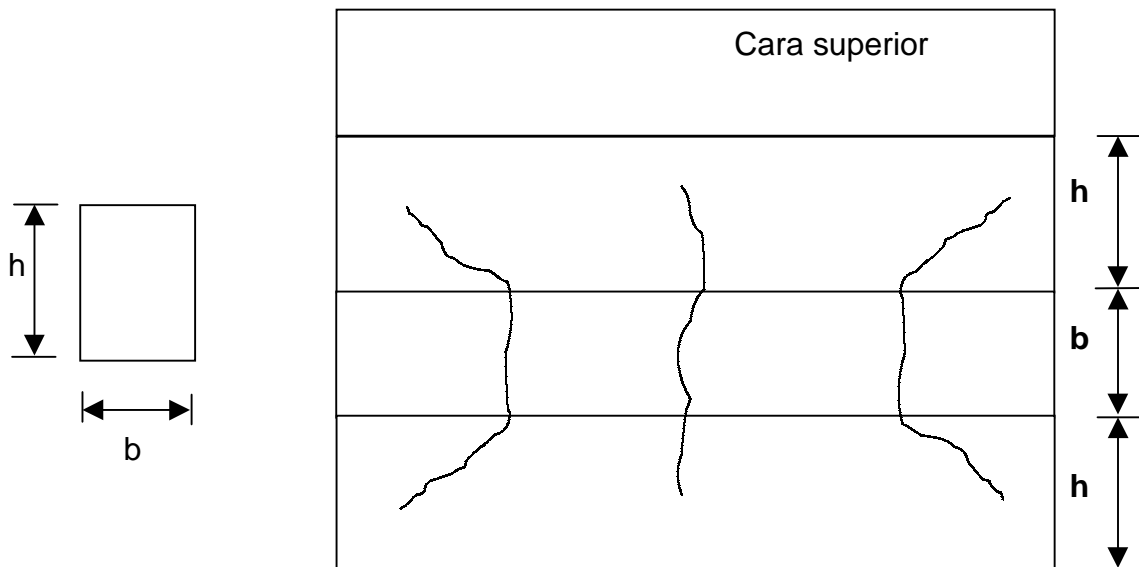


Figura 6 - Ilustración del levantamiento de fisuras en una viga.

Placas de entrepiso: Para el caso de placas de entrepiso, se recomienda que el levantamiento del patrón de daño incluya la observación por cada una de las dos superficies para luego superponer el dibujo con miras a observar la asociación entre ellas.

Columnas: De manera semejante al caso de la vigas, se debe realizar el desarrollo de cada una de las caras de la columna para sobre ellas anotar el patrón de daño.

RECUESTO FOTOGRAFICO

Se debe realizar un recuento fotográfico detallado y concordante con el levantamiento de daños mediante fotografías que sustenten cada patología con una breve descripción de ella señalando como referencia el lugar que le corresponde dentro del área en consideración.

Se recomienda que la fotografía incluya una referencia como por ejemplo la numeración continua mediante marcadores de manera inequívoca se defina el lugar de la toma fotográfica.



FOTOGRAFIA No. 22 – Daño en la fachada de la mampostería que cubre la estructura en el lugar del empalme entre la edificación y la zona de la plataforma. Para realizar la reparación primero debe asegurarse la estabilidad de la torre del edificio y posteriormente la intervención de las zonas afectadas tanto en lo que respecta a la estructura como a los acabados y otros elementos no estructurales como en este caso las puertas de acceso a los parqueaderos.

HAROLD ALBERTO MUÑOZ MUÑOZ
INGENIERÍA Y PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS
Carrera 9 B # 121-39 ■ 213 5342 – 619 4062 – 522 6170
Bogotá D.C., Colombia

OBRA:
EDIFICIO MALCA
CALLE 16 #127-20
Ciudad.

EJEMPLO
RECUESTO
FOTOGRAFICO
FECHA

Figura 6 – Ejemplo del recuento fotográfico

Las fotografías pueden contener la fecha si la cámara lo permite o mediante la aparición en algunas fotos, de la primera página del periódico del día. Cuando sea necesario hacer referencia al nombre del eje o del elemento, se puede utilizar su nombre escrito mediante marcador grueso sobre papel engomado el cual se coloca en la proximidad del lugar de la toma fotográfica.

Este documento gráfico es una herramienta fundamental como apoyo a las definiciones del tipo de daño asociadas al patrón prevaleciente por lo cual algunas de las fotografías deben tomarse con lentes gran angulares y otras de detalle con lentes telescópicos (zoom). Algunas otras fotografías deben tomarse con lentes normales. Preferentemente las fotografías deben tomarse sin la utilización de flash puesto que la intensidad de la luz puede variar considerablemente el efecto que se quiere mostrar. De igual manera se recomienda que las fotografías sean procesadas en papel mate.

