



Titulo:

Peritaje relativo a fallas estructurales

Tesina que para obtener el grado de especialista en construcción en el ramo de la edificación y vivienda.

Presenta

Iván Banda Peimbert

México, Distrito Federal 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Objetivo general.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivo Particular	4
Introducción.....	4
Capitulo 1 EL PERITO ESTRUCTURAL.....	6
Capitulo 2 PATOLOGIAS MAS COMUNES EN LAS EDIFICACIONES.....	8
2.1. Guía para el diagnostico de patología en las edificaciones.....	11
2.1.1. Corrosión de acero de refuerzo.....	12
2.1.2. Cavidades superficiales	13
2.1.3. Columna corta	14
2.1.4. Columna débil y viga fuerte.....	15
2.1.5. Punzonamiento y fallas de núcleos de servicios.....	16
2.1.6 Irregularidades en planta y altura; cambios bruscos de rigidez y resistencia.....	17
Capitulo 3 POSIBLES FALLAS EN UNA ESTRUCTURA.....	18
3.1. Fisuras.....	18
3.2. Deflexiones.....	20
3.3. Degradación del concreto.....	21
3.3.1. Ataque de ácidos.....	22
3.3.2. Formación de sales expansivas.....	23
3.3.3. Reacción con cationes.....	23
3.3.4. Corrosión del acero	24
3.4. Colapso.....	27
3.5. Falla por diseño.....	30
3.5.1. Planos.....	31
3.5.2. Mala planeación financiera.....	32
3.5.3. Empleo de materiales inadecuados.....	32
3.5.4. Respetar la reglamentación vigente.....	33
3.5.5. Diseñar mas allá del conocimiento.....	33
Capitulo 4 ACCIONES QUE GENERAN FALLA EN UNA ESTRUCTURA.....	33
4.1. Riesgos naturales.....	33
4.2. Clasificación de los riesgos.....	34
4.2.1. Sismos.....	34
4.2.2. Incendios.....	39
4.2.3. Explosiones.....	41
4.2.4. Medio ambiente e intemperismo.....	44

Capitulo 5 MEDIOS DE AUSCULTACION DE DAÑO EN UNA ESTRUCTURA	47
5.1. Revisión de documentos.....	49
5.2. Inspección visual.....	51
5.3. Esclerómetro.....	57
5.4. Nucleos de concreto.....	61
5.5. Petrografía.....	67
5.6. Ensayo de ultrasonido.....	73
5.7. Capo-test.....	75
5.8. Otros medios de auscultación.....	78
5.8.1. Deformímetros.....	78
5.8.2. Rayos x.....	79
Capitulo 6 FORMA DE REPORTE	82
CONCLUSION.....	92
BIBLIOGRAFIA.....	93

OBJETIVO GENERAL

Describir el papel del perito en materia de detección de fallas, así como el estudio de forma general que se realiza a los materiales de construcción de acuerdo al tipo de falla y el grado de análisis necesario para determinar sus causas y describirlas en un reporte llamado formalmente peritaje.

OBJETIVO PARTICULAR

Mencionar los aspectos a considerar, en el caso de un material que sufre una pérdida parcial o total de sus propiedades así como de su funcionalidad estructural debido a que sufrieron un evento donde las solicitaciones excedieron su capacidad que a la cual fue concebido, describiendo algunos métodos utilizados a fin de evaluar las fallas, así como una descripción de la presentación legal que para su caso es el dictamen. Con la intención de mostrar al lector la importancia del peritaje en fallas estructurales y se forme una idea de en qué consiste de manera general a lo que este campo de investigación en la ingeniería civil se refiere.

INTRODUCCION

La investigación del comportamiento inesperado de una estructura surge de la necesidad de esclarecer las causas por las cuales se presenta este, puede ser motivado por circunstancias que ocurren en un evento extraordinario originado por diferentes fuentes. Con nuestra investigación podremos encontrar, datos fidedignos que indiquen que la estructura presentaba problemas desde su construcción o que el evento que origino el daño supero, las expectativas de diseño. Con el conocimiento de los fenómenos que originaron el daño de la estructura se tendrá la posibilidad de determinar si esta, puede continuar en el mismo estado en que se encuentra, si debe ser reforzada o en su caso deberá ser demolida.

Ya que el estudio de las fuerzas involucradas es materia del análisis estructural, lo que compete con respecto al peritaje es la forma en cómo se presenta, algo que denominamos falla de un elemento estructural, lo cual involucra los materiales de construcción, ya que el grado de daño de la falla, dependerá si es necesario utilizar herramientas necesarias para la auscultación en caso de que este no sea evidente a la vista y si este es evidente cual es su gravedad y que tanto compromete a la estructura.

A medida que avanza la tecnología se hace mayormente necesario el uso de instrumentos de medición que intervengan en la tarea de detectar las causas de las deficiencias de una construcción. El campo de la investigación, solicita a personal cada vez mas calificado en estos aspectos.

Capitulo 1

EL PERITO ESTRUCTURAL

EL Perito Estructural es el Ingeniero Civil experto en el diseño y construcción de edificaciones que a través de sus conocimientos y experiencia, auxiliado por determinados medios de auscultación, y en base a ellos se puede identificar las patologías de una construcción; Los aspectos que se debe investigar son: mecanismos de falla, su tratamiento y valuación monetaria. Además el perito, tiene la capacidad de emitir un informe técnico de la inspección a las personas interesadas en conocer el estado de una edificación y debe estar de forma clara y precisa, con el fin de que sea entendible para ellas.

Entonces podemos decir que, el perito es la persona encargada de evaluar de manera detallada y cronológica el estado de una construcción, con el propósito de dictaminar su vida útil y detectar con antelación si la edificación esta propensa a sufrir un colapso, y atender las fallas para hacer reparaciones necesarias en el caso de que el inmueble siga funcionando adecuadamente

Las funciones del perito son:

1. Verificación de riesgos.
2. Determinación y evaluación de siniestros.
3. Determinación de los costos derivados de las fallas estructurales y soluciones.
4. Verificación de patologías, defectos y vicios de construcción.

Las funciones que realiza el perito, se encuentran ligadas a las leyes orgánicas locales, reglamentos de construcción y sus normas técnicas complementarias

Como resultado de su labor, el perito estructural presenta ante las personas interesadas un peritaje, que se deriva de su juicio u opinión sobre los puntos de una controversia para generar un criterio sujeto a ser tomado en cuenta.

El peritaje esta integrado por:

- Datos del perito: Describe brevemente una semblanza profesional de la persona encargada de realizar el peritaje así como los artículos de la ley (local o federal) que lo facultan para ejercer la profesión, su identidad profesional (cedula) y credenciales que lo identifican.
- Antecedentes: Menciona en forma detallada el motivo y las causas por las cuales fue convocado a realizar el peritaje las posible problemática que puede motivar la falla de las estructuras del inmueble en cuestión.
- Objeto del informe: En este inciso detallan los puntos detectados que deben ser sometidos a inspección, en que sitios de la construcción fueron detectados así como las pruebas que se tiene que realizar a fin de esclarecer las controversias.
- Descripción del inmueble: Ubica las partes del edificio, el uso actual de este, los materiales de los cuales está construido y el grado de deterioro en el que se encuentran.
- Referencia: Se señalan las colindancias y ubicación en el plano geográfico.
- Deficiencias: En este punto se califica la patología que presentan los materiales de forma física, las causas por las cuales se están presentando fallas estructurales, localización, distribución y cuantía de estas, así como el pronóstico si de continuar con estas sin tratamiento adecuado el posible siniestro que puede suceder, con qué tipo de pruebas e instrumentos pueden ser evaluadas y los resultados en la parte de control técnico.
- Medidas correctoras: como parte del dictamen se tienen como propuesta las reparaciones preventivas y correctivas según sea el caso, ya que se estima su grado de importancia en base a la exanimación del punto anterior, sus posibles causas y en este punto se describe como puede irse corrigiendo con una metodología que el perito proponga.
- Cuantificación económica de las medidas correctoras: se refiere como su nombre lo dice, evalúa los daños, se define el costo de los materiales y los pone en forma de cantidades monetarias y a continuación divide en zonas del edificio que respectivamente corresponden en porcentaje a la valoración total en especie, esto con el fin de intervenir

de forma planificada la estructura. Normalmente el perito dictaminara en cada caso si conviene la intervención para corregir las fallas o si el escenario es muy desfavorable se tiene que recurrir a la demolición.

- Conclusiones: Es la parte teórica y práctica de la exanimación en donde se determina si comprueba las hipótesis de inicio se cumplieron o si determinaron causas diferentes a las que se pronosticaron y la documentación en forma de reporte de análisis donde se comprueba la veracidad del criterio aplicado para generar un dictamen pericial.

Capitulo 2

Patologías más comunes en las edificaciones

En México, las estructuras de concreto reforzado conforman el mayor numero de las edificaciones construidas y por ello representan la mayor cantidad de casos de daños cuando ocurre una sollicitación extraordinaria como ejemplo un sismo.

El concreto en casos específicos, ha probado ser el material de construcción más adecuado para las estructuras, superando a otras alternativas viables, como madera, acero o mampostería.

El concreto pudiera ser considerado un material prácticamente eterno- siempre que reciba un mantenimiento sistemático y programado. Sin embargo a corta edad hay algunas (las menos) construcciones que manifiestan patologías de significativa intensidad e incidencia, acompañadas de elevados costos para su reparación. En estos casos siempre hay que considerar en la mayoría de las veces, la reducción de la capacidad resistente, que pudiera presentarse en ciertas situaciones, donde es susceptible el colapso parcial o total de la estructura.

Se puede llegar a exagerar u omitir las correcciones adecuadas por parte de los propietarios, ya que se toman medidas en base a su criterio que ciertamente no es el de un experto en la materia, lo que ocasiona que se ponga en riesgo la integridad de la estructura y la vida de sus ocupantes. Por ello es necesaria la investigación de las patologías, realizada por profesionales calificados en el ramo.

Las patologías que podemos investigar actualmente se manifiestan de la siguiente manera: En elementos verticales, los indicios de falla son grietas diagonales (causadas por esfuerzos excesivos de cortante o torsión), o grietas verticales, desprendimientos del recubrimiento, aplastamiento del concreto etc.

En elementos horizontales: las grietas diagonales, deformaciones excesivas de estribos por cortante o torsión; además grietas verticales, vestigios de daño por la fluencia del esfuerzo longitudinal, aplastamiento del concreto por cargas cíclicas.

Considerando el grado actual de conocimiento de los procesos y mecanismos destructivos que actúan sobre las estructuras y considerando la gran evolución tecnológica experimentada en estos últimos años gracias al desarrollo de equipos y técnicas de observación de las estructuras – es posible diagnosticar con éxito la mayoría de los problemas patológicos. Es tarea de los profesionales el diagnóstico del que se vale para indagar en aquello que motivo la falla.

Así entonces el profesional encargado de estos estudios es el que formula el diagnóstico correcto del problema – clave del éxito de la reparación aunado con el control de calidad durante la ejecución, debe ser auxiliado por equipos multidisciplinarios de planeación como: laboratorios de ensayo y control de calidad.

Como concepto la patología se define como la parte de la ingeniería que estudia los síntomas, los mecanismos, las causas y los orígenes de los defectos de las obras civiles, es decir, es el estudio de las partes para formular un diagnóstico efectivo sobre las condiciones que guarda una edificación.

Si una estructura presenta una patología, entonces requiere una terapia.

A la terapia corresponde el proyecto que dará solución de dichos problemas patológicos.

De tal forma que, el diagnóstico adecuado y completo es aquel que esclarece todos los aspectos del problema

Los problemas patológicos, salvo raras excepciones, presentan características, a partir de las cuales se puede deducir cual es la naturaleza, el origen y los mecanismos de los fenómenos involucrados, así del como estimar sus probables consecuencias. Estos síntomas, también denominados: daños, defectos o manifestaciones patológicas, pueden ser descritos y

clasificados, orientando un primer diagnóstico, a partir de detalladas y experimentadas observaciones visuales. A fin de dar un diagnóstico correcto de los problemas, se debe indicar la correspondiente manifestación típica. Los síntomas más comunes, de mayor incidencia en el concreto son las fisuras, las eflorescencias, las flechas excesivas, las manchas en el concreto arquitectónico, la corrosión de las armaduras, las oquedades superficiales o huecos dejados por el colado (segregación de materiales que constituyen el concreto).

Hay ciertas manifestaciones tienen elevada incidencia como manchas superficiales, sin embargo, desde el punto de vista de las consecuencias en relación al comportamiento estructural y al costo de reparación del problema, una fisura de flexión o la corrosión de las armaduras pueden ser significativamente más graves.

Se puede afirmar que las correcciones serán más durables, más efectivas, más fáciles de ejecutar y mucho más económicas cuanto antes sean detectadas. Hay que identificar primero, en qué etapa realización se encuentra el avance de una construcción, para hacer más precisa la tarea de tomar medidas preventivas y correctivas. Como ejemplo podemos citar:

Proyecto

Toda medida tomada en el ámbito de diseño con el objetivo de aumentar la protección y durabilidad de la estructura, por ejemplo, aumentar el espesor del recubrimiento de la armadura, reducir la relación agua / cemento del concreto, especificar tratamientos protectores superficiales, escoger detalles constructivos adecuados, especificar cementos, aditivos y adiciones con características especiales y otras, implica un costo que podemos asociar al número 1 (uno).

Ejecución

Toda medida fuera del proyecto, tomada durante la ejecución propiamente dicha, incluyendo en ese período la obra recién construida, implica un costo 5 (cinco) veces superior al costo que se hubiese ocasionado si esta medida hubiera sido tomada en el ámbito de diseño, para lograr el mismo “grado” de protección y durabilidad de la estructura.

Mantenimiento preventivo

Se refiere a toda medida tomada con antelación y previsión, durante el periodo de uso. El mantenimiento de la estructura, puede ser asociado a un costo cinco veces menor que el necesario para la corrección de los problemas generados a partir de una intervención no preventiva tomada en la manifestación explícita de la patología.

Al mismo tiempo está asociada a un costo 25 veces superior a aquel que habría ocasionado una decisión de proyecto para la obtención del mismo.

Medidas de corrección

Pueden incluir pequeñas reparaciones localizadas, como una recuperación generalizada de la estructura, o refuerzos de los cimientos, columnas, vigas o losas. Es siempre recomendable, que después de cualquiera de las intervenciones citadas, sean tomadas medidas de protección de la estructura, con la implantación de un programa de mantenimiento periódico. Este programa de mantenimiento debe tener en cuenta la vida útil prevista, la agresividad de las condiciones ambientales de exposición y la naturaleza de los materiales y medidas protectoras adoptadas.

2.1 Guía para el diagnóstico de patologías en las edificaciones.

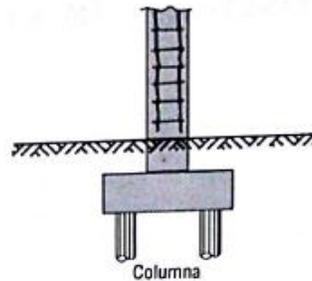
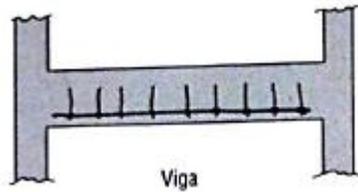
Esta guía fue organizada partiendo de las siguientes patologías que enunciamos a continuación, como ejemplo de todo el universo que representa en la estructura del concreto:

- Corrosión de acero de refuerzo.
- Deflexiones.
- Oquedades superficiales.
- Fisuras

En ella se presenta la configuración típica de la forma, la ocurrencia del problema considerado. Evidentemente, se trata de una representación esquemática con el objeto de auxiliar la consulta e identificación de los problemas en obra.

Debemos señalar que esta tesina, nos permite conocer de manera preliminar las fallas para poder identificar los estudios que es necesario realizar.

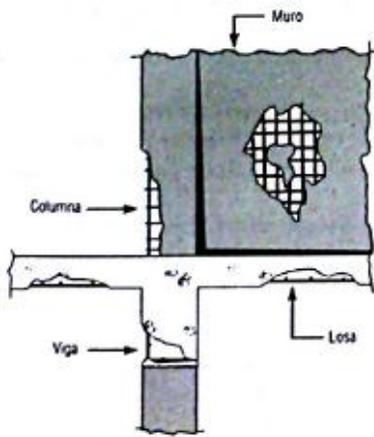
2.1.1 Corrosión de acero de refuerzo



Diagnostico

- Concreto con alta permeabilidad y/o elevada porosidad
- Recubrimiento insuficiente del acero de refuerzo
- Mala ejecución
- Agentes agresivos del ambiente impregnados en la estructura (cloruros)
- Agentes agresivos incorporados involuntariamente al concreto durante el mezclado

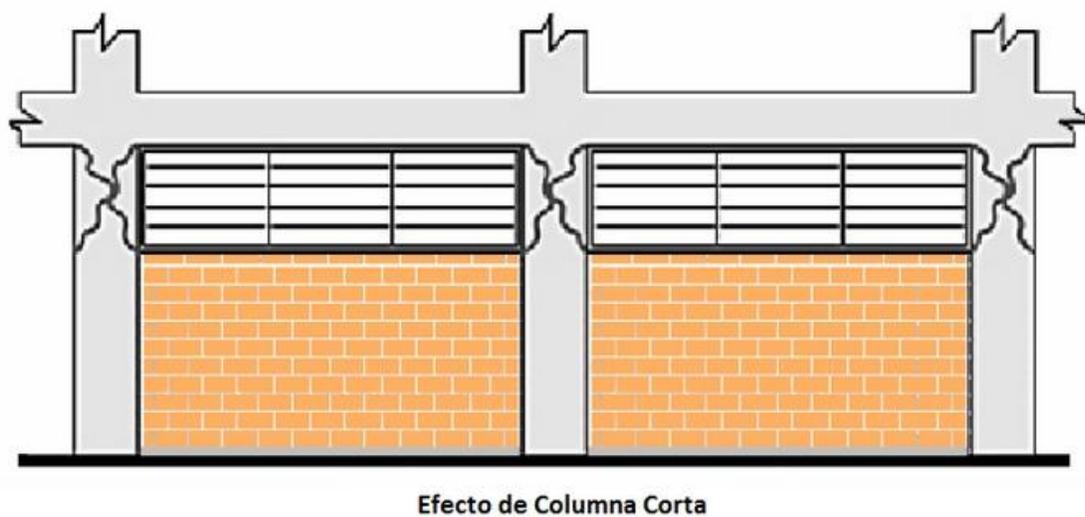
2.1.2 Cavidades superficiales



Diagnostico:

- Dosificación inadecuada
- Tamaño máximo característico del agregado grueso inadecuado
- Colado y compactación inadecuada
- Excesiva cantidad de acero de refuerzo

2.1.3 Columna corta



1

Diagnostico:

Este es un componente de vulnerabilidad estructural que se ha observado y está muy documentado a partir de fallas reales y muchos ensayos de laboratorio, muy frecuente en construcciones hospitalarias o escolares donde se requiere ventilación e iluminación especial. La columna corta es una columna que hace parte del sistema estructural inicialmente libre de muros divisorios. Una vez terminada la construcción, los muros divisorios llegan hasta cierta altura de la columna, restringiendo su posibilidad de rotación. Si los muros son relativamente fuertes, la altura real de la columna frente a las fuerzas inerciales horizontales no es la del análisis, sino la libre por sobre la restricción dada por el confinamiento de los muros. El cortante absorbido por la columna resulta mucho mayor que el previsto, al tiempo que su capacidad de rotación se ve drásticamente disminuida. La combinación de estos factores produce fallas explosivas de la parte libre de la columna que se han observado en muchas partes del mundo.

El control sobre la restricción a las columnas dado por los muros del ladrillo, es casi imposible de lograr por parte del diseñador, puesto que las edificaciones con frecuencia cambian de uso o simplemente sus áreas útiles son remodeladas. En estos casos, solo el buen criterio del constructor de la remodelación o de la obra puede permitir ese control, sea usando muros separados de la estructura mediante el empleo de rellenos compresibles o la construcción de

¹www.civil.cicloid.es.com

muros más débiles que fallen al ser sometido a la deformación transversal impuestas por el sismo. Al producirse una falla del muro sin afectar a la columna, esta queda con la longitud prevista en el diseño.

2.1.4 Columna débil y viga fuerte



En esta figura se representa la aparición de esta patología.

Diagnostico:

Esta patología es muy peligrosa, debido a que la columna soporta a las vigas que convergen al nudo. Desde este punto de vista, la falla de una columna es intrínsecamente más peligrosa que la falla de una viga. Al producirse las fuerzas inerciales que generan los desplazamientos horizontales de las construcciones, los nudos sufren rotaciones cuyos efectos se reparten a lo largo de los elementos estructurales que convergen en proporción a su rigidez.

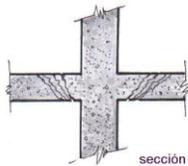
Si las vigas son mucho más rígidas que las columnas, para la columna la situación es equivalente a aquella en la cual estuviera empotrada en la viga y en consecuencia, la rotación resultante sobre ella es más marcada que aquella en donde ocurriría si la viga hubiera podido rotar un poco. En estos casos se precipita la falla de la columna afectando además a las vigas que convergen al nudo, perdiendo su sustentación.

² Fallas estructurales, SIB Sociedad de Ingenieros de Bolivia, 2012.

2.1.5 Punzonamiento y fallas de núcleos de servicio.

Diagnostico:

ESQUEMA DE PUNZONAMIENTO



La práctica usual del diseño estructural para las edificaciones convencionales de menor altura, tiende a favorecer el empleo de placas de entrepiso aligeradas en una dirección porque son relativamente fáciles y rápidas de construir al tiempo que resultan económicas. Sin embargo, en algunas ocasiones se puede preferir una losa plana armada en dos direcciones, la cual puede ser maciza o aligerada. Sobre este sistema estructural se ha anotado que resulta inconveniente en zonas de actividad sísmica por dos motivos: la ausencia de confinamiento del concreto para las viguetas que se ha observado en la práctica constructiva usual y la gran flexibilidad.

El primer factor reduce de manera peligrosa la capacidad dúctil de la edificación mientras que el segundo factor conduce a grandes deformaciones transversales con decisiva incidencia sobre las posibilidades de daños en muros y fachadas de ladrillo.

La alta flexibilidad implica en deformaciones horizontales notables aun para muy bajos niveles de aceleración en la base de la edificación. Estas deformaciones producen daños graves a los muros de ladrillo.

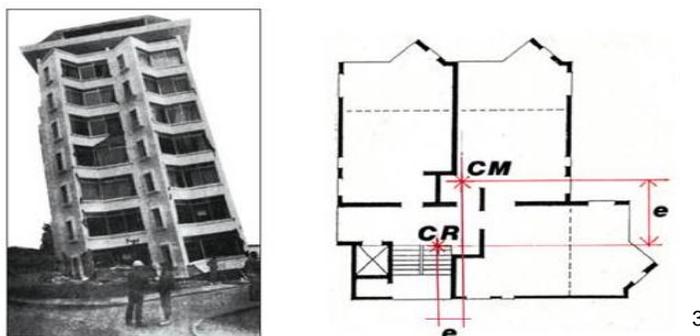
En las estructuras de placa con capitel y aligeradas en dos direcciones, y en cualquier placa, se desarrolla una fuerza cortante perimetral alrededor de la columna correspondiente a la acción gravitatoria.

Cuando ocurre en un sismo, la sollicitación dinámica proveniente de los desplazamientos horizontales de la edificación se suma con la sollicitación estática y se incrementa notablemente con el efecto de cortante sobre la placa en las inmediaciones de la columna.

Normalmente después de un punzonamiento, la pérdida es total. Al ocurrir el sismo y desarrollarse los desplazamientos horizontales producidos por las fuerza inerciales, en cada nudo, está conformado por el capitel y las viguetas aferentes se presenta una rotación. Como el

macizo capitel es muy rígido en términos relativos a la columna y las viguetas, la rotación es transferida casi integralmente a las viguetas. Como estas no tienen capacidad dúctil, porque la armadura transversal de que disponen no la permiten, fallan y la posibilidad de resistir el cortante impuesto por las cargas gravitacionales y las cargas inerciales prácticamente desaparece. En esta situación, las viguetas o la placa se rompen y ocurre la patología de punzonamiento al atravesar la columna la placa que tiene por encima. Una placa puede caer sobre la otra generalizando la patología de punzonamiento hasta producir una aglomeración de placas a partir del nivel inferior de la estructura. Las consecuencias sobre los ocupantes son previsible y pocos o ninguno salen con vida.

2.1.6 Irregularidades en planta y altura; cambios bruscos de rigidez y resistencia



Al construir, se debe de buscar que se tenga una forma geométrica con el fin de evitar fallas.

Diagnostico:

Las irregularidades inducen comportamientos dinámicos complicados en los cuales la edificación genera fuerzas inerciales que pueden producir deformaciones excesivas difíciles de prever con daños en muros y fachadas en algunos casos han conducido al colapso de edificaciones importantes.

El comportamiento dinámico de una construcción es tanto más previsible cuanto más sencilla sea la estructura. Por este motivo es tan importante mantener la regularidad, sin cambios bruscos de rigidez ni la presencia de masas excesivas localizadas en cualquier parte de la edificación.

³ Alta excentricidad en planta. Edificio colapsó en el terremoto de Viña del Mar, Chile, 1985.

Los pisos en los cuales se suspenden los muros o las fachadas, sufren cambios drásticos de rigidez que concentran daños. La supresión de columnas que se reemplazan por columnas vecinas con mayor rigidez y resistencia para abrir campo a los espacios con en el caso de auditorios, son fuente de irregularidades muy nocivas para lograr un buen comportamiento dinámico de la construcción. Así mismo, un contraventeo que no se lleva a la cimentación puede producir el colapso de una construcción aparentemente regular al generar demandas de ductilidad imposibles de cumplir en las inmediaciones del sitio donde se suprime este refuerzo especial.

Capitulo 3

Posibles fallas en una estructura

Falla es una condición no deseada que surge en un elemento estructural que impide que desempeñe la función por la cual existe.

Por lo tanto la falla es la perdida de función de un elemento, tanto por su deformación (fluencia), como por separación de sus partes (fractura).

Una falla no necesariamente produce un colapso, pero si diezma la capacidad estructural de una construcción.

Para el perito estructural, se distinguen dos tipos de fallas en el área de inspección:

- a) Fallas catastróficas: caracterizadas por ser completas y repentinas.
- b) Fallas por degradación: Cuya característica principal es la de ser graduales y parciales.

Dicho lo anterior, las fallas pueden tener distintos orígenes y pueden clasificarse como los que se describen a continuación:

3.1 Fisuras

Las fisuras son uno de los síntomas patológicos más importantes del comportamiento en servicio de las estructuras de concreto. Son roturas que aparecen en el concreto como consecuencia de la aparición de esfuerzos que superan la capacidad resistente del material. Su aparición esclarece en gran medida el tipo de enfermedad de que padece la estructura, razón por la que han sido interés de estudio de especialistas por todo el mundo.

Se conoce el fenómeno de la fisuración tan temprano como la propia existencia del concreto; ha podido evidenciarse que éste puede aparecer en cualquier estructura. Su manifestación puede presentarse al cabo de años, semanas, días, o en algunos casos solamente a las pocas horas, pudiendo sólo afectar la apariencia de la estructura o más allá, ser un indicador de fallas estructurales considerables

Existen dos tipos de fisuras en el concreto:

- Fisuras estructurales: Son las debidas al alargamiento del acero de refuerzo o las excesivas tensiones de tracción o compresión producidas en el concreto por los esfuerzos derivados de la aplicación de las acciones exteriores o deformaciones impuestas.
- Fisuras no estructurales: Son las producidas en el concreto, bien durante su estado plástico, o bien después del endurecimiento, pero generadas por causas intrínsecas, es decir debidas al comportamiento de sus materiales constituyentes.

Ambos tipos de fisuración son inherentes al concreto armado y es posible reducirlos a límites razonables.

Cuando es por causas no estructurales pueden ser originadas por los siguientes cambios físicos y químicos del concreto:

Estado plástico: Retracción plástica

Estado endurecido: Contracción térmica inicial

Retracción hidráulica

Fisuración en mapa

Cuando es de carácter estructural su origen está ligado a los estados límites de falla donde existen tensiones o compresiones que superan las propiedades mecánicas del elemento.

Básicamente existen tres orígenes para las fisuras estructurales:

Fisuras debidas al alargamiento del acero de refuerzo: Son típicas en los casos de piezas en tracción o en flexión simple o compuesta.

Fisuras debidas a las tensiones de tracción en el concreto: Se presentan cuando la tensión genera un esfuerzo cortante que origina un ángulo de fricción que es apreciable debido a que la orientación de las fisuras se encuentran hacia el mismo sentido de inclinación.

Fisuras por compresión excesiva del hormigón: Son de muy poco ancho y paralelas a la dirección de la compresión.

Algunas de las medidas para evitar la fisuración son:

- Cumplir con los recubrimientos mínimos.
- Evitar cambios bruscos de espesores.
- Calcular adecuadamente los sistemas de cimbras y de apuntalamientos.
- Controlar el revenimiento de la mezcla durante el vertido del concreto.

3.2 Deflexiones

La flexión se origina por las fuerzas de tensión, que producen un momento, en donde existe algún tipo de restricción que no permite fluir este esfuerzo dentro del concreto, que da por resultado, grandes grietas en el elemento y posteriormente fallas mas evidentes en donde la destrucción del concreto se hace presente.

Muchas veces, esta clase de mecanismo de falla, aparece por errores de análisis y diseño estructural, pues una deflexión se produce debido a las cargas que inciden en el elemento y que son mayores a las fuerzas resistentes.

Por ello, en los elementos estructurales debemos considerar el cálculo de cargas bajo condiciones ambientales tomen como parámetro una media probabilística en la combinación más desfavorable, para que al diseñarlo este en los límites aceptables de deflexiones.

El efecto visual de una deflexión, muchas de las veces se manifiesta en una flecha o valle formado a lo largo del elemento, esto es mejor apreciado en losas de entepiso, en estos casos en particular sucede durante la “etapa de colado” pues se llega a exceder la capacidad de la cimbra y esta presenta una flexión ocasionando dicha deformación.

Las deflexiones de miembros están en función de la longitud del claro, de el tipo de apoyo y de las condiciones de los extremos, tales como apoyos simples o restringidos en una o mas direcciones que originan fuerzas internas que van en dirección contraria, de igual magnitud y se coinciden en el centro del claro del elemento, lo que origina la deflexión.

Las principales variables que influyen en la deflexión de un elemento de acuerdo a su comportamiento son:

- a) Resistencia a la tensión del concreto: A mayor resistencia, menor será la deflexión, la razón es que la magnitud del momento resistente, es mayor al del momento actuante.
- b) Modulo de elasticidad del concreto: A mayor modulo, menores deflexiones, debido a que las deformaciones unitarias son menores.
- c) Porcentaje de refuerzo de tensión: A menor porcentaje, mayores deflexiones por que los esfuerzos y deformaciones unitarias en el concreto y el acero son mayores.
- d) Agrietamiento del elemento: A mayor agrietamiento, mayores deflexiones.

Forma de la patología:

En regiones del elemento donde el momento flexionante es de tal magnitud que el esfuerzo de tensión excede el modulo de ruptura del concreto, se forman **grietas** a intervalos discretos a lo largo del elemento.

En grietas el concreto transmite cierta tensión, debido a que este se transfiere del acero al concreto por adherencia, la tensión transmitida por el concreto entre grietas, tiende a dar rigidez al miembro, también en las regiones donde el momento flexionante es bajo, el concreto no se agrieta.

3.3 Degradación del concreto

Los mecanismos de agresión al concreto, presentan modalidades muy diversas, pero todas ellas tienen aspectos muy comunes:

- Es necesaria la posibilidad de un mecanismo de transporte de moléculas e iones de la sustancia agresiva a la sustancia reactiva.

- Si no hay humedad, las reacciones no se producen o se generan a velocidad tan baja que no presentan riesgo desde el punto de vista práctico. Aun en presencia de humedad, los daños tardan un tiempo relativamente largo en apreciarse.
- La agresión activa considerable al aumentar la temperatura.

Aparte de lo anterior, las reacciones pueden ser clasificadas en tres grandes grupos:

- a) Ataque de ácidos a la pasta hidratada del cemento.
- b) Formación de sales expansivas.
- c) Reacción con cationes.

Por supuesto son frecuentes los casos de mezcla e interacción de algunos de estos mecanismos de agresión.

3.3.1 Ataque de ácidos

- a) Ácidos en estado líquido. Como la pasta de cemento está básicamente constituida por sílice y cal, la pasta es atacable incluso por ácidos débiles. En la siguiente tabla mostrada a continuación se muestra los distintos grados de ataque y su grado de agresión.

Agresividad	pH	CO ²	Sulfato	Amonio	Magnesio
Débil	6,5 – 5,5	15 – 30	200 – 600	15 – 30	100 – 300
Moderada	5,5 – 4,5	30 – 60	600 - 3,000	30 – 60	300 – 1,500
Fuerte	4,5 – 4,0	60 – 100	3,000 – 6,000	60 – 100	1,500 – 3,000
Muy fuerte	≤ 4,0	>100	>6,000	>100	>3,000

Agresividad de acuerdo a los componentes de los ácidos.⁴

Un proceso que es visible de ataque el producido por aguas blandas. Estas aguas son capaces de convertir el carbonato cálcico del cemento en bicarbonato soluble.

⁴ Calavera J. "Redacción de informes de patología" Documento Manual de garantía INTEMAC 1993

- b) Carbonatación: Es un tipo particular de reacción acida, de excepcional importancia en la durabilidad del concreto. Se debe al ingreso del CO_2 del aire atmosférico en la estructura porosa reacciona con cal libre del cemento y otros compuestos cálcicos. El proceso origina un descenso del PH en la capa exterior del concreto y al perder su basicidad deja de ser un elemento protector de la corrosión del acero de refuerzo.

El proceso es tanto mas intenso cuanto mas importante son los cambios de humedad y mas elevada la temperatura. Si el concreto permanece saturado, no hay carbonatación.

Es más agresivo cuanto mas permeable es el concreto. De ahí el que un curado defectuoso afecte gravemente a la permeabilidad y por tanto a la carbonatación y finalmente la durabilidad.

3.3.2 Formación de sales expansivas

Ataque por sulfatos: Los sulfatos están disueltos en muchas aguas naturales por disolución de sales y por supuesto en aguas residuales industriales.

Los sulfatos reaccionan con la cal libre de cemento, formando yeso, que a su vez reacciona con el aluminato cálcico para formar etringita, que es una sal expansiva. Como en muchos ataques del concreto por sustancias disueltas, lo importante no es solo la concentración, sino la renovación del agua.

3.3.3 Reacción con cationes

- a) Reacción álcali-árido. Algunos tipos áridos contienen formas reactivas de sílice, que pueden reaccionar con los álcalis del cemento, formándose silicatos alcalinos en fase de gel, capaces de una gran absorción de agua que, a través de procesos de osmosis, ejercen grandes presiones en los poros del concreto, capaces de fisurarlo. El proceso suele manifestarse entre dos y cinco años de edad del concreto.
- b) Amonio. Produce una agresión que puede conducir, a través de una reacción con el cemento hidratado, ala desintegración del concreto.

3.3.4 Corrosión del acero

Es, con mucho, la principal causa de daños en las construcciones de concreto aunque ciertamente el tema es, con frecuencia, el más estudiado debido al número considerable de casos en donde se presenta.

a) Carácter protector del concreto

En condiciones normales el acero de refuerzo no se corroe dentro del concreto, debido a los dos aspectos siguientes:

- El oxígeno existente en la masa del concreto, reacciona con el acero de refuerzo formando una fina capa de óxido sobre el acero, proceso conocido como pasivación, que lo protegerá de cualquier corrosión posterior.
- Si el recubrimiento es denso, de espesor suficiente, de carácter básico y de reducida porosidad, impedirá el acceso al acero a la armadura de los agentes agresivos y mantendrá el carácter básico del concreto en el recubrimiento, al reducir la carbonatación a profundidades que abarquen toda la capa.

Sin embargo, en muchos casos la capa de recubrimiento, por razones diversas no alcanza o no mantiene el carácter protector previsto, bien por que sea ya originalmente de baja calidad, bien porque los fenómenos de carbonatación y/o fisuración reduzcan su carácter protector inicial.

b) Polarización

El fenómeno electroquímico de la corrosión está basado en el fenómeno de polarización entre el acero y el oxígeno.

En los casos ordinarios de corrosión de armaduras, pueden considerarse dos procesos diferentes:

- El proceso anódico: Constituye un proceso de disolución del hierro que libera electrones. Para que se produzca este proceso se debe romper la capa pasiva.

- El proceso catódico: Los electrones liberados en el proceso anódico se combinan en el cátodo con oxígeno y agua, formando iones oxidrilo, que a través de un proceso complejo forman óxido de hierro. Este proceso puede producirse sin destrucción de la capa pasiva.

Un caso frecuente de corrosión del acero es debido al ataque por cloruros, que son transportados desde la superficie hasta la armadura a través del agua de la estructura en poros. Frecuentemente el ataque por cloruros produce picaduras locales que rompen la capa pasiva, iniciando el proceso anódico y reduciendo la sección de la varilla.

La corrosión en la práctica solo se produce en el rango de humedades relativas entre 50% y valores próximos a la saturación.

El curado, a través de su influencia en la porosidad, la permeabilidad y la carbonatación, tiene una influencia muy alta en el riesgo de corrosión. Desgraciadamente, en la práctica el curado recibe una atención escasa, probablemente porque es frecuente la opinión de que si se alcanza en el concreto la resistencia a compresión especificada, el curado carece de importancia. Esta opinión es gravemente errónea y se basa en el hecho de que el curado deficiente afecta muy escasamente a la resistencia a compresión del concreto, pero lo hace intensamente a su estructura, resistencia a la tensión, microfisuración, etc.

En base al manual ACI capítulo 318 (Requisitos para el concreto estructural), se recomienda el empleo de lo siguiente:

- Recubrimientos adecuados
- Baja relación A/C
- Suficiente contenido de cemento
- Compactación enérgica
- Curado suficiente

La durabilidad de las estructuras de concreto es excelente. Son muchas estructuras con más de 75 años de vida, en buenas condiciones de servicio y esta vida puede prolongarse, si interesa, con operaciones de mantenimiento simples y económicas.

Lo que presenta baja durabilidad no es el concreto correctamente realizado, sino el que es incorrectamente proyectado, dosificado, puesto en obra y curado.

c) Influencia de la fisuración:

La fisuración del concreto del concreto esta presente en las condiciones de servicio en una gran numero de estructuras de concreto armado

La fisura supone un camino de acceso a la armadura de los agentes agresivos, en particular del anhídrido carbónico y de los cloruros, más rápido que la estructura porosa del recubrimiento. La creencia de una fisura representa un riesgo de oxidación localizado en la sección transversal situada en el plano de la fisura no es cierta, esto debido a que la falla no es localizada si no que se extiende a una zona mucho mayor de afectación.

El ancho de la fisura tiene importancia en la inclinación de la fisuración y en la ruptura de la capa de pasivacion. Después de la despasivacion, en anchos hasta 0,4mm el ancho de fisura tiene poca importancia en la velocidad de corrosión.

En líneas generales, para pequeños anchos de fisuras, es más importante para la velocidad de corrosión la reducción del recubrimiento que el ancho de la fisura.

En las fisuras transversales se dan a veces problemas de “cicatrización⁵” por relleno con polvo del ambiente. En otras ocasiones se produce una “autocicatrización⁶” por los productos de la corrosión y depósitos cálcicos.

Las fisuras longitudinales son, naturalmente, mas peligrosas que las transversales, ya que afectan a superficies mucho mayores de la barra.

Los productos de corrosión, debido al aumento de volumen que presentan, ejercen presiones sobre el concreto, fisurándolo y aumentando las vías de entrada de agentes agresivos.

⁵ Proceso por el cual se cubre una fisura ya sea con polvo u otros materiales que contaminan la estructura del concreto.

⁶ Mismo procedimiento que la cicatrización, pero aquí ocurre que se rellenan las grietas con polvo del mismo material ya intemperizado.

El proceso de corrosión de las armaduras suele afectar mas a sus condiciones de adherencia y anclaje que su sección.

Fragilización por hidrogeno⁷

En ciertas condiciones y dentro del proceso catódico, se produce un caso particular de corrosión bajo tensión, según el cual penetran átomos de hidrogeno en la masa del acero, donde su conversión en hidrogeno molecular, a través de las elevadas presiones que ejerce, origina una rotura frágil.

3.4 Colapso

Se entiende como colapso a cualquier condición externa o interna que incapacita a una estructura o elemento estructural a cumplir la función para la que ha sido diseñada.



Un elemento puede colapsar ante su propio peso si las fuerzas que inciden en el no están equilibradas.