Se entregarán las fotografías en papel debidamente clasificadas, comentadas y con la referencia del lugar que les corresponde dentro de la edificación.

PLANEAMIENTO Y DEFINICIÓN DE ENSAYOS

Como punto de partida dentro de un estudio de Patología presentes en una edificación es necesario el pleno conocimiento del inmueble de manera que antes de realizar cualquier actividad, se debe recorrer repetidas veces la edificación con el fin de formarse una idea clara de su condición y de acuerdo con esto señalar las áreas de los trabajos de inspección. En esta etapa del estudio se definen los lugares y tipo de labores a realizar, tomando en consideración circunstancias tan variadas como por ejemplo si el edificio esta habitado o si existe disponibilidad de fluido eléctrico.

No es posible señalar un procedimiento rutinario, único y completo del tipo de ensayos que deben realizarse puesto que eso depende de los daños presentes y del criterio del profesional que realiza la inspección. En algunos casos las afectaciones pueden provenir de la respuesta de la edificación a las cargas verticales con lo cual los daños se asocian a la mecánica estructural, o de igual manera a los efectos sísmicos con lo cual prevalece en el estudio la investigación hacia las variables referidas al análisis y diseño estructural, donde por ejemplo, la valoración de la resistencia de los materiales juega un papel muy importante. En otros casos las patologías pueden estar asociadas con circunstancias derivadas del intemperismo de la edificación y serán otras variables las que deben tomarse en cuenta. Así mismo existen casos en donde los daños no muestran su naturaleza de manera evidente, por lo cual será el criterio de profesional quien establecerá el tipo de evaluaciones más convenientes en procura de conocer las causas de los deterioros. De todas maneras es importante aclarar que la planeación y realización de ensayos se hace a partir de las hipótesis preliminares de las patologías y el grado de compromiso que presenta la edificación

La planeación consiste en la selección del tipo de pruebas y ensayos que deben realizarse con el fin de definir la causa de los daños y conociendo la causa proceder a formular una

metodología de reparación o rehabilitación. No existe una regla fija que permita señalar el número de pruebas necesarias pero en algunos casos se deben ampliar el número de ellas para confirmar el diagnóstico.

Se recomienda que la toma de información sea clara y precisa por lo cual puede utilizarse forma preimpresas para cada ensayo de forma tal que faciliten este trabajo.

TIPOS DE ENSAYOS

Dependiendo de las condiciones de la edificación y sus manifestaciones de daño, deben formularse el tipo de ensayos, su número y localización de manera que esta labor signifique una representación de las condiciones de toda la edificación,

Algunos de los ensayos que usualmente se realizan en los estudios de Patología Estructural son los siguientes:

Tabla 5 - Principales ensayos en estructuras de concreto

Tipo de ensayo	Propósito
Localización de acero	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar su existencia • Facilitar la extracción de muestras del concreto • Confirmar el diseño
Medición del recubrimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar capacidad de resistencia • Determinar posición de estribos y refuerzo • Posibilidad de corrosión • Comparar con frentes de daño
Prueba de carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la profundidad del frente de disminución del pH
Materia orgánica	<ul style="list-style-type: none"> • Determina el contenido de materia orgánica
Prueba de humedad relativa	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la humedad en el 1 cm de los poros del concreto
Prueba de contenido de Cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la cantidad de cloruros solubles en el concreto
Extracción de núcleos	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el parámetro $f'c$ • Determinar el módulo de elasticidad • Profundidad de fisuras • Comparar con los frentes de daño • Medición de pH
Pistola de Windsor	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la resistencia asociada a la dureza
Ultrasonido	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la resistencia asociada a la velocidad de propagación de una onda de sonido
Esclerómetro Schmidt	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la resistencia asociada al golpe de

	un martillo
Prueba de adherencia	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la capacidad de resistencia para la adherencia con un nuevo concreto • Resistencia a la tensión de la superficie
Nivelación de superficies	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar eventuales asentamientos
Plomo de muros o columnas	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar eventuales asentamientos
Instalación de medidores de fisuras	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la actividad de las fisuras y grietas
Evaluación petrográfica	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la microestructura del concreto desde el punto de vista de la durabilidad
Medidas de potencial	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un mapa de potenciales electroquímicos para determinar zonas de riesgo de corrosión
Porosidad	<ul style="list-style-type: none"> • Medida de la compacidad de la masa de concreto
Velocidad de corrosión	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la velocidad de pérdida de sección de acero
Pruebas de carga	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la capacidad resistente de una estructura

Para cada uno de los ensayos relacionados en la Tabla 5 anterior, en el capítulo de ensayos y pruebas se encuentran debidamente comentados y descritos los procedimientos que para su ejecución deben seguirse.