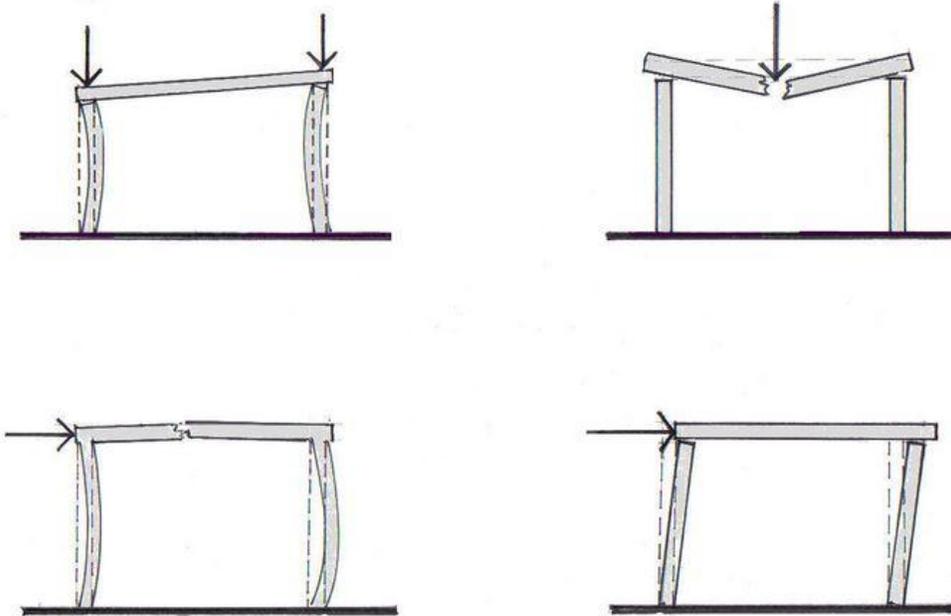
⁷ El término de fragilización por hidrógeno se confunde frecuentemente con la corrosión de fractura por tensión, debido a que el hidrógeno desempeña una función en algunos casos de ésta y para distinguir la fragilización por hidrógeno de la corrosión de fractura por tensión.



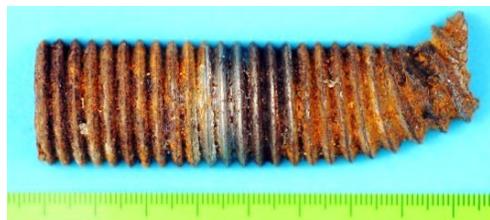
Los embates de la naturaleza son una causa, ya que someten a los elementos estructurales a una gran cantidad de fuerza en un lapso de tiempo muy corto.

Es una disminución de la resistencia de una estructura o elemento estructural, por condiciones externas o internas, provocando la incapacidad de su función, pérdida de estabilidad y como resultado su destrucción.

Colapso Estructural



Etapas del colapso estructural.



En este tipo de falla, imágenes similares son una evidencia mas apreciable, ya que existe una deformacion excesiva, que destruye los elementos estructurales y en ocasiones son arrancados de su sitio.

En términos generales, el colapso de una estructura es el resultado de una serie de causas que finalmente conducen en acciones que inciden en el detrimento de la estabilidad ya que las fuerzas tanto internas, como externas deben estar en equilibrio y si se originan fuerzas actuantes mayores a las fuerzas resistentes que rompen el equilibrio de este sistema, por afectaciones en puntos clave, sobrevendrá de forma inevitable esta patología.

En estos casos la destrucción de una parte o del total de la edificación es la característica principal.

Por su naturaleza puede dividirse en:

- Intempestiva: Esta es debida a una acción extraordinaria, como es el caso de sismos, vientos, inundaciones, explosiones, entre otros eventos donde se involucra una gran cantidad de energía acumulada sobre la estructura, ocasionada por cargas excesivas en unidades de tiempo demasiado cortas (horas, minutos o segundos) que literalmente destruyen componentes que equilibran la estructura (muros, columnas o trabes) y así terminan con la vida útil de la construcción y a veces sin la posibilidad de salvar la vida de sus ocupantes.
- En un lapso de tiempo: Si bien la anterior condición ocurre en un tiempo demasiado corto, en esta tiene como variable la cantidad de tiempo que es mayor (semanas, meses, años) y además dependen también otras condiciones. La situación aquí puede generarse por una mala calidad en los materiales que van deteriorando la capacidad de uno o mas elementos de la estructura, errores de cálculo que exponen al edificio a cargas para las

cuales no fue diseñado, cargas vivas o accidentales como por ejemplo una nevada o un aumento de los usuarios que ocupan una construcción, deterioran de forma gradual su estabilidad. Estos eventos en el transcurso del tiempo, van haciendo un deterioro gradual que presenta síntomas antes de que el colapso suceda, pueden verse como ejemplo: vibraciones excesivas en una losa, aparición de grietas en elementos estructurales, hundimientos localizados, cambios apreciables que afectan la geometría del edificio, son señales importantes de que una falla de este tipo está sucediendo.

3.5 Falla por diseño

El diseño se define como: El proceso previo de configuración mental, "pre-figuración", en la búsqueda de una solución en cualquier campo.⁸

Por lo tanto, Diseñar es la integración de requisitos técnicos, sociales, económicos, de ergonomía, etc., con efectos psicológicos y materiales de forma, color, volumen, espacio y todo ello pensado e interrelacionado con el medio ambiente.

Aterrizando este concepto más asociado a la ingeniería civil, en el proceso de construcción, es precisamente interpretar las ideas y plasmarlas en una representación visual (plano), de forma que contenga información como lo son los dibujos, símbolos y graficas necesarios para poder realizar la obra civil, siguiendo las especificaciones, medidas, cantidades y conceptos con el fin de cubrir las necesidades para la cual la edificación fue hecha.

Así pues los errores de diseño están en las etapas de la idea, planeación y ejecución. Sus causas son principalmente que no se interpreta adecuadamente la información que es plasmada, otra causa que puede ser contemplada en el diseño es no considerar las variables ambientales que intervienen en la realización de un proyecto, entre otras causas, son las dificultades que debe atravesar el proceso de comprensión para llegar a la materialización de los proyectos de construcción.

Algunos factores a los cuales está sujeto a tener fallas el proceso de diseño, podemos citar los siguientes:

⁸Tomás Maldonado presidente Comité Ejecutivo del ICSID (*International Council of Societies of Industrial Design*) 1967

3.5.1 Planos

Si bien la función de estos es indicar la posición y la distribución de los elementos estructurales, hay que señalar que como representación de un objeto real puede contener errores como los que se mencionan a continuación:

- Visuales

Ejes, cotas, dibujo, líneas de lectura, tipografía, geometría general, alineación, ancho de línea norte referente, distribución, entre otras variables.

- Métricos

Acotaciones, especificaciones, escala, datos generales, etc.

Desde el punto de vista de la patología, el que un plano no corresponda a la realidad, tiene un gran riesgo, pues una vez que se sigue lo que está dibujado, no se puede dar marcha atrás, ya que a este documento se considera como información confiable y supone que no contiene errores, lo que ocasiona que tengamos una imprecisión en la ejecución de la obra con fallas evidentes que son difícilmente corregibles y en algunos casos no es posible esto. Por ello se considera que los planos deben ser revisados por distintas personas que estén calificadas para evidenciar los errores que pudieran contener.

Lo que podemos revisar es, como ejemplo: que los ejes coincidan, que sea consecutivo es decir que las letras y los números de estos, tengan un orden ascendente (a,b,c), que las líneas tanto de las cotas como de los ejes deben coincidir exactamente, ver si se está respetando la escala o el dibujo está fuera de proporción, revisar las especificaciones y si estas corresponden con los dibujos del armado, estructura metálica, cimbra, entre otros.

Un ejemplo que podemos citar es el edificio del Alcázar en Bolivia, donde se alteraron los planos de construcción y no fueron revisados por la autoridad competente, lo que llevó a tener fallas en el lapso de seis años posteriores por no construir lo que estaba especificado inicialmente.



9

En la imagen que se muestra aquí, hace referencia que los planos fueron alterados y se construyó una cantidad mayor de departamentos a la que estaba calculada al inicio.

3.5.2 Mala planeación Financiera

Se debe diseñar de acuerdo al propósito que tiene la construcción pero primeramente considerando el presupuesto, para ello debe considerarse la cantidad de recursos con que se cuenta para ejecutar la obra, pues muchas de las veces el diseño que se propone no corresponde con la proyección financiera que se tuvo para la obra en particular y sería necesario exceder por mucho el recurso monetario para poder construir.

3.5.3 Empleo de Materiales Inadecuados

Debemos apegarnos a la especificación técnica que sea propuesta, pues muchas de las veces existe una gran cantidad de materiales en el mercado que tienen características similares, pero eso no significa que sean los adecuados, por lo que colocar algo de menor calidad o que tenga un diferente propósito puede deteriorar la durabilidad de la edificación para resistir los elementos de la naturaleza.

⁹ © LA RAZON – 2013 <http://www.la-razon.com/ciudades>

3.5.4 Respetar la reglamentación vigente:

Cuando se está diseñando, es necesario apegarse a las normas técnicas complementarias, el reglamento de construcciones de la entidad entre otras legislaciones, pues ahí se contiene los procedimientos y técnicas especializadas para poder llevar a cabo de manera correcta los procedimientos de construcción.

3.5.5 Diseñar más allá del conocimiento.

Esto se refiere a que el profesionista que esté llevando a cabo el diseño, tenga conocimientos específicos de la práctica a la que se refiere como: albañilería, instalaciones, estructura, pues es importante que sea una persona calificada la que emita la información de forma responsable y plenamente consciente de sus conocimientos y experiencia, lo que se va a ejecutar.

Capítulo 4

Acciones que generan falla en una estructura

Una acción es aquella fuerza que incide de manera directa sobre una construcción y provoca un detrimento en su funcionalidad y en casos severos un colapso, como hablamos en el capítulo anterior existen mecanismos y procesos provocados al momento de construir que son causados por malas prácticas y demás procesos que se pueden evitar si se mejora la manera en que construimos, sin embargo en este capítulo, nos estamos refiriendo a todos aquellos factores que tienen que ver con los agentes naturales a los que está expuesta una construcción.

4.1 Riesgos naturales

Este se puede definir como la probabilidad de que un territorio y la sociedad que habita en él, se vean afectados por episodios naturales de rango extraordinario.

(Riesgo = peligrosidad x vulnerabilidad x exposición)¹⁰

El riesgo natural y su capacidad de generar daños a una estructura, viene dado por los siguientes factores:

¹⁰ www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/diagnostico.pdf

La peligrosidad:

Es conocida como el azar y hace referencia a la probabilidad de que un determinado fenómeno natural, de una cierta extensión, intensidad y duración que tiene consecuencias negativas, se produzca. El análisis de periodos de retorno o la representación de mapas de frecuencia es objeto de esta primera parte.

Riesgos potenciales:

Estos pueden ser un volcán transitoriamente inactivo o una ladera en equilibrio estricto. Estos conceptos suelen ser muy usados en mapas de riesgos.

Cabe mencionar que México por sus características geográficas, está altamente expuesto a una gran variedad de fenómenos naturales que suponen un riesgo alto para las estructuras. A manera de ejemplo podemos decir que, el país está catalogado como uno de los que tiene mayor actividad sísmica del mundo según el *U.S. Geological Survey Earthquakes Visual Glossary*.

4.2 Clasificación de los riesgos.

Los riesgos naturales a que hacemos referencia, son los siguientes:

4.2.1 Sismos:

Un sismo es un fenómeno que se produce por el rompimiento repentino en la cubierta rígida del planeta llamada Corteza Terrestre. Como consecuencia se producen vibraciones que se propagan en todas direcciones y que percibimos como una sacudida o un balanceo con duración e intensidad variables. El país se localiza en una de las zonas sísmicas más activas del mundo. El cinturón de fuego del pacífico, cuyo nombre se debe al alto grado de sismicidad, y resulta de la movilidad de cuatro placas tectónicas: Norteamericana, Cocos, Rivera y del Pacífico.¹¹

¹¹ *Global Facility for Disaster Reduction and Recovery "Libreta FONDEN" Junio 2012*



Distribución de las ondas sísmicas en el territorio nacional según su intensidad ¹².

Los terremotos suelen ocurrir en zonas donde la concentración de fuerzas generadas por los límites de las placas tectónicas da lugar a movimientos de reajuste en el interior y en la superficie de la Tierra. Por este motivo los sismos de origen tectónico están íntimamente relacionados con la formación de fallas geológicas. Comúnmente acontecen al final de un ciclo sísmico: período durante el cual se acumula deformación en el interior de la Tierra que más tarde se liberará repentinamente. Dicha liberación se corresponde con el terremoto, tras el cual la deformación comienza a acumularse nuevamente.

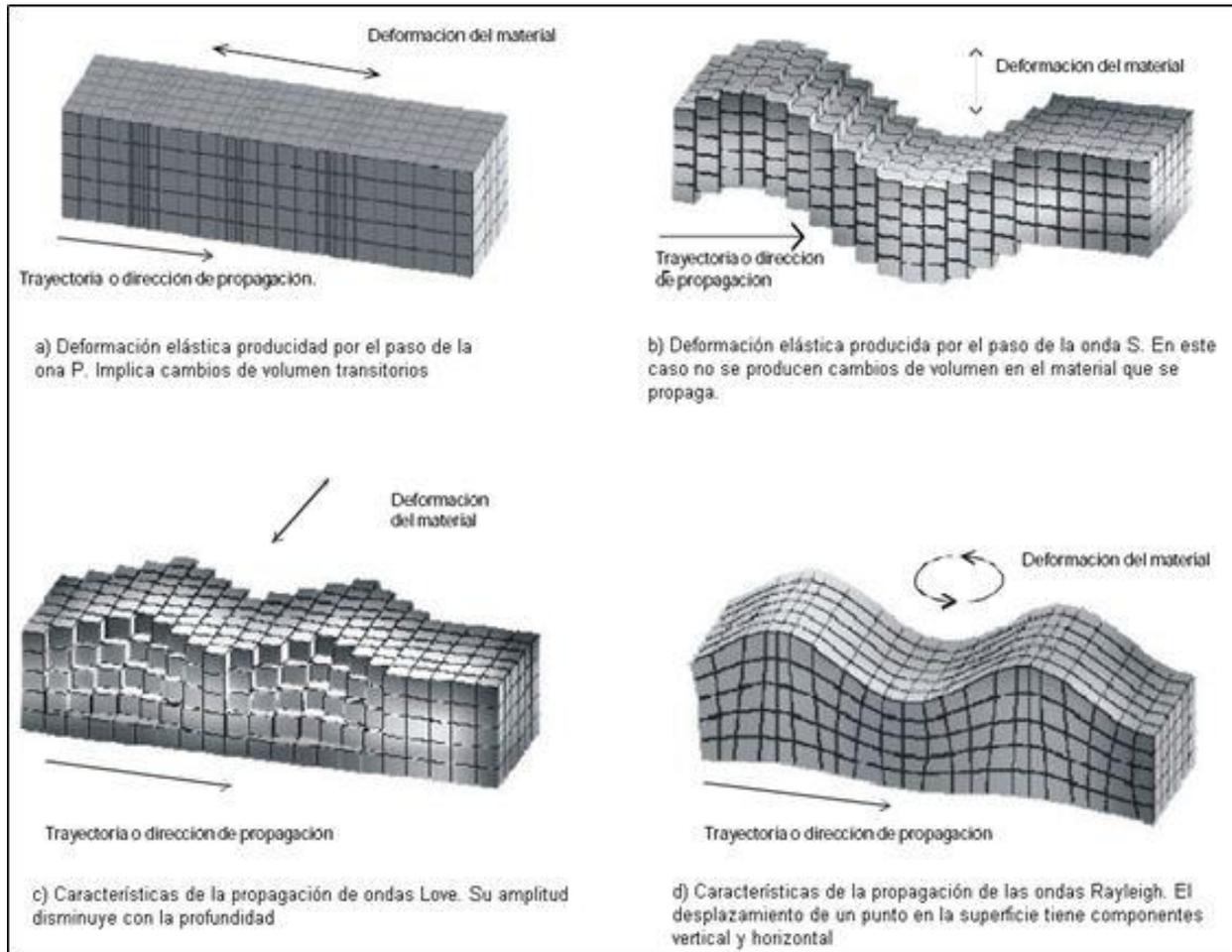
El movimiento sísmico se propaga mediante ondas elásticas (similares a las del sonido) a partir del hipocentro. Las ondas sísmicas son de tres tipos principales:

- Ondas longitudinales, primarias o P. Ondas de cuerpo que se propagan a velocidades de 8 a 13 km/s en el mismo sentido que la vibración de las partículas. Circulan por el interior de la Tierra, donde atraviesan líquidos y sólidos. Son las primeras que registran los aparatos de medición o sismógrafos. De ahí su nombre «P».

¹² http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=170

- Ondas transversales, secundarias o S. Son ondas de cuerpo más lentas que las anteriores (entre 4 y 8 km/s). Se propagan perpendicularmente en el sentido de vibración de las partículas. Atraviesan únicamente sólidos. En los sismógrafos se registran en segundo lugar.
- Ondas superficiales. Son las más lentas: 3,5 km/s. Resultan de interacción de las ondas P y S a lo largo de la superficie terrestre. Son las que causan más daños.

Se propagan a partir del epicentro. Son similares a las ondas (olas) que se forman sobre la superficie del mar. En los sismógrafos se registran en último lugar.



Propagación de las ondas sísmicas en la corteza terrestre.¹³

¹³ http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=172

Forma en la que se propagan las ondas sísmicas.

El daño en las construcciones ocurre por las ondas sísmicas de propagación también llamadas ondas “S” que deforman la superficie donde ocurre el sismo alterando la morfología terrestre, produciendo perturbaciones en milésimas de segundo lo que ocasiona aceleraciones de intensidad variable que inciden en una estructura la cual están sujeta a su altura, su densidad, o si es una construcción que excede por mucho en tamaño con respecto a la de sus colindancias, entre otros factores que determina la magnitud de las fuerzas a las que será sometida y el grado de daño causado particularmente a un elemento estructural que reciba una mayor cantidad de energía o en general sea una afectación generalizada.



Edificio afectado por el sismo de 1985 en el complejo habitacional de “Tlatelolco” ubicado en la Ciudad de México.¹⁴

- Tipos de sismos

Los sismos se pueden clasificar, con base a su origen, en naturales y artificiales. Los sismos de origen natural son los que en general liberan una mayor cantidad de energía y, por tanto sus efectos en la superficie son menores.

Los sismos de origen natural pueden ser de tres tipos:

a) Sismos Tectónicos

Los sismos tectónicos son aquellos producidos por la interacción de placas tectónicas. Se han definido dos clases de estos sismos:

¹⁴ academiadecomunicacion.wordpress.com

- Los sismos interplaca, que son ocasionados por una fricción en las zonas de contacto entre las placas.
- Los sismos intraplaca que se presentan lejos de los límites de placas conocidos. Estos sismos, resultado de la deformación continental por el choque entre placas, son mucho menos frecuentes que los interplaca y, generalmente de menor magnitud. Un tipo particular éstos son los llamados Sismos Locales, que son producto de deformaciones de los materiales terrestres debido a la concentración de fuerzas en una región limitada.

b) Sismos Volcánicos

Estos acompañan a las erupciones volcánicas y son ocasionadas principalmente por la fractura de las rocas debido al movimiento del magma. Este tipo de sismos generalmente no llegan a ser tan grandes como los anteriores.

c) Sismos de Colapso

Son los producidos por derrumbamiento del techo de cavernas y minas. Generalmente estos sismos ocurren cerca de la superficie y se llegan a sentir en un área reducida.

d) Sismos Artificiales

Son los producidos por el hombre por medio de explosiones convencionales o nucleares, con fines de exploración, investigación, o explotación de bancos de materiales para la industria (por ejemplo, extracción de minerales).

Las explosiones nucleares en ocasiones son lo suficientemente grandes para ser detectadas por instrumentos en diversas partes del planeta, pero llegan a sentirse sólo en sitios cercanos al lugar de pruebas.

e) Maremotos.

Los maremotos, también conocidos como Tsunamis, son la consecuencia de un sismo tectónico bajo el fondo del océano; éste llega a mover el agua como si fuera empujada por un gran remo.

Las olas provocadas se propagan a partir de los alrededores de la fuente del terremoto a través del océano hasta que llegan a la costa. Allí, su altura puede llegar a ser hasta 30 metros, como sucedió en Japón a finales del siglo pasado.

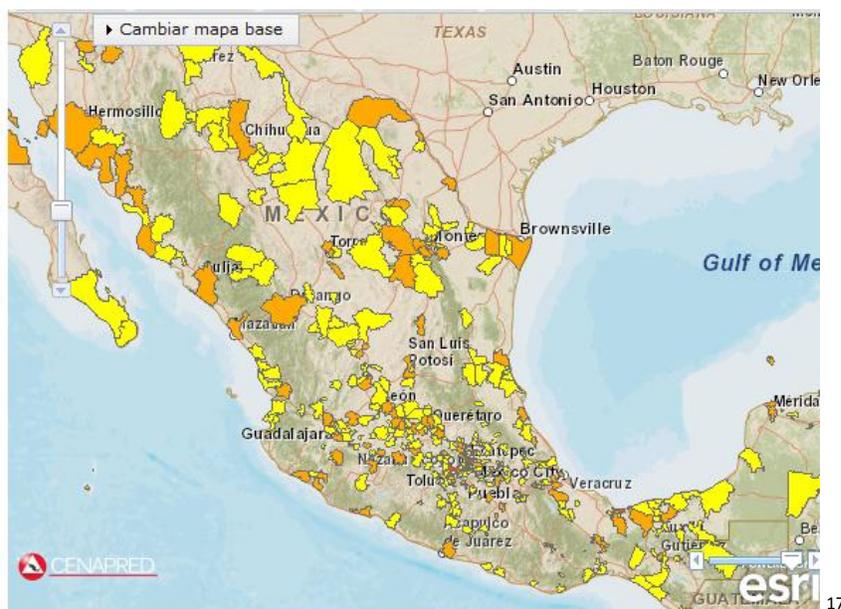
México está altamente expuesto a una gran actividad sísmica, experimentando anualmente más de 90 sismos con una magnitud de 4 o más en la escala de Richter aproximadamente.¹⁵

El cuarenta por ciento del territorio Mexicano y más de una cuarta parte de su población están expuestos a tormentas, huracanes e inundaciones.¹⁶

4.2.2 Incendio

Es un fuego no controlado de grandes proporciones, que puede presentarse en forma súbita o gradual, en general produce daños materiales, lesiones, pérdida de vidas humanas y/o deterioro al ambiente.

En el mapa presentado se destacan con gradientes de colores a nivel municipal el grado de peligro por inflamabilidad que representa el almacenamiento de sustancias peligrosas, tomando en cuenta la peligrosidad y el volumen almacenado de las mismas.



¹⁵ http://www.cenapred.unam.mx/es/publicacionesRelevantes/2-FASCICULO_SISMOS_2013.pdf

¹⁶ <http://www.cenapred.unam.mx/es/Investigacion/RGeologicos/Sismologia/>

Regularmente los incendios se esparcen gracias a los materiales inflamables¹⁸ como decoraciones y revestimientos, además de malos diseños de ingeniería. Existen diversas áreas de un edificio que colaboran a la propagación de un incendio como son: huecos de escalera, puertas combustibles, huecos de ascensores, ductos de instalaciones, falta de muros cortafuegos, exterior por fachadas, otras aberturas sin protección, alta o defecto de muros cortafuegos

- Conato de incendio

Es la denominación que se utiliza para señalar al inicio del fuego confinado en un área no mayor a 4m², que puede ser controlado con la utilización de extintores portátiles, agua simple, o por ahogamientos con sólidos.

De acuerdo a la Secretaria de Gobernación vinculada con el CENAPRED, los incendios se pueden clasificar según su magnitud y destructividad en:

- a. Incendio Urbano: Siniestro en el cual ocurre la destrucción total o parcial de instalaciones, casas o edificios, en los cuales existe una concentración de asentamientos humanos, ya sea dentro de ellos o en sus alrededores.
- b. Incendio Forestal: Siniestro que se presenta en aquellas aéreas cubiertas de vegetación (arboles, pastizales, malezas, matorrales) y en general, en cualquiera de los diferentes tipos de asociaciones vegetales, principalmente con suficiente material combustible y una fuente de calor para iniciar el fenómeno.

De acuerdo a su clasificación, los incendios pueden dividirse en:

SÓLIDOS. Se denominan fuegos de clase A los que se producen en combustibles sólidos que producen brasas, por ejemplo: papel, cartón, madera, plásticos, etc.

¹⁷http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=193

¹⁸ El punto de inflamabilidad de una sustancia generalmente de un combustible es la temperatura más baja en la que puede formarse una mezcla inflamable en contacto con el aire.

LÍQUIDOS INFLAMABLES. Se denominan fuegos de clase B los que se producen en combustibles líquidos, por ejemplo: aceites vegetales, derivados del petróleo, etc.

GASES. Se denominan fuegos de clase C los que se producen en gases, por ejemplo: butano, acetileno, metano, propano, etc.

METALES COMBUSTIBLES. Se denominan fuegos de clase D los que se producen en metales y aleaciones, por ejemplo: magnesio, potasio, sodio, etc.



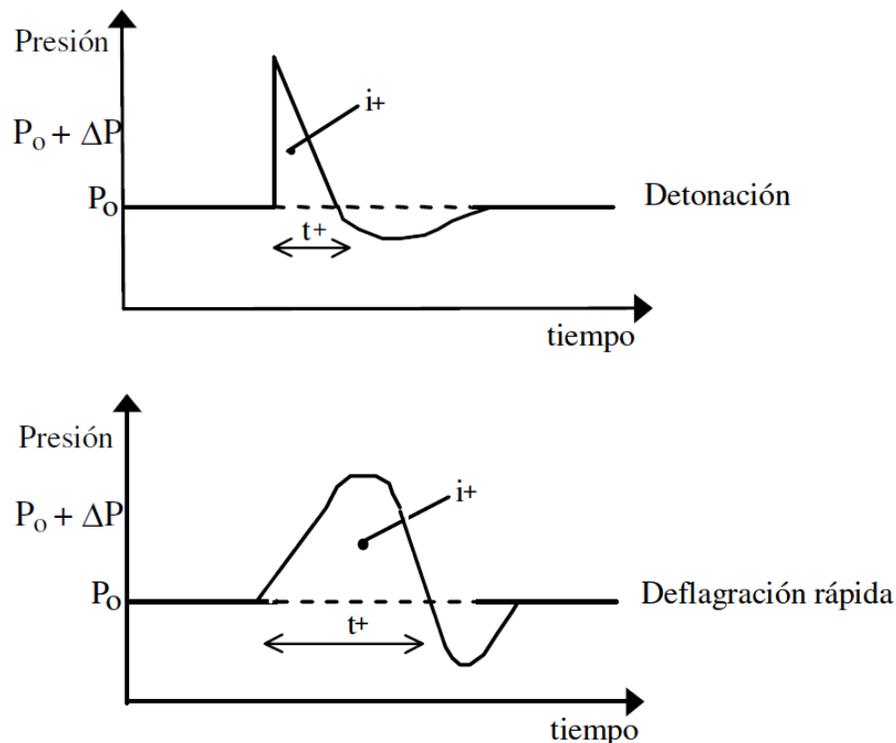
4.2.3 Explosiones

Explosión: es la liberación de una cantidad considerable de energía en un lapso de tiempo muy corto, debido a un impacto fuerte, por reacción química o por ignición de ciertas sustancias o materiales

En el contexto del apartado de este capítulo, se considera únicamente las explosiones derivadas de los escenarios accidentales siguientes:

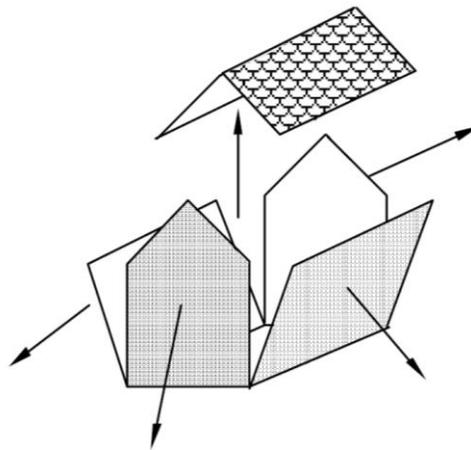
- En espacios cerrados:
 - Ignición de mezclas gaseosas inflamables (en la literatura anglosajona, indicada generalmente con las siglas CVE, *confined vapor explosión*).
 - Ignición de polvo de combustible en suspensión.

- En espacios abiertos
 - Ignición de nubes de vapor no confinado (en inglés UVCE, *unconfined vapor cloud explosion*).
- Por explosión de recipientes:
 - De gas comprimido
 - De gas licuado o líquidos sobrecalentado (en inglés BLVE, *boiling liquid expanding vapor explosion*);
 - Reacciones fuera de control (en inglés *runaway reactions*).
 - Las explosiones pueden ser de dos tipos: deflagraciones y detonaciones. En una deflagración, la velocidad de la onda de sobrepresión en el medio sin reaccionar es subsónica; la onda de presión tiene una fase positiva y una fase negativa, En una detonación, la velocidad de la onda de sobrepresión muestra un incremento de la presión casi instantáneo hasta el pico de máxima presión, presenta también una fase positiva y otra negativa.



En este esquema se muestra la velocidad de propagación de energía en una explosión.

- Las detonaciones son siempre –para una determinada cantidad de energía- mucho más destructivas que las deflagraciones, ya que pueden llegar a tener picos de presión cercanos a los 20 bar, mientras que en las deflagraciones los valores máximos son de 8 bar. De todas formas, también hay que tener en cuenta que es muy difícil iniciar una detonación; por el contrario, las deflagraciones requieren de muy poca energía (del orden de mJ) para iniciarse. En determinadas situaciones, sin embargo, una deflagración puede llegar a convertirse en una detonación (por ejemplo, en el caso de una llama que se propaga dentro de una tubería).



Esquema de los efectos de la sobrepresión de una explosión en el interior de un espacio cerrado.

- Explosiones accidentales
 - El origen de este tipo de explosiones puede ser muy diverso. En primer lugar, un objeto inflamable puede estallar ya sea en el interior de una construcción, cerca o en algunos casos puede impactarse contra ella y explotar.
 - Otro caso es cuando en un recipiente se calienta desde el exterior (a causa de un incendio por cualquier razón), de manera que la presión en el interior va aumentando mientras el recipiente va perdiendo también resistencia por el aumento de la temperatura hasta que se produce la rotura.
 - También se encuentra dentro de este tipo de explosiones las originadas por reacciones fuera de control.
 - Finalmente entrarían también en este apartado las explosiones originadas en sistemas de aire comprimido. En algunos casos, parte del aceite utilizado para lubricar el

compresor pasa a la tubería donde se forma una película en su interior, la salida de aire y su elevada temperatura inician la ignición.

- A menudo el resultado de la ignición será un incendio, pero este puede derivar hacia una explosión con las características de una detonación.



En esta fotografía se aprecia el daño a las construcciones en Xalostoc Edo. Mex. al explotar una pipa de gas que se impacto contra ellas.¹⁹

4.2.4 Medio ambiente e intemperismo.

Las construcciones reciben a diario una serie de ataques por distintos agentes asociados a la naturaleza, ya que al estar a la intemperie le produce daños que se ven reflejados en fallas que gradualmente con el paso del tiempo hacen su aparición, así pues los agentes naturales van desgastando las partes vulnerables de la construcción, atacando lentamente hasta que empiezan a aparecer fallas de consideración en los elementos estructurales.

¹⁹ www.eluniversal.com.mx

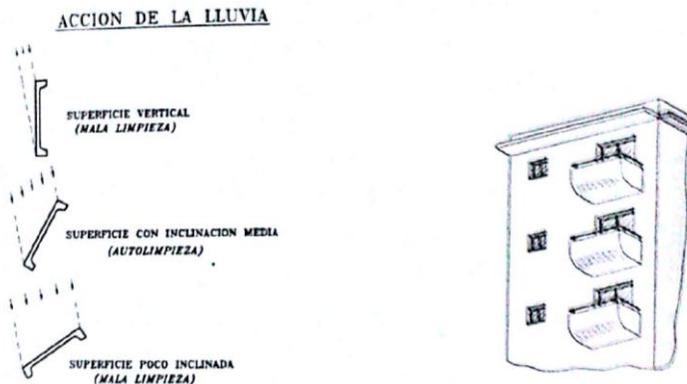
Básicamente existen dos tipos de deterioro medioambiental:

a) Depósitos de polvo.

El viento deposita polvo sobre las superficies del concreto. En las zonas de escasa lluvia, como ciudades al borde de zonas desérticas, llega en algunos casos a “colorear” el concreto.

En general es el polvo muy fino ($d \leq 0,01\text{mm}$) el que se adhiere más firmemente a la superficie rugosa del concreto.

En el problema es fundamental la capacidad de lavado de las superficies por el agua de lluvia, que crean zonas de muy difícil o imposible limpieza, como por la influencia de la inclinación de la superficie. Una forma especialmente inadecuada es la de las terrazas u otros elementos, ya que la lluvia no puede limpiar zonas de los quiebres y curvas.



En esta imagen se aprecia que según sea la inclinación en el caso de la fachada, será la manera en que se acumularan partículas.

b) Deposito de cultivos biológicos. En superficies húmedas del concreto, es fácil que se alojen cultivos biológicos, en particular algas, que afectan el aspecto del concreto.

La forma principal de ataque biológico, y una de las más graves, se presenta en los elementos de concreto que están en contacto habitual con aguas residuales. El daño es debido a la acción del ácido sulfúrico.

En las aguas residuales existen habitualmente derivados orgánicos e inorgánicos del azufre, especialmente sulfitos (aguas industriales) y sulfatos (aguas domésticas). La acción bacteriana puede reducir los sulfatos a sulfitos.

Si la concentración de oxígeno es inferior a 0.1 mg/l, es decir si las aguas residuales son anaeróbicas, hay difusión de H₂S en el agua y en el aire y puede formarse ácido sulfúrico con agresión grave del concreto. Si la concentración de oxígeno es superior a 1 gr/l, es decir si las aguas residuales son aeróbicas el riesgo no existe.

- c) Contacto con abonos naturales. El caso más frecuente es el de los silos, obras sanitarias y todo aquello en contacto con materia orgánica en descomposición. Componentes como el estiércol, por si solo no son un componente agresivo, pero sufre un conjunto de reacciones químicas similares a las de las aguas residuales y entraña los mismos riesgos.
- d) Invernaderos e instalaciones análogas. En bastantes casos se han empleado pilas de concreto armado, cimentados en concreto de baja resistencia. Como estas instalaciones es frecuente el abono del terreno y la temperatura media suele ser superior a 20°C, frecuentemente el nitrato de amonio contenido en el abono ataca de forma grave al concreto.



El deterioro se hace más presente a medida que la construcción este expuesta y no exista un mantenimiento o algún factor que frene los agentes que actúan directamente.

Capitulo 5

Medios de ocultación de daño en una estructura.

Es la técnica que se encarga de recoger datos sobre las estructuras, tanto de los materiales como de su estado tensional y deformacional.

La toma de esos datos puede realizarse hoy en día, gracias a sofisticados sistemas de captación que permiten, mediante una detallada revisión de técnicos competentes que sepan interpretar datos y en conjunto sean entregados al perito para que valore el estado de la estructura objeto de estudio. Se estudian los daños producidos a las estructuras y sus elementos provocados por distintas causas. De forma similar a un médico, los estudios realizados permiten mediante un análisis, efectuado con el equipo adecuado y los técnicos calificados, arrojar resultados necesarios para tomar decisiones de contingencia para prevenir, corregir de forma parcial o total los daños que se presentan en la edificación.

Algunas de las pruebas que se realizan para saber el estado del concreto son los siguientes:

- Probetas testigo
- Esclerómetro
- Ultrasonido

En los siguientes incisos de este capítulo se describirá cada uno de ellos.

Objetivos de auscultar una obra:

- Garantizar la seguridad de la obra a través de la detección temprana de eventuales anomalías.
- Aumentar el conocimiento de las relaciones causa-efecto de los parámetros en juego construyendo una vía de retroalimentación de la ingeniería de proyecto.

Estos objetivos, en la práctica no son tan fáciles de cumplir con mediciones, ya que las causas y efectos en general tienen distintos orígenes.

El conflicto que tenemos constante es precisamente las acciones que dan paso a las causas, que hacen a los materiales que componen una estructura fallen y la hacen candidata a sufrir daños.

Las causas que actúan sobre las estructuras son numerosas, entre las que podemos citar:

Variaciones climáticas, pesos propios, cargas instantáneas extraordinarias, etc.

La observación de una obra durante y después de su construcción, permite comprobar el cálculo de diseño inicial, el seguimiento en un transcurso de tiempo, este permite ver su comportamiento y tomar medidas correctivas oportunamente, en caso de riesgo importante.

Estas observaciones siempre podrán ser aplicadas a diseño de futuras estructuras, suministrando la información suficiente para optimizar los recursos disponibles.

Entre la variedad de mediciones que se puede efectuar para auscultar una estructura, las medidas de desplazamiento son las que nos dan una mejor información de la situación en estudio. La medición de un desplazamiento en el tiempo de la posición relativa de dos puntos en tres dimensiones.

Hay que saber que se mide y con que se mide. Es fundamental y delicado de antemano determinar estos dos términos.

A continuación indagaremos en los métodos de auscultación más usuales en el tratamiento de patologías.

5.1 Revisión de los documentos

El primer acercamiento que debemos tener con la construcción es precisamente la revisión de los documentos con los que se pueda contar, ya que allí se encuentra contenida la información disponible que exhibe la manera en que se construyo, indica fechas importantes, datos técnicos como pueden ser: detalle de armados, esquemas de los elementos estructurales, especificaciones sobre los materiales que fueron utilizados, así como detalles que nos son visibles después de construir (instalaciones, drenaje, ventilación, cisternas) y si se analizan debidamente, es posible encontrar errores y problemáticas que derivaron en las patologías que estamos encontrando al momento de hacer la auscultación del inmueble.

Por lo cual se debe primordialmente revisar la información existente, para tener una mejor idea y conocer más de fondo, los detalles. Pues es posible suponer la manera en cómo se llevo a cabo la construcción, sin embargo con el acopio de los documentos, sabremos con certeza la manera en que fue efectuada esta actividad en la fecha que se realizó, así como el propósito por el cual fue concebido el inmueble, los usos a lo largo del tiempo y el numero de propietarios que ha tenido respectivamente, entre otros datos importantes.

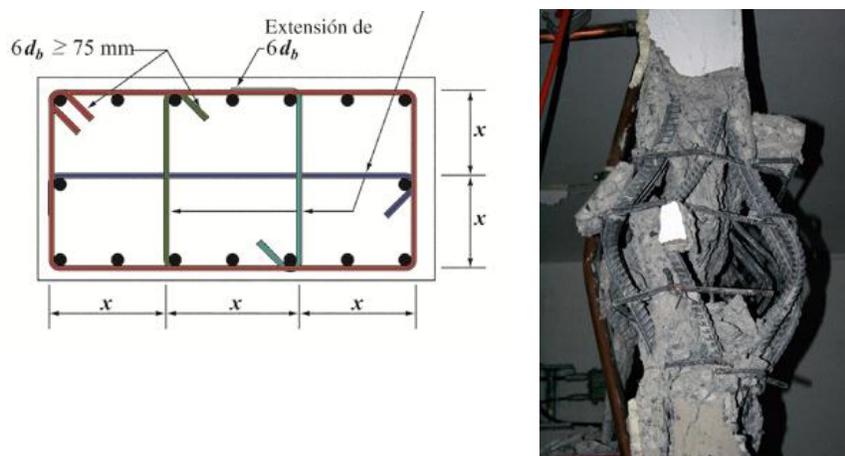
Documentos con los cuales podemos conocer el estado actual del inmueble.

A continuación, mencionamos una serie de documentos que son importantes y con los cuales se puede saber las características de este.

a) Planos.

La revisión de estos detallara: como está construido el inmueble, ubicación, detalles y despieces de elementos estructurales, que son necesarios para conocer la construcción, se puede detectar con ellos si existen instalaciones ocultas y revelar si algún elemento estructural existía y fue retirado o si se añadieron detalles arquitectónicos como fachadas, balcones, anexos, bodegas entre otros elementos que no existían en un inicio y generan cargas adicionales que afectan en gran medida la estabilidad de la edificación lo cual produce

anomalías en el comportamiento general de esta lo que puede estar ocasionando afectaciones que derivan en patologías.



En esta figura se muestra, una columna que fallo por no revisar los planos de construcción, ya que se añadió un anexo a la construcción, lo que dio lugar al colapso del elemento.²⁰

Además de los planos podemos revisar:

b) Documentos del contrato.