DIAGNÓSTICO DE LAS PATOLOGÍAS

A partir de las diferentes observaciones que se ejecuten, del levantamiento de daños que se realice, de los resultados de los ensayos y mediciones, se formulará el diagnóstico de las patologías y daños detectados con la explicación que soporta la mejor comprensión del fenómeno de daño con lo cual se realizará un Informe de las Patologías encontradas.

En cada caso, se clasificarán y se calificaran los daños con el fin de tipificarlos tanto del daño en sí como de los posteriores procedimientos de obra para lo cual, basados en los esquemas del levantamiento de daños se procederá a formular las técnicas de reparación.

Es probable que por el grado de deterioro que presentan algunas zonas puntuales de algunos elementos estructurales, se requiera evaluar y diseñar su reforzamiento para lo cual se requiere realizar el análisis y diseño estructural para lo cual existen en el mercado distintas ayudas de diseño para los distintos sistemas estructurales aceptados por las normas pertinentes.

Se formulará la metodología de la intervención señalando en los esquemas del levantamiento los procedimientos a seguir. Para cada uno de los elementos o zonas a reparar se indicará la información pertinente entre las cuales se destacan las siguientes:

Apuntalamiento recomendado, señalamiento de la zona, profundidad del recalce, equipo requerido, procedimiento para preparar la superficie, tipo y dosificación del concreto de la reparación, materiales y equipo requerido.

Se entregará en medio escrito y en medio magnético de manera descriptiva cada uno de los items que deben cumplirse en el posterior proceso de obra.

DESCRIPCION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Se trata de identificar el sistema estructural de resistencia que comúnmente esta compuesto por las columnas, vigas, placas, amarres, conexiones, diafragmas, muros de cortante y la cimentación.

La definición del sistema estructural debe estar acompañada de la realización de planos de la edificación en caso de que ellos no existan, pero debe agotarse su consecución en vista de la importante información que pueden contener y facilitar labores posteriores del diagnóstico.

Se debe complementar la información realizando algunos esquemas del planeamiento general incluyendo detalles particulares en función de las características propias de las patologías presentes como por ejemplo la presencia de árboles, fuentes de agua en la cercanía, accidentes topográficos, vías con alto tráfico, etc.

De acuerdo con la Norma Colombiana de Construcción, se establece los siguientes sistemas y subsistemas.

Tabla 5 – Sistemas estructurales según la NSR-98

Sistema	Subsistema	Observaciones
Muros de carga	Paneles de cortante de madera	
	Muros estructurales	
	Pórticos con diagonales	
Pórtico	Pórticos resistentes a momento	
	Pórticos losa-columna	
	Estructura de péndulo invertido	
Combinado	Pórticos de acero con diagonales excéntricas	
	Muros estructurales	
	Pórticos con diagonales concéntricas	

Dual	Muros estructurales	
	Pórtico de acero con diagonales excéntricas	
	Pórticos con diagonales concéntricas	

La definición del sistema estructural debe estar acompañada de la realización de planos de la edificación en caso de que ellos no existan, pero debe agotarse su consecución en vista de la importante información que pueden contener y facilitar labores posteriores del diagnóstico.

Se debe complementar la información realizando algunos esquemas del planeamiento general incluyendo detalles particulares en función de las características propias de las patologías presentes como por ejemplo la presencia de árboles, fuentes de agua en la cercanía, accidentes topográficos, vías con alto tráfico, etc.

ELABORACIÓN DEL INFORME DE LA INSPECCIÓN DETALLADA

Al igual que lo dicho para señalar el proceso de Inspección, la ejecución de un Informe de Patología está supeditado a la condición del estudio y sus particularidades. El lenguaje debe ser sencillo, claro y específico con el debido soporte técnico y científicos que demuestre la naturaleza del daño y la propuesta de intervención.

A manera de recomendación se propone la realización de un Informe que contenga cada uno de los aspectos analizados durante la Inspección que de manera general se recomienda la siguiente tabla de contenido:

Tabla 6 – Contenido del Informe de la Inspección Detallada

Temática	Contenido
Introducción	Alcance y motivación para la realización del estudio, breve descripción de la edificación y su entorno
Investigación Documental	Resultados de la Investigación Documental: Desarrollo histórico. Lista de documentos recopilados.
Inspección visual	Descripción de la Inspección visual y condiciones de servicio
Levantamiento de daños	
Recuento fotográfico	
Diagnóstico de Patologías.	Referencias a Normas o a la literatura o investigaciones.

Diseño y/o Propuestas de intervención	
Conclusiones	
Recomendaciones constructivas	
Especificación de materiales	
Cantidad y programación de obra	
Presupuesto	
Anexos anunciados	

Dada la trascendencia que un Informe de Patología puede tener, no se recomienda transcribir de manera parcial apartes de él o resúmenes que no tomen en cuenta la condición de interrelación que pueda existir por la naturaleza de algunas patologías.

Algunos de los puntos recomendados se tratan en este capítulo y los faltantes en otros dada la forma como esta dispuesto el contenido de la presente publicación.