Pueden ser especificaciones, modificaciones de proyecto, contratos, pagos y observaciones en la construcción.

c) Reportes de pruebas.

Pruebas de laboratorio, certificados de fabricantes (dossier de calidad) etc.

d) Reportes de campo

Del residente, del supervisor, del administrador, del superintendente, del arquitecto en obra.

²⁰ <http://cipchile.cl/2010/04/07/estudio-de-edificio-de-penta-revela-la-falla-estructural-que-se-repite-en-las-modernas-torres-afectadas-por-el-terremoto/>

e) Programación de proyecto

Original y con modificaciones, relativas al diseño, construcción, la gestión de proyecto, el propietario.

f) Correspondencia del proyecto.

Entre los diferentes participantes del mismo como pueden ser: Propietario, promotores, consultores, diseñadores, contratistas entre otros. Pueden tomarse registros de comunicación en etapas previa a la construcción, la gestión de proyecto y las del finiquito de la obra.

g) Análisis para el diseño.

Análisis de especialistas, estudios especiales, memorias de cálculo.

h) Registros de mantenimiento.

Indicativos de fallas o deficiencias previas, alteraciones al diseño original.

i) Licencias de construcción.

Cimentación, Zonificación, Servicios sanitarios, ocupación.

5.2 Inspección Visual

Para poder identificar y caracterizar los defectos y/o daños (tipo y magnitud); así como delimitar su localización y cantidad en una estructura, debe entonces acudir a la Evaluación del concreto, esta etapa constituye el fundamento para acertar en la rehabilitación, un diagnóstico apropiado garantiza el éxito de los procesos de intraversión en la estructura, una misma manifestación de daño puede asociarse a razones diferentes debido a la naturaleza de las mismas, la inapropiada interpretación del funcionamiento estructural puede llevar a un equivocado diagnóstico y por lo mismo, a unos inadecuados procesos de intervención, lo mismo sucede si el profesional que diagnostica no está debidamente capacitado.

La observación y el análisis permiten determinar las causas de daños que pocas veces se encuentran de manera evidente y más cuando se trata de una combinación de circunstancias.

La investigación (preliminar y profunda), son trabajos muchas veces complejos, que obligan a la especialización y demandan la necesidad de trabajar con especialistas en diversos campos de la Ingeniería y la Tecnología, pero principalmente geotecnia; control de calidad y patología del concreto; estructuras; y construcción. Desde luego, estos trabajos no sólo incluyen elementos técnicos; sino también, aspectos de durabilidad, funcionalidad, estética, seguridad y comportamiento en servicio.

El nivel de detalle requerido en un informe de esta naturaleza, puede variar desde la simple valoración de la suficiencia estructural y funcional, basada en la inspección visual superficial durante una inspección preliminar, hasta una profunda investigación y procedimiento de evaluación que combine técnicas especiales de inspección y ensayo.

Por ello es muy importante definir de común acuerdo con el dueño del proyecto o la entidad contratante del estudio, el alcance de los trabajos a realizar (lo cual es recomendable que se materialice por escrito), debido a que se pueden generar las siguientes modalidades de informes:

- ✓ Reporte técnico de observaciones
- ✓ Reporte técnico Detallado (observación, evaluación y diagnóstico.)

Formas de inspección visual

Para este tipo de inspección, es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

El objetivo principal de la investigación preliminar es determinar la naturaleza y extensión de los problemas observados, e identificar los miembros afectados, es indispensable adelantar un recorrido de la estructura para hacer un registro lo más completo posible de los daños.

En este recorrido, se pueden identificar y registrar daños los cuales fueron discutidos ampliamente en el capítulo anterior, sin embargo en el presente apartado, proporcionando un breve comentario con las características principales con el objetivo de relacionarnos con la guía de levantamiento de daños, como son los siguientes:

➤ Contaminación por Polución:

Contaminación intensa y dañina del aire, constituida por residuos de procesos industriales o biológicos, en forma de partículas transportadas por el viento en las superficies del concreto, estas partículas se subdividen en polvo fino (0,01 hasta 1 micra) y polvo grueso (partículas desde 1 micra hasta 1 mm).

➤ Cultivos Biológicos:

Proliferación de microorganismos en la superficie del concreto (sobre todo si esta tiene textura rugosa) se afecta al concreto no solo por las manchas y cambios de color, sino porque mantiene húmedo el concreto lo cual promueve mecanismos de deterioro y los mecanismos de daños)

➤ Meteorización:

Alteración física, mecánica o química sufrida por el concreto, bajo la acción de la intemperie (sol, viento, lluvia u otros). Este fenómeno, desde luego está muy influenciado por cambios en la temperatura, la humedad y la presión del medio ambiente, especialmente por la polución del mismo medio ambiente que es un factor del continuo crecimiento en los centros urbanos.

➤ Eflorescencias:

Deposito de sales usualmente blancas que se forman algunas veces en la superficie del concreto, están compuestos de sales de calcio (principalmente carbonatos y sulfatos) o de metales alcalinos (sodio y potasio) o una combinación de ambos.

➤ Decoloración y manchado:

Acción y efecto de quitar o amortiguar el color de una superficie de concreto, como consecuencia de la meteorización, la presencia de eflorescencias, los ciclos de asoleamiento, los ciclos de humedecimientos y secado, la acumulación de polvo, el lavado por la lluvia.

➤ Humedad

Presencia permanente de agua en la superficie o dentro del concreto, produciendo un ambiente propicio para que haya proliferación de microorganismos y organismos de origen vegetal o animal los cuales podría atacar al concreto por acciones físicas o químicas.

➤ Fisuras:

Es la separación incompleta entre dos o más partes con o sin espacio entre ellas, su identificación será según su ancho, su largo, su profundidad, podría ser longitudinal, transversal, aleatoria.

TIPO	DIMENSIONES
FINA	0.00 mm a 1.00 mm
MEDIANA	1.00 mm a 2.00 mm
ANCHA	2.00 mm a 3.00 mm

Clasificación de las fisuras en base a su grosor²¹

➤ Grietas:

Es la separación incompleta entre dos o más parte con un espacio mayor a 3 mm, esta separación es la consecuencia de esfuerzos que actúan en la sección neta resistente de los elementos estructurales, por la aplicación de cargas directas, sobre pasando los estados limites últimos.

➤ Deflexiones

Es resultado de la deformación (flecha) causada por los esfuerzos de flexión debida a las cargas impuestas

➤ Desplomes:

Pérdida del alineamiento vertical de elementos estructurales, 0.002 veces su altura cuyo rango no sobrepase 7mm o 0.002

➤ Fracturas y aplastamiento:

Rotura del concreto debido acciones que lo afectan

➤ Distorsión:

Cualquier deformación anormal de su forma original

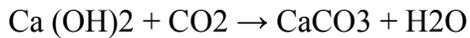
➤ Desgaste:

Es el desgaste de la superficie de pisos concreto debido a la acción sobre ellos.

²¹ ACI, capitulo 364

➤ Carbonatación:

Reacción del dióxido de carbono atmosférico con el hidróxido de calcio (cal) que ha liberado el Clinker del cemento en su proceso de hidratación



➤ Evidencias de ataques químicos:

Presencia de un agente externo por periodo de tiempo prolongado que sea perjudicial al concreto.

➤ Descascaramiento:

Desprendimiento superficial de forma laminar del concreto

➤ Ablandamiento de Masa:

Perdida de rigidez de la estructura de concreto

➤ Pérdida de Resistencia:

Detrimiento ante los esfuerzos a los que está sometida la estructura (flexión, compresión, etc).

➤ Desapասivación de Acero:

El recubrimiento del concreto que se hace sobre el acero de refuerzo de una estructura de concreto es conocida como la capa protectora o pasivadora que protege el acero de la acción agresiva de ciertas sustancias o elementos que puede ocasionar deterioro o corrosión del acero de refuerzo. Cuando esta capa pasivadora que debe de ser densa, compacta y de espesor suficiente, pierde su capacidad de protección se dice que se ha desapասivado.

➤ Hinchamiento:

Expansión de la masa del concreto

➤ Corrosión de Acero de refuerzo

Proceso de reacción entre el Acero de refuerzo y alguna sustancia del medio ambiente que lo rodea y el resultado es una oxidación destructiva del metal en cuestión.

➤ Corrosión de otros materiales

Proceso de reacción entre el metal y alguna sustancia del medio ambiente que lo rodea y el resultado es una oxidación destructiva del metal en cuestión.

➤ Goteras:

Humedad causada por las aguas lluvias bajo la cubierta.

En adición a la inspección visual, las investigaciones de campo deben incluir mediciones de los miembros, longitud de elementos y desniveles encontrados en la estructura motivo de la investigación.

En algunos casos, es indispensable realizar un levantamiento topográfico y/o altimétrico de las estructuras y localizar de manera precisa los daños.

Los desplazamientos, fisuras, separaciones y mapa de daños. También una forma rápida y económica para identificar presencia de vacíos y/o discontinuidades superficiales en el concreto es impacto acústico con martillo para suponer si existe una disminución de la densidad.

También debe considerarse que en muchos casos puede interesar instrumentar la estructura, para medir la evolución de algunas magnitudes como asentamientos, niveles, movimientos relativos y actividad de fisuras.

De acuerdo al resultado de la inspección visual se debe concluir lo siguiente:

Capacidad estructural. Es decir, si los miembros o la estructura son adecuados para el uso previsto; si son adecuados para las cargas actuales, pero no para el fin previsto; o si el análisis realizado no es concluyente.

Si hay o no factibilidad de una posible rehabilitación, mediante una valoración técnica y económica, que se fundamenta en la efectividad esperada de la rehabilitación y su nuevo ciclo de vida útil esperado.

Si se detectan problemas estructurales, estos se deben describir en términos de su seriedad, extensión y riesgo para estabilidad. Lo anterior, permitirá establecer si se requieren o no acciones correctivas para remediar las condiciones existentes o simplemente proteger la estructura.

Cuando se requiera un reforzamiento de la estructura, se deben de estudiar alternativas que puedan satisfacer los requerimientos de carga hacia el futuro y el cumplimiento de la normativa vigente; de ser posible, se debe contemplar el costo efectivo de reparar, reemplazar o reforzar los miembros estructurales existentes.

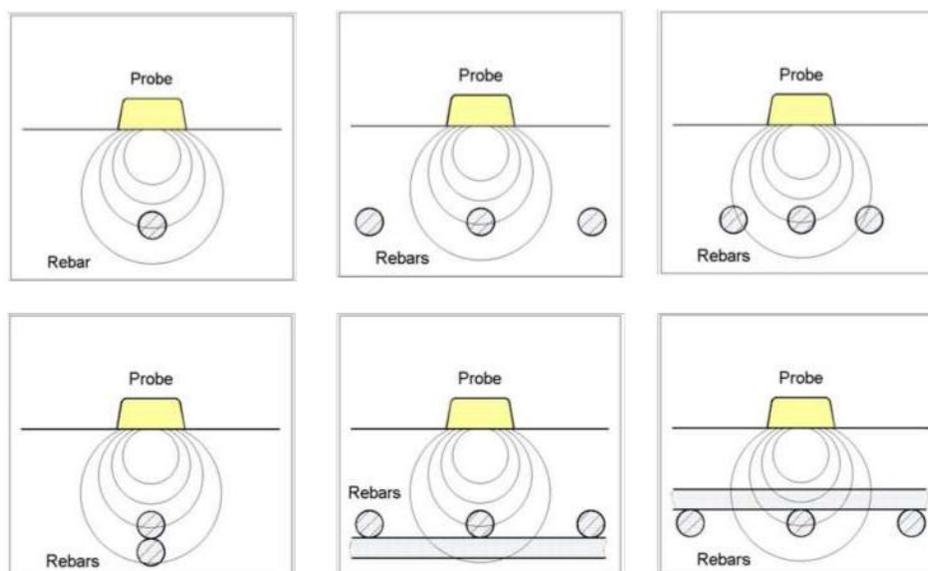
Por último, se debe identificar si es necesario o no adelantar una investigación detallada. Sobre este aspecto, deben especificarse los objetivos, los datos adicionales y la información requerida, para satisfacer los objetivos propuestos. También, es importante indicar el tiempo y el costo requerido.

5.3 Esclerometro



Es un aparato capaz de detectar elementos metálicos ocultos; por ello se usa para la localización de las barras de acero de un elemento de hormigón.

Hay varios modelos, los más sencillos nos informan sobre la posición de la barra y su dirección, y los más sofisticados que nos proporcionan una estimación del diámetro y del recubrimiento de la barra. El aparato esta formado por varias sondas y un módulo de lectura y control. El funcionamiento se basa en la medida de resistencia al flujo magnético generado por la sonda, que cuanto más cerca está de un elemento metálico, más pequeña es la resistencia.



En esta imagen se muestra como son detectadas las varillas con el esclerometro²²

También hay esclerómetros analógicos, que su funcionamiento se basa en la medición del potencial eléctrico. Su utilización consiste en pasar la sonda por la superficie de hormigón, variando la dirección, hasta obtener una lectura máxima que corresponderá con la situación de la barra. Para conocer el diámetro y el recubrimiento se necesitan otros aparatos más complejos que son capaces de determinarlos a partir de la realización de dobles lecturas con interposición de una galga de grosor conocido u operando con varias sondas distintas. La fiabilidad de este aparato no es total, por lo que para un trabajo con cierta responsabilidad se recomienda hacer comprobaciones a partir de varias pruebas.

Dentro de esta familia, los aparatos más sencillos son los detectores de metal pensados para la localización de instalaciones. La respuesta ante la presencia de un elemento metálico es la emisión de una señal acústica fija, de manera que sólo nos informa de la presencia de metal. Con un esclerómetro podemos detectar cemento aluminoso. Se ha demostrado que cuando el palpador está en contacto con cemento aluminoso se obtiene una respuesta al campo magnético muy superior a la que aparece con cemento Portland. El problema es si interfieren armaduras cercanas en la lectura.

²² http://www.asocreto.org.co/rc_2012/memorias/pdf/pre_patologia

Medición del valor de rebote real (valor «Q»)

El clásico valor «R» es el trayecto mecánico del mazo durante el rebote. Se ve afectado por su fricción sobre el vástago guía, la fricción del puntero de arrastre con la escala, la acción de la gravedad durante su recorrido y la velocidad relativa entre la unidad y las piezas mecánicas. Esto sucede con todos los martillos para ensayos de hormigón disponibles actualmente en el mercado.

El valor «Q» [=velocidad de rebote dividida por la velocidad de llegada] representa el coeficiente físico de rebote. Está prácticamente exento de todas las fuentes de error mencionadas. Así pues, es el indicador apropiado para basar en él la conversión a la resistencia a la compresión.

El valor «Q» no necesita corregirse según la dirección del impacto. No obstante, existe una clara relación entre los valores «Q» y «R»

Cálculo del promedio y conversión

Para obtener una lectura en unidades de resistencia a la compresión, seleccione:

- Unidad deseada • Longitud de la serie y modo promedio
- Profundidad de carbonatación • Factor de forma
- Curva de conversión para la mezcla de hormigón

Realice una serie de ensayos de la longitud especificada. Los valores evidentemente atípicos se pueden anular a mano. Al final de la serie, el instrumento indicará el promedio convertido a la unidad deseada.

El martillo modelo N ha sido diseñado para ensayos de objetos de hormigón de 100 mm (4") o más de grosor, así como para hormigón con un tamaño de partícula inferior o igual a 32 mm (1,25"). El martillo modelo NR suministra un registro de los datos de ensayo.

Los valores de rebote se registran mediante un gráfico de barras sobre una banda de papel. Una bobina de papel documenta 4000 impactos de ensayo.

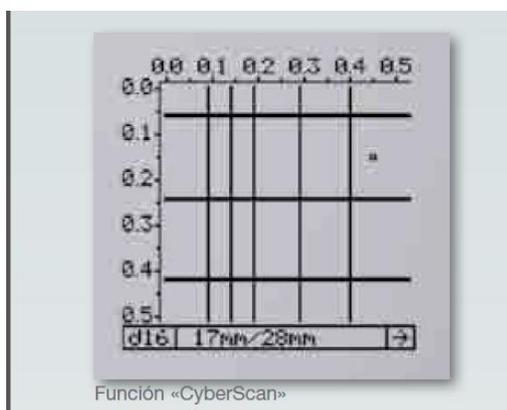
Ambos martillos también se utilizan para realizar ensayos en roca maciza.

La medición precisa de la resistencia a la compresión - que calcula directamente la capacidad de carga y durabilidad de las estructuras de concreto - se calcula impactando el material con una determinada energía y midiendo a continuación el rebote del martillo. El rebote se mide con respecto a la dureza del concreto. Si se utilizan tablas de conversión, el valor del rebote puede correlacionarse con la resistencia a la compresión.

Este instrumento les permite a los ingenieros medir la resistencia a la compresión de las estructuras de concreto existentes in situ, para controlar así la calidad y detectar los puntos débiles.

La permeabilidad superficial del concreto ha sido reconocida como un factor importante para determinar la durabilidad. El coeficiente de permeabilidad que se calcula mediante medios totalmente no destructivos concuerda con los resultados obtenidos mediante métodos destructivos, que obtienen información mediante la penetración de sustancias dañinas.

A continuación en las siguientes imágenes se observa como esta distribuido el acero de refuerzo, dentro del concreto.



Ubicación de acero de refuerzo en la grafica



Significados de la lectura del equipo en campo

5.4 Núcleos de concreto

Algunas veces es necesario realizar análisis de vulnerabilidad sísmica a las estructuras debido principalmente a que: (a) está ubicada en una zona de mayor probabilidad de ocurrencia de sismos (b) los avances científicos adquiridos con la experiencia de los sismos ocurridos recientemente han originado cambios en la normatividad a nivel mundial. La recopilación de datos y los avances tecnológicos alcanzados en la instrumentación sísmica han hecho que la información que se tenía sobre los sismos se complemente y que a la vez se evalué la manera en que se están construyendo las edificaciones, El buen o mal comportamiento de una edificación es función directa de su resistencia, la cual, para el caso de este análisis es la resistencia a la compresión del concreto.

Para la obtención de esta resistencia existen varios métodos de ensayo, dentro de los cuales se encuentran los ensayos no destructivos como el martillo de rebote, que no destruye la muestra que se está ensayando.

Su desventaja es que los resultados no son muy confiables debido a que no simulan completamente lo que realmente pasa en el material ensayado, y los destructivos como la prueba de penetración y la extracción de núcleos de concreto endurecidos, siendo éste último uno de los más usados y confiables, debido a que las muestras son más representativas en cuanto a tamaño y profundidad, además de estar más cercano a la realidad, sin embargo el

inconveniente radica en el daño que le hace a la estructura que aunque es muy poco se sabe que existe.

A pesar de la confiabilidad de este método, se debe tener claridad acerca de la incidencia del diámetro de extracción y el tamaño máximo del agregado en la resistencia que se obtiene del núcleo de concreto.

Por lo tanto, es de gran ayuda conocer en que estado se encuentran los materiales que componen dichas estructuras, y si sus propiedades físicas y mecánicas se han afectado con el paso del tiempo. En el caso del concreto, las propiedades más relevantes son: el módulo de elasticidad (E), la resistencia a la compresión (f'_c) y la relación de Poisson (ν).

Dentro de los ensayos utilizados para obtener la resistencia a la compresión del concreto, el ensayo de testigos es el más confiable, debido a que la muestra es más representativa.

Por lo tanto, al analizar la estructura de concreto con diferentes resistencias a la compresión, es decir, variando estas resistencias en cierto porcentaje (obtenidas a partir de los núcleos con diferente diámetro de extracción), y con la resistencia medida de un cilindro estándar de 6"x12", se pueden generar variaciones en los desplazamientos relativos entre pisos consecutivos (deriva) obtenidos con cada resistencia, de los cuales se puede obtener el porcentaje en que estos variaron con respecto a los obtenidos con la resistencia asumida como de laboratorio de 21 MPa.

Código ACI 318 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural

Este método de ensayo presenta los procedimientos normalizados para obtener y ensayar probetas a fin de determinar la resistencia a la compresión, a la tracción indirecta, y a la flexión del concreto en el sitio.

En general, las probetas de ensayo se extraen cuando existen dudas sobre la calidad del concreto que se ha colocado ya sea por los bajos resultados de los ensayos de resistencia durante la construcción o por indicios de deterioro en la estructura. Además, este método puede ser utilizado para proporcionar información sobre la resistencia de estructuras antiguas.

La resistencia del concreto se ve afectada por su ubicación en un elemento estructural, tendiendo a ser más resistente el concreto de la base que el de la parte superior.

La resistencia del núcleo también se ve afectada por su orientación en relación con el plano horizontal de colocación del concreto, tendiendo a ser inferior si el núcleo se obtiene en forma paralela al plano horizontal. Estos factores deben ser considerados al planificar las ubicaciones para obtener las muestras de concreto, y al comparar los resultados de los ensayos de resistencia.

La resistencia del concreto, medida por los ensayos de los núcleos y vigas, se ve afectada por la cantidad y distribución de la humedad en la probeta al momento del ensayo. No existe un procedimiento normalizado para acondicionar una probeta que asegure que al momento del ensayo, se encuentre en las mismas condiciones de humedad que el concreto en la estructura.

No existen relaciones absolutas entre la resistencia a la compresión de un núcleo y la correspondiente resistencia a la compresión de cilindros moldeados y curados en forma estándar. La relación se ve afectada por diversos factores como el nivel de resistencia del concreto, la temperatura y el historial de humedad del lugar y las características de desarrollo de resistencia del concreto.

Históricamente, se ha asumido que las resistencias de los núcleos corresponden al 85% de las resistencias de los correspondientes cilindros curados de manera estándar, pero lo anterior no es aplicable a todas las situaciones. El criterio de aceptación para la resistencia de los núcleos debe ser establecido por quien especifica los ensayos. El código ACI 318 proporciona criterios de aceptación para la resistencia de núcleos de construcciones nuevas.

EQUIPOS

El Taladro de Núcleos, para obtener núcleos cilíndricos mediante una broca hueca con el borde diamantado, se aprecia en la imagen a continuación.



En esta imagen se aprecia el equipo de perforación para obtener las muestras.²³

Generalidades:

Las muestras de concreto endurecido a usarse en la preparación de los especímenes para el ensayo de resistencia no deben ser tomadas hasta que el concreto se encuentre lo suficientemente endurecido de manera que al retirar la muestra no se afecte la adherencia entre el mortero y el agregado grueso.

Al preparar los especímenes para el ensayo de resistencia de muestras de concreto endurecido, deben descartarse las muestras que hayan resultado dañadas durante la remoción a menos que la(s) porción(es) dañada(s) sea(n) retirada(s) y que el espécimen resultante tenga la longitud adecuada. Las muestras de concreto defectuoso o dañado, que no pueden ser ensayadas, deben ser reportadas indicando la razón que las inhabilita para usarse en preparación de especímenes para el ensayo de resistencia.

Extracción de Núcleos

Un núcleo de concreto debe ser taladrado en forma perpendicular a la superficie y no cerca de las juntas constructivas o bordes obvios de un elemento estructural. Registrar y reportar el ángulo aproximado entre el eje longitudinal del núcleo taladrado y el plano horizontal de colocación del concreto. Un núcleo perforado en forma perpendicular a una superficie vertical, o

²³ http://www.asocreto.org.co/rc_2012/memorias/pdf/pre_patologia

perpendicular a una superficie inclinada, debe ser extraído en lo posible cerca del centro del elemento.

MEDICIÓN DE LA LONGITUD DE LOS NÚCLEOS PERFORADOS

Los núcleos para determinar el espesor de pavimentos, losas, muros y otros elementos estructurales deben tener un diámetro de al menos 95 mm (3.75 pulg), cuando se estipule que las longitudes de dichos núcleos deben ser medidas de acuerdo con el Método de Ensayo C 174/C 174M.

Para los núcleos que no se pretendan usar para la medición de dimensiones estructurales, medir la longitud mayor y menor sobre la superficie cortada a lo longitud de líneas paralelas al eje del núcleo. Registrar la longitud promedio con una aproximación de 5 mm (1/4 pulg).

NÚCLEOS PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Diámetro – El diámetro de núcleos para determinar la resistencia a la compresión en elementos estructurales portantes debe ser de al menos 94 mm (3.70 pulg). Para elementos estructurales no portantes o cuando es imposible obtener núcleos con una relación longitud – diámetro (L/D) mayor o igual a 1, no están prohibidos los diámetros menores de 94 mm (3.70 pulg) (véase Nota 3). Para el concreto con tamaño máximo nominal del agregado mayor o igual a 37.5 mm (1 ½ pulg), el diámetro de los núcleos será el que indique el especificador de los ensayos.

Longitud – Preferentemente, el longitud del espécimen encabezado o perfilado debe ser de entre 1.9 y 2.1 veces el diámetro. Si la relación longitud - diámetro (L/D) del núcleo excede de 2.1, se debe reducir el longitud del núcleo de manera que la relación del espécimen encabezado o perfilado se encuentre entre 1.9 y 2.1. Los núcleos con relaciones longitud-diámetro menores a 1.75 requieren que se corrija la resistencia a la compresión obtenida. No se requiere de un factor de corrección para una L/D mayor de 1.75. Un núcleo con una longitud máxima de menos del 95% de su diámetro previo al encabezado o con una longitud menor a su diámetro posterior al encabezado o esmerilado no debe ser ensayado.

Mediciones - Antes de realizar el ensayo, se debe medir la longitud del núcleo encabezado o esmerilado con aproximación de 2 mm (0.1 pulg) y usar esta longitud para calcular la relación longitud – diámetro (L/D). Determinar el diámetro promedio promediando dos mediciones tomadas en ángulo recto, una con respecto a la otra, cerca de la altura media del núcleo. Medir los diámetros de los núcleos con aproximación de 0.2 mm (0.01 pulg) cuando la diferencia en los diámetros no exceda del 2% de su promedio; de otro modo medirlos con aproximación de 2 mm (0.1 pulg). No ensaye los núcleos, si la diferencia entre el diámetro mayor y el diámetro menor excede del 5% de su promedio.

Ensayo - Ensayar los especímenes de acuerdo con los requisitos del Método de Ensayo C 39/C 39M.

Ensayar los especímenes dentro de los 7 días siguientes a su extracción a menos que se especifique de otro modo. Según el ACI 318.5.6.5.3 no se deben ensayar antes de 48 horas y no después de 7 días, si se usa agua durante el aserrado o esmerilado de los extremos de los núcleos.

Cálculos - Calcular la resistencia a la compresión de cada espécimen usando el área de la sección transversal calculada en base a su diámetro promedio.

Si la relación longitud - diámetro (L/D) del núcleo es de 1.75 o menor, corrija el resultado obtenido en el punto 7.9 multiplicándolo por el factor de corrección aplicable señalado en la siguiente tabla:

Relación longitud-Diámetro (L/D)	Factor de Corrección
1.75	0.96
1.50	0.96
1.25	0.93

Los factores de corrección dependen de varias condiciones tales como estado de humedad, nivel de resistencia y módulo de elasticidad. En la tabla se presentan los valores promedio para las correcciones debidas a la relación longitud-diámetro.

Estos factores de corrección se aplican al concreto de baja densidad, con una densidad entre 1.600 y 1.920 kg/m³ (100 y 200 lb/pie³) y al concreto de densidad normal. Son aplicables tanto para concreto seco ASTM C 42/C 42M-04 como húmedo y para resistencias entre 14 a 42 MPa (2.000 y 6.000 psi). Para resistencias superiores a 70 MPa (10.000 psi), la estadística de ensayos de núcleos señala que esos factores de corrección pueden ser mayores a los mencionados en la lista anterior.

Informe - Reporte los resultados como lo requiere el Método de Ensayo C 39/C 39M adjuntando la información siguiente:

Longitud del núcleo al extraerse, con aproximación de 5 mm (¼ pulg).

Longitud del núcleo antes y después del encabezado o esmerilado final con aproximación de 2 mm (0.1 pulg), y diámetro promedio del núcleo con aproximación de 0.2 mm (0.01 pulg) o 2 mm (0.1 pulg).

La resistencia a la compresión con aproximación de 0.1 MPa (10 psi) cuando el diámetro es medido con aproximación de 0.2 mm (0.01 pulg) y con aproximación de 0.5 MPa (50 psi) cuando el diámetro se medir con aproximación de 2.0 mm [0.1 pulg], y después de la corrección por la relación longitud-diámetro, cuando sea aplicable.

La dirección de la aplicación de la carga sobre el espécimen con respecto al plano horizontal de colocación del concreto.



Los especímenes cortados “in-situ” tienen esta apariencia

5.5 Petrografía

Puede afirmarse con seguridad que un informe petrográfico es el reporte más polémico de la industria del concreto. Éste por lo general es necesario cuando el concreto no se ha desempeñado según las expectativas. En ocasiones, el informe petrográfico se asocia con un proceso de litigio, razón por la que se le concede un nivel de importancia adicional al que ya representa. A diferencia de un simple método de ensayo, como puede el de la resistencia a la compresión, la petrografía es una ciencia que no tiene un procedimiento único, cuyo resultado (el informe petrográfico) no contiene datos sencillos –de fácil interpretación– o comparables con los resultados de otros ensayos.²⁴

La petrografía utiliza un conjunto de técnicas –principalmente de la microscopía óptica moderna– en las que el juicio del especialista juega un papel sustancial en la selección de los sitios de donde se toman las muestras; en la selección de la muestra para su examen detallado a partir de un testigo; en la preparación y conservación de las muestras para el estudio; en la obtención de datos posteriores al desarrollo de las observaciones, y por último en la interpretación de los resultados. Gran parte de la información obtenida es cualitativa o semi-cuantitativa, lo que dificulta la comparación de informes realizados por diferentes petrógrafos sobre muestras extraídas y estudiadas en un mismo sitio.

²⁴ <http://www.imcyc.com/revistacyt/sep11/arttecnologia.html>

- Porqué hacer estudios petrográficos.

Primero hay que decir que, en términos generales, la Petrografía es la rama de la geología que se ocupa de la descripción detallada de las rocas. Este artículo, se centrará en el análisis de la “roca elaborada por el hombre”, y que todos conocemos como concreto.

Las técnicas petrográficas a menudo requieren más tiempo para la preparación y reconocimiento de las muestras que bien pueden ser incluidas en las garantías de calidad de la construcción. Con ellas se requieren horas de trabajo altamente calificado, por lo que resultan costosas para el desarrollo de ensayos de rutina. Esta es la razón por la que estas técnicas son mayormente utilizadas para solucionar conflictos, a menudo en el contexto de un litigio. Igualmente resultan útiles en proyectos de investigación ya que proporcionan información detallada acerca del propio concreto y de cualquier deterioro que pudiera existir.

La Norma ASTM C856 “Práctica Estándar para Examen Petrográfico al Concreto Endurecido”, describe las técnicas que se pueden utilizar para este estudio. El petrógrafo seleccionará las técnicas apropiadas sobre la base de las interrogantes que está tratando de responder y las capacidades del laboratorio a utilizar. La información que se puede obtener incluye el tipo de agregados y si éstos han tenido alguna reacción, el contenido de aire incluido (con la norma ASTM C457), la calidad de la pasta de cemento, la presencia y cantidad estimada de materiales cementantes adicionados, la estimación de la relación agua–material cementante, la presencia y posibles causas de agrietamiento, la presencia e identificación de materiales en grietas y oquedades, así como las evidencias (concluyentes o no) que sugieren las posibles causas de determinados deterioros, tales como: desprendimientos, grietas, caída de recubrimientos, oquedades o desconchados.

- Perfil del petrógrafo.

Es esencial para un petrógrafo tener una adecuada instrucción y experiencia; sin embargo, no es común que existan títulos universitarios en petrografía del concreto.

La Norma ASTM C856 plantea que: “el petrógrafo que inspecciona el concreto, deberá cubrir cursos de nivel universitario que incluyan: petrografía, mineralogía, mineralogía óptica, o 5 años de experiencia equivalente acreditada, y su aplicación a la evaluación de materiales usados en la elaboración del concreto y de productos elaborados a base de materiales cementantes”. Por lo general, estos cursos pueden ser parte de programas de licenciatura en Geología con énfasis en mineralogía y microscopía óptica, es decir, en la aplicación de la microscopía óptica en el estudio de las rocas.

Si bien el concreto es esencialmente una roca artificial, hay diferencias entre éste y una roca natural, que afectan cualquier análisis; desde la preparación de las muestras hasta la interpretación de los resultados.

Para conocer más acerca del concreto, el geólogo necesita trabajar junto a un petrógrafo del concreto con experiencia, preferiblemente como parte de un equipo multidisciplinario de profesionales. También resulta útil que el petrógrafo gane experiencia de campo, ya que esto proporciona un mejor desempeño frente al estudio detallado de las muestras en el laboratorio.

Por lo general, en los Estados Unidos de Norteamérica los petrógrafos no tienen licencias para ejercer, de acuerdo a lo que estipulan los Consejos de Licencia del Estado; sin embargo, en algunos estados se llegan a expedir licencias a geólogos titulados con experiencia. No obstante, es una realidad que estos trabajos deben llevarse a cabo bajo la supervisión de profesionales autorizados, ya sean geólogos o ingenieros.

Muchas personas cometen el error de enviar al petrógrafo para su estudio, una muestra testigo extraída aleatoriamente en el sitio, lo que no proporciona una información real acerca de la muestra, ni del sitio; sin embargo, a pesar de esto, se espera que el petrógrafo confeccione un informe detallado y esclarecedor.

Es importante tener en cuenta que se trata de un estudio costoso y demorado, en el que se necesita tener la mayor cantidad de información posible, ya que en la medida que el petrógrafo disponga de mayor información, el producto final del estudio será más completo y provechoso. De la misma forma en que el ser humano no debe acudir a su médico para un diagnóstico sin comentarle antes acerca de los síntomas que está experimentando, no se deberá enviar jamás una muestra a un petrógrafo, sin que se proporcione más información al respecto.

La información que se le deberá dar al petrógrafo incluye los síntomas observados (ej. agrietamiento) y la fecha de detección de la manifestación. Adicionalmente, se debe proporcionar información referente al proyecto, a las condiciones de exposición y a las fechas relevantes (ej. colado y aparición del daño). Es importante que además se tenga acceso a toda la documentación disponible (es deseable que se cuente con la mayor cantidad de información posible). Es común que documentos tales como reportes de diseño de mezclas de concreto, especificaciones de proyecto, y requisiciones de entrega de concreto, puedan ser de mucha utilidad.

Las fotografías pueden ser útiles; sin embargo es común que los croquis lo sean más, especialmente cuando se intenta encontrar las causas de una determinada manifestación indeseada. Es necesario que tengan esquemas de la zona de la estructura en las que se han tomado las fotografías, y que adicionalmente se ubiquen los puntos en donde fueron extraídas las muestras.

En el caso de elementos agrietados, especial importancia tiene la inclusión de mapas de grietas asociados a los planos estructurales de la construcción o de la partes de ésta que se someterán al estudio petrográfico.

Generalmente, el petrógrafo elaborará un registro estandarizado con las observaciones obtenidas de cada muestra. En algunos laboratorios, el petrógrafo rutinariamente llega a estas observaciones antes de recibir toda la información del caso de estudio; en otros casos, la información arriba antes o durante el desarrollo de los estudios. Cualquiera de estas prácticas es aceptable, siempre y cuando el informe petrográfico se elabore tomando en consideración la información complementaria.

El análisis petrográfico determina:²⁵

- Condiciones del material
- Causas del deterioro del concreto
- Probable comportamiento futuro
- Conformidad con la especificación del proyecto
- Descripción del concreto, definiendo:
 - Grado de hidratación del cemento
 - Estimación de la relación A/C
 - Grado de carbonatación en la pasta de cemento
 - Presencia de ceniza volante y estimación de la cantidad
 - Grado de corrosión en el acero de refuerzo
 - Identificación de la evidencia de la reacción patógena álcali-agregado, ataque del sulfato, o el otro ataque químico
 - Identificación del potencial reactivo de los agregados
 - Evidencia de un curado incorrecto
 - Estimación del contenido de aire
 - Evidencia temprano de congelamiento temprano
 - Causas de fisuración

El análisis petrográfico se suple a menudo con análisis químico, con análisis de difracción de rayos X y de la exploración con microscopía electrónica. Las pruebas físicas desarrollan datos sobre fuerza a compresión, cambio de volumen, contenido del aire del concreto endurecido, durabilidad, permeabilidad y contenido de lón cloruro.

RESULTADOS

A continuación se muestran seis ejemplos de análisis petrográficos y utilización del estero microscopio, aplicados a la tecnología de concreto específicamente al diagnóstico de daños, realizados por Construction Technology Laboratories, Inc., Illinois, Estados Unidos, aplicados a pavimentos de concreto que presentaban lesiones y daños. Cada fotografía tiene su explicación:²⁶

²⁵ KERR, Paul F. Mineralogía Óptica. 3 Edición. Edit. McGraw Hill. Ediciones Castilla. España 1965.

²⁶ U. NACIONAL. Cristalografía. Texto Facultad de Geología. 1989.



Figura 1. Las grietas abiertas se llenan parcialmente con carbonato de calcio en un bloque prefabricado de una chimenea. Se evidencian daños de la adherencia cíclica y de las altas

Figura 2. Las microfisuras son resultado del congelamiento cíclico y el descongelamiento del concreto, inadecuado vibrado del pavimento.

El acabado prematuro y sobrecarga. Se aprecia la ausencia de aire atrapado en la superficie exterior. El grueso del concreto representado en la microfotografía (tomada con un éstereo - microscopio) es 4.1 milímetros.

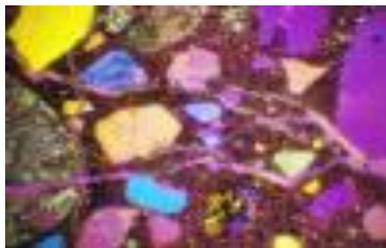
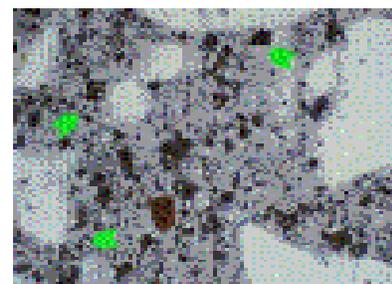


Figura 3. Una microfotografía de la sección delgada de un pavimento de concreto que muestra grietas resultado del congelamiento cíclico, que afecta seriamente de durabilidad.

La longitud fotografiada es de 4.1 milímetros.²⁷

Figura 4. Una sección de 20 micras de espesor del pavimento de concreto muestra partículas no hidratadas (oscuras) de la escoria del cemento de Pórtland en la pasta. Las partículas de las cenizas volantes se indican con las flechas. La falta de un vibrado apropiado dio lugar a un escalamiento leve observado después de una exposición del invierno. La longitud fotografiada era 0.7 milímetros



²⁷ ../Revista Publicacion Final I de 2008/Año 2005/Articulos/REVISTA E-MAIL EUCATIVO/INICIO/CONTENIDO_archivos/REVISTA_3_TECNOLOGIA/PETROGRAFIA/Imagen4p.gif

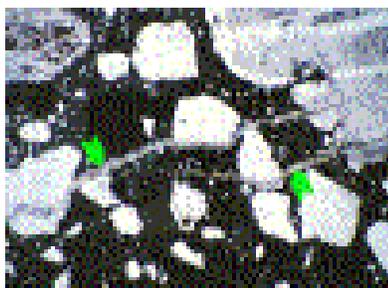
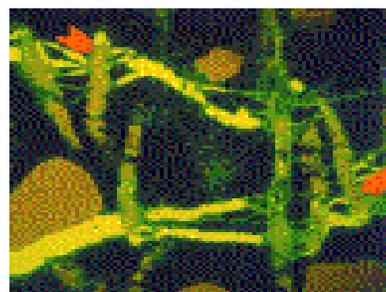


Figura 5. Una sección delgada de concreto dañado por la reacción expansiva álcali - agregado, las microfisuras se llenaron parcialmente del gel del álcali (flechas) extienden a lo largo del reactivo (la derecha superior). La reacción produjo fisuras numerosas en un piso de garaje. La longitud fotografiada es de 2.8 milímetros.

Figura 6. Una sección delgada (20 micras) de concreto reforzado con fibra de vidrio elaborada después de que fuera sometida a la prueba de compresión. Observe los áreas de las fibras de vidrio en las cuales las secciones transversales circulares del cristal pueden ser vistas (las flechas).

Muestra impregnada con epoxy fluorescente después del ensayo mecánico. La longitud fotografiada es de 3.8 milímetros.



- Conclusión

Es necesario asegurarse de que las muestras sean lo suficientemente grandes como para hacer las pruebas necesarias; es común hacer varios tipos de pruebas a muestras extraídas en un mismo sitio.

Se recomienda no utilizar para el análisis petrográfico las mismas muestras que ya hayan sido utilizadas en ensayos de resistencia a compresión; sin embargo, si las muestras son lo suficientemente grandes, se podrán seccionar trozos más pequeños, para su estudio petrográfico, antes de ser sometidas al ensayo de resistencia. Si por alguna razón fuera necesaria la reutilización de especímenes previamente ensayados a compresión, se podrán estabilizar con resina epóxica y entonces someterlos al estudio petrográfico, pero con el entendido de que se estudiarán especímenes con grietas inducidas por el ensayo previo. Las Normas ASTM C457 y C856 incluyen los requisitos de tamaño mínimo de las muestras para este estudio.

Por lo general, los estudios petrográficos no son los únicos ensayos que se utilizan para determinar las causas de los deterioros en el concreto, el petrógrafo deberá conocer si se llevarán a cabo otros ensayos, pues podría seccionar la muestra de forma tal que ésta pueda utilizarse en otros ensayos. Un trabajo coordinado entre el petrógrafo y especialistas que

realicen otros ensayos, puede ser útil para el flujo de la necesaria información y para resolver las aparentes contradicciones en los resultados de las pruebas.

5.6 Ensayo de Ultrasonido

La inspección mediante ultrasonido es un método no destructivo en base a la velocidad de ondas a través del material analizado y se emplea en aplicaciones estructurales para evaluar el estado de materiales como el hormigón. Este método se describe en detalle en normas como la ASTM C 597-83.

Este método se emplea en la evaluación de la uniformidad y calidad relativa del hormigón y en la localización de defectos como fisuras o coqueras de elementos estructurales que presentan dos caras accesibles como vigas, losas y soportes.

El procedimiento del ensayo es relativamente simple, siempre y cuando se tenga el equipo y el entrenamiento necesarios para su uso.

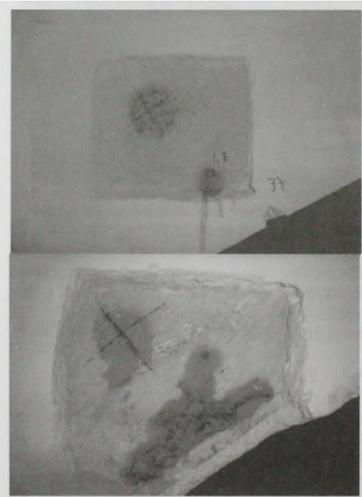


Figura donde se muestra un ensayo realizado al teatro de amas de 50 años de antigüedad, donde se empleo el ultrasonido.

El ultrasonido es una onda acústica que sobrepasa los 20kHz (límite de audición humana). Durante el proceso de transmisión de la onda ultrasónica son generados tres tipos de ondas: longitudinales, transversales y superficiales. Las longitudinales o ondas de compresión son las más veloces, seguidas de las transversales y después las superficiales.

El método del ensayo de ultrasonido se fundamenta en el análisis de pulsos ultrasónicos que se propagan por los materiales. En la mayoría de las veces, se usa un transductor para la emisión del pulso y otro para la recepción del pulso después de su propagación en el material.

A partir de la medida del tiempo de recorrido que la onda lleva para atravesar el material y de la evaluación de la velocidad de propagación correspondiente se puede obtener información sobre la calidad, la composición de su trazo y, en algunas condiciones, el cargamento a que está

sometido (en estos dos últimos casos, hasta el presente, solamente en condiciones controladas).

La velocidad de la onda depende principalmente de los siguientes factores: módulo de elasticidad, masa específica del concreto, porcentaje de vacíos, coeficiente de Poisson, y también de la presencia de armadura (BUNGEY, 1989, POPOVICS et al, 1995).

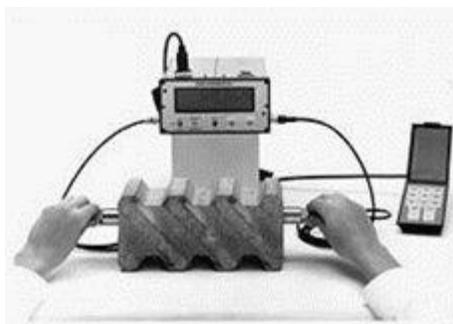
Cuando los pulsos son generados por transductores en caras opuestas, se clasifica como modo de transmisión directa; cuando están perpendiculares entre sí o en caras adyacentes, transmisión semi-directa y cuando los transductores están en el mismo plano se clasifica como modo de transmisión indirecta.

El método se fundamenta en el hecho de que la velocidad de propagación de la ondas es influenciada por la cualidad de la muestra. El ensayo consiste en la medición, por medio electrónico, del tiempo de propagación de ondas ultrasónicas a través del concreto, entre el emisor y el receptor.

Durante el ensayo por el modo de transmisión directa, la distancia entre los transductores puede ser fácilmente determinada, y el tiempo de recorrido de la onda ultrasónica es medida por el equipo del ensayo. Con estos dos valores (tiempo y distancia) puede ser calculada la velocidad de propagación de la onda.²⁸

Equipo

Existen varios tipos de equipos, pero en lo esencial poseen transductores capaces de marcar el tiempo de propagación de una onda a través del hormigón.



Ventajas y desventajas del equipo

El equipo proporciona grandes ventajas, entre ellas podemos mencionar su poco peso, fácil uso y manejo, pero sobre todo la confiabilidad en sus resultados, ya que una forma rápida y sencilla permite conocer el estado que guarda el hormigón del elemento ensayado.

²⁸ BUNGEY, J. H., The testing of concrete in structures, 2 ed. London, Surrey University Press, 1989

Presenta como desventaja, que los cables transmisores en varias ocasiones presentan falsos contactos debido al exceso de movimiento, con lo cual se dificulta efectuar las lecturas.

Los métodos ultrasónicos son afectados por algunos factores, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- Contacto entre superficies del hormigón y transductores. Debe haber un íntimo contacto acústico; las superficies moldeadas, en general no presentan problemas y si presentan alguna rugosidad, se puede eliminar frotando con piedra de pulir. Los transductores deben apretarse contra el hormigón y, para mejorar el contacto, se suele colocar una película de vaselina entre hormigón y transductor.
- Longitud del recorrido. Debido a la heterogeneidad del hormigón y, para evitar sus efectos, es conveniente que el recorrido sea más bien extenso. Para un mismo hormigón, se han encontrado diferencias de velocidad de propagación, al medir distintos espesores.
- Humedad del hormigón. En general, la velocidad de propagación del sonido en el hormigón aumenta a medida que su contenido de humedad es mayor.
- Armaduras Metálicas. Las armaduras metálicas presentes en el hormigón, afectan considerablemente las medidas de velocidad, debido a que en el acero, la velocidad de propagación puede ser hasta 2 veces mayor que en el hormigón.²⁹

5.7 CAPO TEST

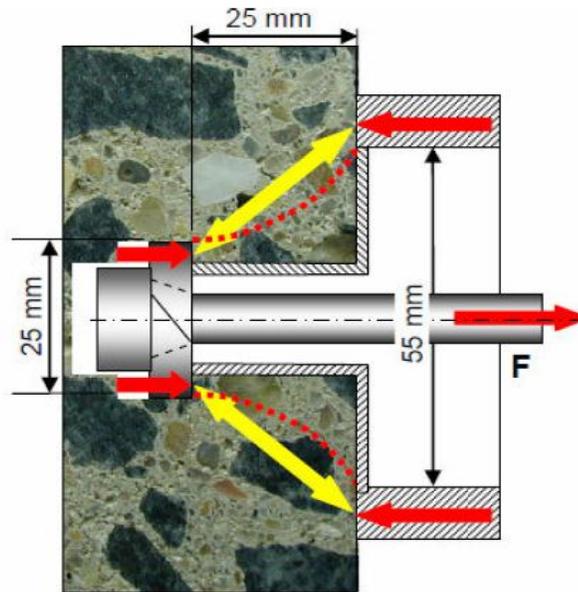
Es un método de prueba de resistencia a compresión del concreto, basado la extracción de muestras según indica la norma ASTM C 900.

El procedimiento consiste en seleccionar una area de concreto de 55mm de diametro, que sea homogenea y lo menos dañada posible, debe estar libre de acero de refuerzo en la periferia y 30cm de profundidad para que la prueba pueda llevarse a cabo adecuadamente, una vez seleccionada la localizacion donde se va a realizar la prueba se taladra un hoyo de 18.4mm perpendicular a la superficie. Se raspa una cavidad de 25mm de diametro dentro del orificio a una profundidad de 25 mm. Se expande un anillo en la cavidad y se extrae usando la maquina de extraccion en reaccio contra un anillo de 55mm de diametro de contra-presion. El concreto comprendido entre el anillo expandido y el anillo de contra-presion esta en compresion. Es por eso que la fuerza ultima de extraccion esta relacionada direcamente con la resistencia a compresión.

El ensayo es realizado hasta que el cono de concreto comprendido entre el anillo expandido y diametro interno del anillo de contra-presion sea extraido. Por lo tanto hay un daño menor a la superficie.

La cual puede ser reparada por razones esteticas o para evitar potenciales problemas de durabilidad.

²⁹ <http://civilgeeks.com/2011/04/11/ensayos-no-destructivos-del-concreto-ultrasonido/>

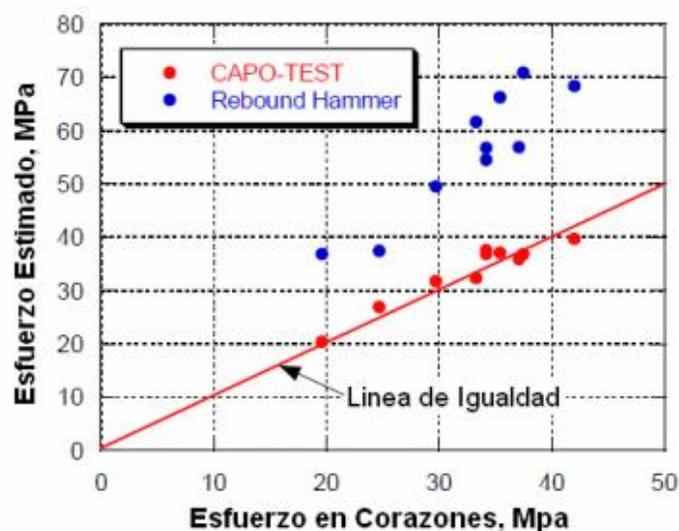


En este diagrama, se muestran los esfuerzos a los que es sometida la muestra.³⁰

Comparación con esfuerzos en corazones de concreto

Este método permite precisar en una grafica la correlacion de esfuerzos que indican la resistencia promedio de los elementos sometidos a compresion de acuerdo a las especificaciones de la prueba.

Reference: Moczko, A., "Comparison Between Compressive Strength Tests From Cores, CAPO-TEST and Schmidt Hammer," Wroclaw Technical University, Poland, 2002.



³⁰ <http://www.germann.org/Publications/Spanish%20catalogs/LOK,%20CAPO%20&%20BOND%20-%20Spanish.pdf>

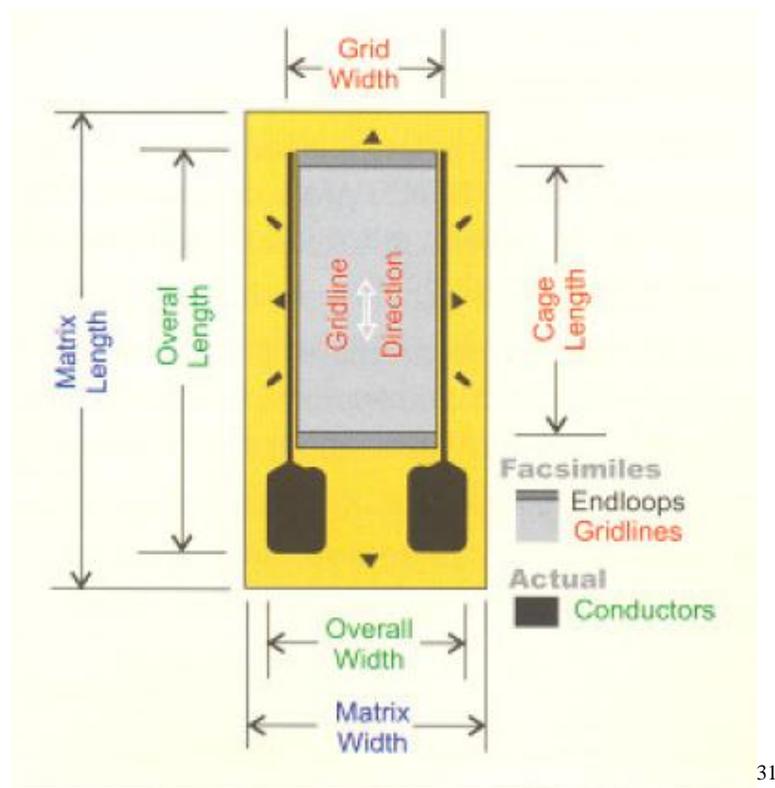
5.8 Otros medios de auscultación.

5.8.1 Deformímetros

El estudio de las deformaciones en la ingeniería, ha sido fundamental para el diseño de mecanismos de falla en la estructura.

El deformímetro, es un dispositivo de medida universal, que se utiliza para la medición de distintas magnitudes mecánicas como puede ser: presión, carga, torque, deformación, posición etc. Se entiende por esfuerzo en un instrumento de medición, como la cantidad de deformación de un cuerpo debido a la fuerza aplicada sobre el. Si lo ponemos en términos matemáticos, se define como la fracción de cambio en la longitud.

Partes de un deformímetro.



31

³¹ Revista AVANCES en investigación de ingeniería – 2006 No. 4

- Ancho de grilla (grid width)
- Ancho total del deformimetro (overall width)
- Longitud del deformimetro (gage length)
- Longitud total del deformimetro (overall length)
- Longitud del deformimetro + soporte (matrix length)

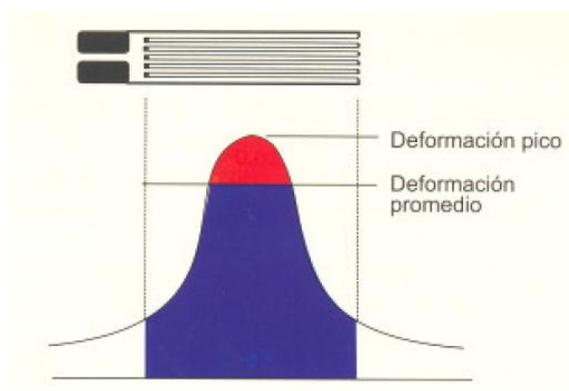
El parámetro en un elemento puede ser positivo (tensión) p negativo (compresión). Si bien, es adimensional, en muchos casos se suele expresar en unidades de mm/mm y llegar a unidades de μ (micras).

Se conocen varios metodos para medir el esfuerzo, pero el mas usado es mediante deformímetros, dispositivo resistencia electrica varia en forma proporcional al esfuerzo que esta sometido.

El deformimetro metalico, consiste en un cable muy o papel aluminio dispuesto en forma de grilla. Esta, maximiza la cantidad de metal sujeto al esfuerzo en la direccion paralela. La grilla esta pegada a un fino respaldo llamado "carrier", el cual esta sujeto directamente a la pieza bajo medida.

Por lo tanto, el esfuerzo experimentado por la pieza, es transfiriendo directamente al deformimetro, el cual responde a cambios lineales de resistencia eléctrica.

+ Deformación promedio



Las deformaciones a lo largo del tiempo, se integran, para con ello hacer un promedio, la zona media de la grafica es más sensible y allí es donde se

concentra la medición de la deformación, por lo tanto, se puede decir que la deformación que capta el deformímetro, es la correspondiente al punto medio de esta.

- + La utilización del deformímetro en la investigación de patologías.

El deformímetro, tiene como función el de reflejar el comportamiento de una falla a lo largo del tiempo, puede ser de semanas, meses o años.

Si la falla avanza a un ritmo tan lento, se recomienda, calcular la tasa de deformación y agrietamiento medido por los deformímetros, con el fin de recabar datos en un tiempo no tan largo, sin perder de vista la posición del avance.

Este método es muy utilizado en asentamientos diferenciales (cuando se extiende un hundimiento en el suelo) ya que estos originan fracturas que se extiende a lo largo de los muros de carga, generalmente estas fallas se presentan en ángulos que van desde los 30° a 45° de inclinación, un ejemplo es el caso de la catedral de la ciudad de México, que necesita de estos instrumentos para medir su deformación.

5.8.2 Rayos X

Los rayos x se definen como la radiación electromagnética de longitud de onda corta producida por la desaceleración de electrones de energía elevada por transiciones electrónicas que involucran electrones de los orbitales internos de los átomos con rangos de longitud de onda de 10^{-5} A hasta 100 A.

Emisión de rayos x

Los rayos x para uso analítico, se obtiene de tres maneras:

- Por bombardeo de un blanco metálico con un haz de electrones de elevada energía.
- Por exposición de una sustancia a un haz de rayos x, generando un haz secundario de fluorescencia de rayos x.
- Utilizando una fuente radioactiva, cuyo proceso de desintegración da lugar a una emisión de rayos x.

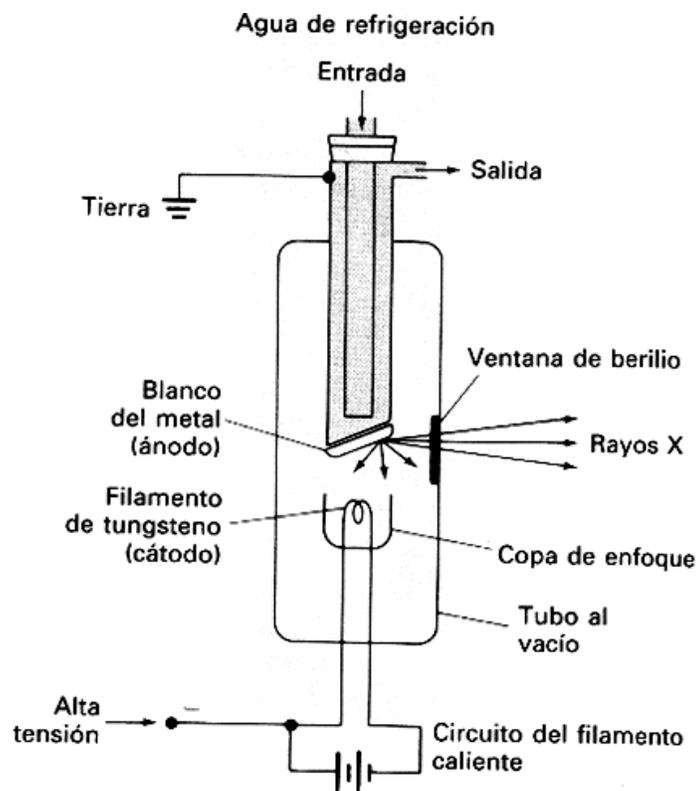
Fuentes radioactivas

- + Algunos elementos radioactivos capturan el electrón "K" con su núcleo, proceso en el cual se generan rayos x.
- + A su vez la vacante es ocupada por electrón de mayor energía.
- + En este proceso el nuevo átomo es de un elemento de unidad menor.

Difracción de rayos x (DRX)

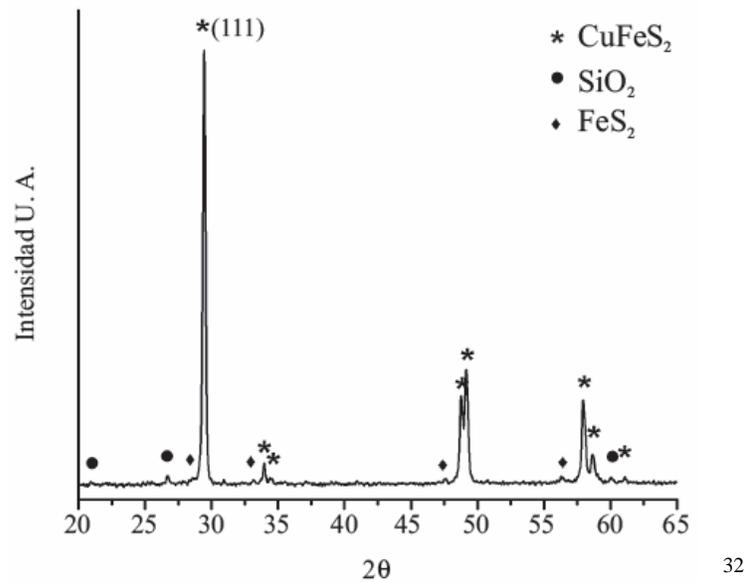
- Monocristal: Se utiliza un cristal perfecto del material a analizar.
- Polvos: Se utiliza el solido en polvo.

Componentes del instrumento



ESQUEMA DE UN TUBO DE RAYOS X

Aplicación de los rayos x



Diffractograma de Rayos X de muestra de polvos de CuFeS_2 . Se indica el plano 111

La mayor parte de los conocimientos sobre la ordenación y espaciado de los átomos en los materiales cristalinos, se han deducido mediante esta técnica.

Proporciona información sobre propiedades físicas de sólidos en general

Interpretación de las figuras de difracción

La interpretación de un diffractograma de polvo cristalino se basa en la disposición en las líneas y de sus intensidades relativas.

El ángulo de difracción 2θ se determina por el espaciado de un grupo particular de planos.

Es útil este método para descartar erosión, formación de picadura en la estructura de concreto, ataque de microbios que degradan el concreto (ataque biológico), pérdida de adherencia entre el mortero y la mampostería.

³² http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302010000600003&lng=es&nrm=iso

Capítulo 6

Forma del reporte

Se comienza por citar al profesional encargado del servicio en este caso el nombre completo del perito _____, acreditado en la institución “ _____” luego se cita los acuerdos a los cuales esta sujeto ejemplo los artículos del 162 al 188 del código de procedimientos penales para el distrito federal si es para la carga de la prueba, o si es para fines de seguridad estructural se cita los artículos del 183 al 187 del reglamento de construcción del distrito federal según sea el caso objeto del peritaje.

1.- ANTECEDENTES

Se describe en este punto por qué son requeridos los servicios de perito según los propietarios o la autoridad judicial describiendo las posibles controversias detectadas o si es necesario esclarecer si existe alguna deficiencia en el inmueble, se hace una breve descripción del inmueble como se encuentra.

2.- OBJETO DEL INFORME

En este punto tenemos que constatar las deficiencias de la construcción y su carácter perjudicial para la edificación y que medidas son planteadas para corregir las patologías encontradas, se describe en que unidad monetaria de la cuantía que se determine necesaria para la reparación.

3.- DESCRIPCION DEL EDIFICIO

Informa en este punto, las áreas de las cuales consta el inmueble, los materiales de los cuales esta construido en interiores y exteriores y finalmente su ubicación entre que calles código postal y la ciudad, estado o municipio de ubicación del inmueble.

4.- DEFICIENCIAS

En este punto se describe detalladamente mediante que pruebas fueron determinadas las patologías del inmueble así como el grado de daño que actualmente presentan, lo que se analiza de acuerdo a parámetros medibles que resultan a partir del análisis de las pruebas y la información recabada, mediante ello se determina las posibles causas que provocaron las condiciones en las que se encuentra ahora el inmueble y se describe que acciones incidieron en la construcción así como describir que elementos estructurales que resultaron afectados.

5.- MEDIDAS CORRECTORAS

Se puntualiza en base a la patología analizada, las posibles soluciones propuestas para corregir en medida de lo posible los daños ocasionados por los efectos de las acciones a las que la estructura fue sometida y el nivel necesario de corrección que se debe de aplicar para reparar o reestructurar según sea el caso para que continúe en correcto funcionamiento.

6.- CUANTIFICACION

Presenta en números, la cantidad de recursos necesarios por zonificación dentro de la propiedad con un estimado del arancel de precios al día de hoy del monto del cual se debe disponer para reparar los daños, esto se hace analizando materiales, mano de obra y el equipo necesario para intervenir el elemento y corregir las patologías que se presentan en la construcción, cabe mencionar que los costos son paramétricos y si se requiere mayor precisión del costo sería necesario un análisis de precios mas a detalle.

7.- CONCLUSIONES

Se dicta las causas de las patologías encontradas en base a las pruebas realizadas y se emiten las correcciones en orden de importancia y con las cuantías y ubicación correspondiente, además se anexan los documentos que acreditan las pruebas, además de la interpretación de las pruebas escrita en un lenguaje técnico y los puntos que se tocaron para concluir el informe.

Capitulo 7

Desarrollo del reporte en función del estado

REPORTE DE SEGURIDAD ESTRCUTURAL DEL INMUEBLE UBICADO EN PUEBLA #313 COLONIA ROMA MEXICO DF

REALIZADO EL 17 DE JULIO DEL 2005

Índice general:

1.- Antecedentes -----	78
2.- Descripción de la estructura-----	78
3.- Descripción de los daños observados-----	81
3.1 Fachada -----	82
3.2 Nivel 1 -----	84
3.3 Nivel 2 -----	85
3.4 Nivel 3 -----	85
4.- Conclusiones y recomendaciones -----	85

1.- Antecedentes

El pasado sabado 2 de Julio de 2005 se realizo una visita al inmueble ubicado en la calle de Puebla #313 colonia Roma en la Ciudad de Mexico, par observar los daños que se han venido produciendo en varios muros de mamposteria de su estrcutura, que de acuerdo a lo que refieren los propietarios y habitantes del inmueble, se comenzaron a presentar a partir del inicio de las obras del inmueble de tres niveles de altura en proceso de edificacion con licencia de cosntruccion numero 1/06/2003, misma que fue expedida el 11 de agosto de 2003 y con vigencia hasta el 11 de agosto de 2003 y con vigencia hasta el 11 de agosto de 2006, según consta en la placa de identificacion colocada en el acceso a la misma.

La vista se realizo a petccion de la Dra. Judith Gonzalez, con el fin de que se dictamine sobre el origen de de los daños presentados, asi como de la seguridad estructural de inmueble bajo las condiciones en las que se encuentra. El presente informe constituye el dictamen de seguridad estructural solicitado.

2.- Descripción de la estructura

El inmueble esta estructurado a base de muros de mamposteria y boveda catalana. Consta de tres niveles destinados a uso habitacional, de servicios y a estacionamiento de planta baja. Tanto en sus lados Este y Oeste, colinda con estrcuturas de tres niveles estructuradas a base de muros de manmposteria con las que comparte muros medianeros. El año de construccion del inmueble se remonta a principios del Siglo XX.

La planta del inmueble es rectangular alargada y tiene una distribucion de muros. La dimension paralela a la calle es de 7.75 m, mientras que la dimension perpendicular a la calle es de 29.50 m, porm lo que el inmueble ocupa una superficie de 228.63 m². En la planta baja aloja a un departamento para dos automoviles, mientras que en las plantas superiores aloja unicamente a un departamento en cada una de ellas. En la azotea se encuentra un pequeño tejaban. Las alturas de entrepiso son 3.25 m en la planta baja y de 3.65 m en las plantas superiores.



Figura 1: Fachada del inmueble ubicado en la calle de Puebla #313, colonia Roma, México D.F.

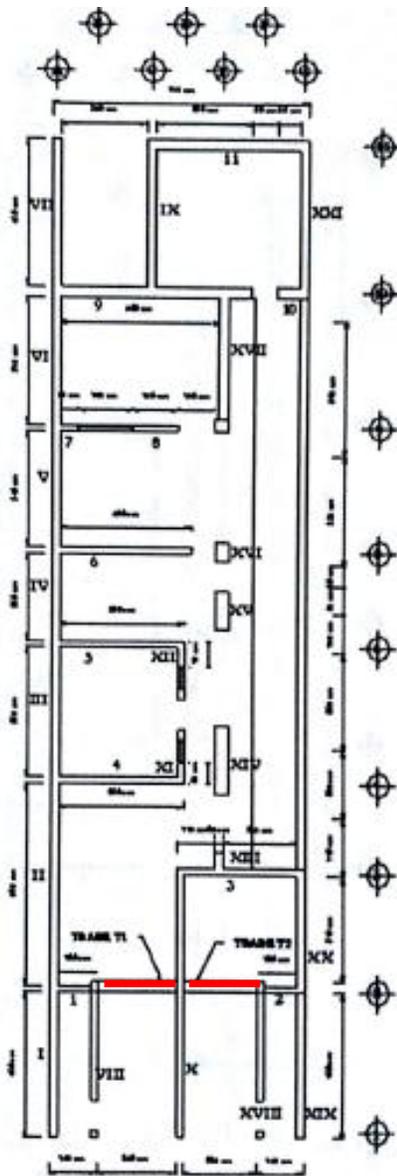


Figura 2: Planta de Nivel 1.

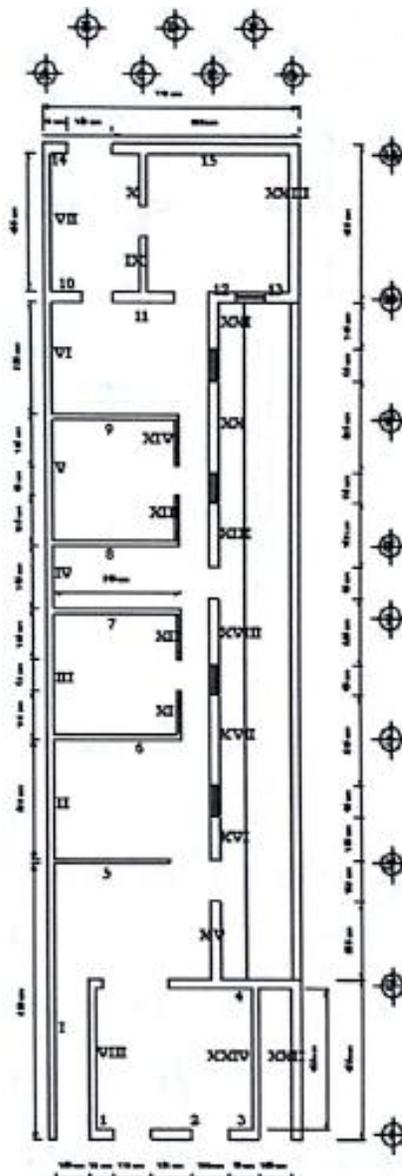


Figura 3: Planta de Nivel 2.

Trabe t1, t2

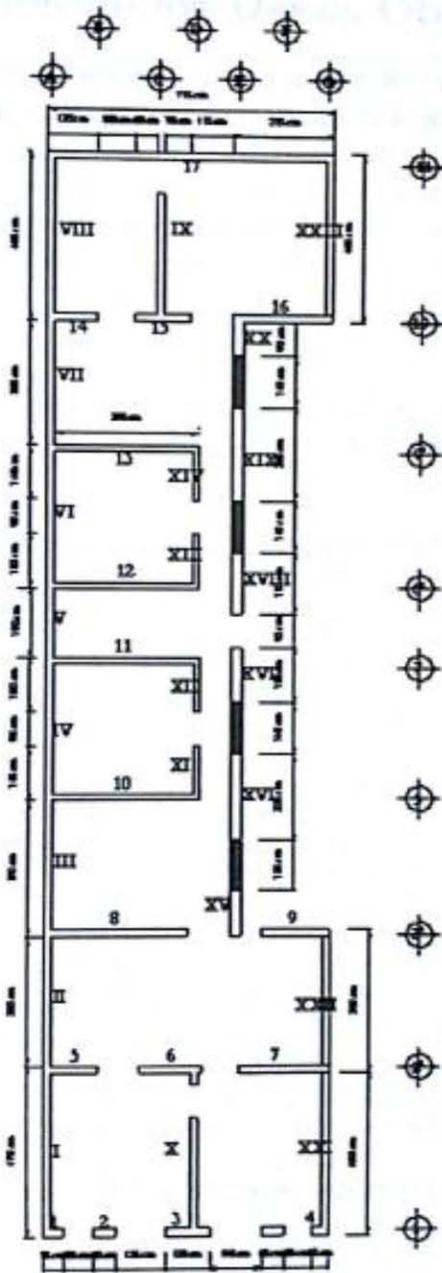


Figura 4: Planta de Nivel 3.

3. Descripción de los daños observados

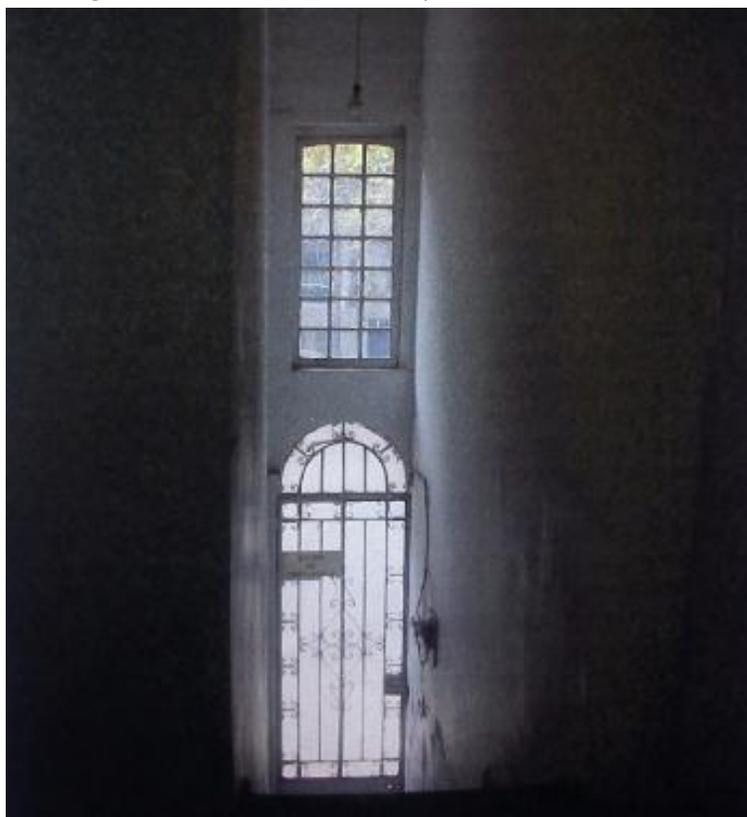
Se presentan agrietamientos en los muros del inmueble de diferentes espesores y longitudes, en este apartado se hará mención de aquellos agrietamientos que por sus características pueden representar un daño estructural; aquellos cuyas longitudes y espesores acusan únicamente una afectación en los acabados de yeso no se incluyen en este informe en tanto no representen un riesgo estructural evidente.

3.1 Fachada

Los primeros elementos en donde se hace evidente la presencia de daños en el inmueble es en la misma fachada, tal como se pudo observar en la fotografía



Agrietamiento en acceso a departamento de Nivel



2.

Agrietamiento en cubo de escaleras a departamento nivel 2



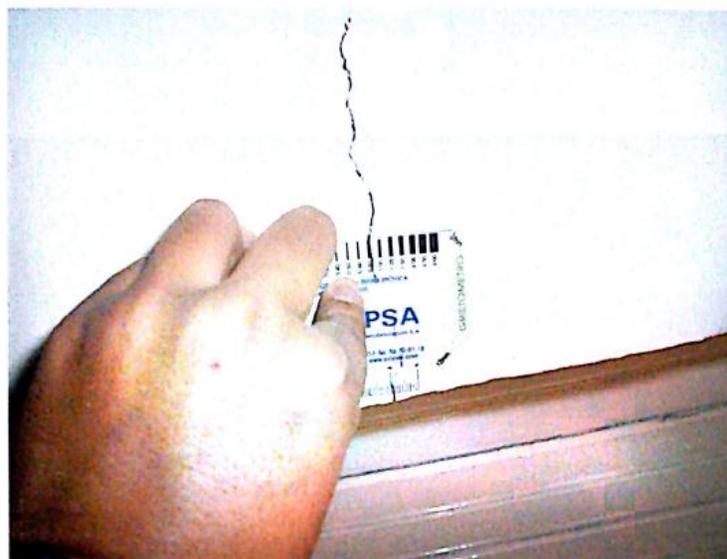
Agrietamiento en cubo de escaleras a nivel 1

3.2 Nivel 1

En el primer nivel se encontraron daños ligeros en aplanados de muros que no se juzgan de riesgo por el momento, sin embargo, las traveses denominadas en este informe como t1 y t2 (figura 2) presentan agrietamientos de 0.80 mm de espesor que evidencian un alto nivel de esfuerzos en ellas. Los agrietamientos se pueden observar a continuación.



Agrietamiento trabe t1



Acercamiento al agrietamiento en la trabe t2

3.3 Nivel 2

A continuación se muestran los principales agrietamientos encontrados en este nivel.

El muro presenta un agrietamiento vertical que alcanza a parte del techo y corre a lo largo de la intersección con el muro de colindancia.



Muro que colinda con el techo en el nivel 3

3.4 Nivel 3

Se presenta una falla importante que cruza prácticamente de piso a techo el nivel 3 en la cara de la fachada lo que resulta en una falla que descende de manera importante la capacidad estructural de la construcción y que como se observa en la foto es progresiva.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los agrietamientos que se observan actualmente en la estructura indican dos cosas. En primer término, el hecho de que algunos de ellos se presenten de forma diagonal y en una sola dirección indica que se origina a partir de asentamientos diferenciales en el inmueble; asimismo, los agrietamientos verticales presentes en las intersecciones de los muros acusan la falta de castillos en la estructuración de los mismos, lo cual, debido a la fecha de construcción del inmueble, representa una característica de todas las edificaciones

realizadas durante ese periodo de tiempo y si bien no es una práctica recomendada en la actualidad, ha demostrado haber sido útil y satisfactoria hasta la fecha, cuando los asentamientos experimentados por el inmueble recientemente le ha exigido trabajar ante esfuerzos para los cuales no fue diseñado y no había sido sometido durante toda su vida útil. En segundo lugar, al observar la distribución de tales agrietamientos en la planta del inmueble, es evidente que se asocian al extremo de la casa que es cercana con la construcción en proceso antes citada y referenciada. Asimismo, según lo observado por los habitantes del inmueble, los agrietamientos comenzaron a manifestarse desde el momento en que se iniciaron los trabajos de excavación de la obra colindante, y se han agravado a partir de la edificación de la misma.

En conclusión, a partir de la configuración y localización de los daños que presenta la estructura, es claro y evidente que estos se generan a partir de asentamientos diferenciales provocados a su vez por el cambio en las condiciones de carga del subsuelo, producto de la edificación de la obra contigua en proceso de construcción.

Por otro lado, los daños presentes en la estructura reducen la capacidad sismo resistente del inmueble de manera considerable, por lo que es necesario proceder inmediatamente a la reparación y refuerzo de los muros dañados para asegurar el bienestar y seguridad física de los habitantes del lugar.

CONCLUSION

Se describieron los elementos necesarios que integran un peritaje, así como el papel del perito, en lo que a investigación de fallas se refiere. Ya que su función se detalla en los últimos capítulos de la tesina, con el fin de hacer evidente la tarea de encontrar las causas por las cuales, un elemento estructural pierde sus propiedades y presenta síntomas de que esta en detrimento su resistencia.

Por lo que se concluye que la tarea del perito estructural, es identificar fallas en base a los datos recabados y el método de análisis que se utiliza. La tarea de corregir fallas compete a un buen diagnostico por el cual una estructura se encuentra en una situación donde las fuerzas actuantes son superiores a las fuerzas resistentes.

Los daños en las estructuras pueden presentarse en forma parcial (grietas) o total (colapso) si se detectan a tiempo, podrán ser corregidas y evitar que afecten a los ocupantes de una edificación y evitar que se le ocasionen lesiones o incluso la pérdida de vidas.

En este trabajo, se describió de manera general, la tarea de la detección de fallas con algunas de las herramientas que contamos en la actualidad, que puedan ser usadas en determinadas situaciones, de acuerdo a los casos específicos donde puedan ser requeridos, por lo que es tarea de vital importancia para el perito el detectar donde pueden utilizarse este tipo de métodos.

BIBLIOGRAFIA

- CALAVERA, J. (1995). *Proyectar y controlar proyectos*. Revista de Obras Públicas num. 3.346. Madrid, septiembre.
- ROSTMAN, S. (1992). Tecnología moderna de durabilidad. *Cuadernos Intemac*, 5.
- YEPES, V. (1998). La calidad económica. *Qualitas Hodie*, 44: 90-92.
- *Ley de evolución de los costos*, ley de Sitter (Sitter, 1984 CEB RILEM)
- CALAVERA, J. (1993). *Redacción de informes de patología Documento Manual de INTEMAC Tomo I*
- GARCIA MESEGUER, A. *La patología y el lenguaje. Informes de patología*. BICCE Febrero 1993.
- Dr. Ing. Paulo R. do Lago Helene. (1997) *Manual para reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- CALAVERA, J. (1993). *PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO (2ª ED.)* de INTEMAC Tomo I
- Manual del Técnico CP-1(03), IMCYC
- Apuntes del M. en I. Bernardo Gómez *Dictamen de seguridad estructural*. Julio 1995.
- www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx
- <http://www.asocreto.org.co>