



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

Introducción a la patología del concreto

TESIS

que para obtener el título de:
Ingeniero civil

PRESENTA:

Robles Franco Pamela Montserrat

DIRECTOR:

Ing. Adolfo Trinidad Almazan Jaramillo

CDMX, 2018

Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

INTRODUCCIÓN A LA PATOLOGÍA DEL
CONCRETO

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL
PRESENTA

ROBLES FRANCO PAMELA
MONTSERRAT

DIRECTOR: ING. ADOLFO TRINIDAD
ALMAZAN JARAMILLO



Agradecimientos

Este trabajo es producto del esfuerzo, dedicación y tiempo, va dedicado a las personas que han sido una parte importante para mi formación profesional y personal, y que sin ellos no lo hubiera logrado.

A mi familia.

Por toda una vida llena de apoyo incondicional en todo momento, por haberme guiado por el camino correcto de la vida, inculcándome valores y logrando hacer de mi lo que soy.

Muy particularmente quiero agradecer a mi abuelo José Robles por haberme enseñado que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue, también porque sin sus palabras de aliento, sus consejos y su ayuda por sobre todas las cosas, no hubiera podido alcanzar mi sueño, que en el camino se convirtió en el de ambos, gracias por todo tu amor, respeto y paciencia. Este logro es de los dos.

A mis amigos.

Por ser más que amigos, si unos hermanos maravillosos los cuales amo y admiro, pues en ellos he encontrado la verdadera comunicación y apoyo al compartir todos nuestros recuerdos, sentimientos, logros tropiezos y proyectos.

A David.

Por ser una de las personas más especiales en mi vida y que gracias a su constante compañía y apoyo no hubiera podido concluir este largo camino.

A mi asesor de tesis

Por último, Me gustaría agradecer sinceramente a mi asesor de Tesis, el Ing. Adolfo Almazán, su esfuerzo, dedicación, Sus conocimientos, manera de trabajar, persistencia, paciencia y su orientación desde el inicio de mi vida universitaria, fueron fundamentales para mi formación como ingeniera.

A su particular forma de ser, fue capaz de ganarse mi lealtad y admiración, me siento totalmente agradecido por todo lo recibido durante toda mi carrera universitaria.

A la UNAM, la Máxima Casa de Estudios.

Es el máximo orgullo pertenecer a esta institución y es un placer formar parte de la FES Aragón.

A los Ingenieros de la FES Aragón

En especial al Ingeniero Dimas Chora, Gracias a sus excelentes enseñanzas, dentro y fuera del salón de clases, completaron mi formación profesional y como ser humano.

Ellos han inculcado en mi un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico sin los cuales no habría podido tener una formación completa.

Contenido

Tabla de imágenes.....	8
1. ALCANCE.....	10
2. Introducción	12
2.1 ¿Qué es patología?.....	12
2.2 ¿Qué es el Concreto y cuáles son sus defectos adquiridos?.....	13
2.2.1 Cemento hidráulico.....	13
2.2.2 Agua para la Mezcla	14
2.2.3 Agregados.....	15
2.2.4 Granulometría	15
2.2.5 Tamaño máximo del agregado.....	16
2.2.6 Baja resistencia del concreto	17
2.2.7 Acero de refuerzo.....	17
2.2.8 Recubrimiento y separación entre barras.....	18
2.2.9 Curado	18
2.3 Estructuras de Concreto.....	19
2.3.1 Estructuras verticales	19
2.3.2 Estructuras horizontales.....	19
2.4 Proceso de diagnóstico	19
2.5 Clasificación.....	20
2.5.1 Poca importancia o leves:	21
2.5.2 Mediana importancia, o severas	22
2.5.3 Mucha importancia o severas y extensas	24
2.6 Lesiones.....	25
2.6.1 Lesiones físicas	25
2.6.2 Lesiones mecánicas	31
2.6.3 Lesiones químicas.....	38
2.6.4 Carbonatación del cemento.....	39
2.6.5 Oxidaciones y corrosiones.....	39
2.6.6 Sulfatación.....	40
2.6.7 Reactividad Álcali	41



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

2.6.8	Organismos.....	42
2.6.9	Patologías de los elementos estructurales o lesiones mayores.....	43
3.	Metodología de Análisis de Patologías – Diagnostico y solución.....	44
3.1	Proceso Patológico	44
3.1.1	Causas que inician un proceso patológico	45
3.2	Causas y efectos	48
3.2.1	En cimentaciones, estructuras y muros.	48
3.3	Estructuras y muros.....	49
3.3.1	Muros de Concreto armado	52
3.3.2	En pisos.....	53
3.3.3	En techos planos.....	54
3.3.4	Juntas de dilatación.....	55
3.4	Tanques y albercas	55
3.5	Prevención general, elementos que intervienen y sus soluciones	56
3.5.1	Prevención de los acabados con pinturas y barnices.....	56
3.6	Uso de aditivos	57
3.6.1	Aditivos para concreto	57
3.7	Metodología de investigación y análisis.....	58
3.7.1	Métodos para el desarrollo de estudios patológicos de la construcción.....	58
3.7	Estudio patológico, Proceso de Diagnóstico	65
3.7.1	Observación e inventario de Daños	66
3.7.2	Recopilación de Antecedentes.....	69
3.7.3	Análisis de la Patología observada	71
3.7.4	Ensayos sobre los elementos constructivos.....	72
3.7.5	Comprobación de Hipótesis y Diagnóstico.....	77
3.8	Proyecto de Reparación	77
3.8.1	Reparación de grietas y fisuras	78
3.8.2	Cicatrización	79
3.8.3	Grapado.....	79
3.8.4	Inyecciones.....	80
3.9	ejecución de la obra	83

4. Caso Práctico	84
4.1 Introducción	84
4.2 Aplicación	85
4.2.1 Presentación del inmueble.....	87
4.2.2 Presentación de las lesiones observadas.	87
4.2.3 Relevamiento estructural sobre la zona lesionada.	92
4.2.4 Antecedentes.	95
4.2.5 Ensayos.....	99
4.2.6 Análisis.....	100
4.2.7 Recomendaciones.	100
4.2.8 PRESUPUESTO.	100
4.2.9 DESCRIPCION y DETALLE CONSTRUCTIVO.....	102
5. Conclusiones.....	104
6. Glosario de Términos	106
Apéndice A. Manual de Gestión de Calidad	112
1.1 Generalidades	113
1.2 Aplicación	113
4.1 Requisitos Generales.....	118
4.2 Requisitos de la Documentación.....	119
4.2.1 Generalidades	119
4.2.2 Manual de Gestión de la Calidad	119
4.2.3 Control de los Documentos.....	119
4.2.4 Control de los Registros	120
5.1 Compromiso de la Dirección	121
5.2 Enfoque al Cliente	121
5.3 Política de la calidad.....	121
5.4.1 Objetivos de a Calidad.....	122
5.4.2 Planificación del Sistema de Gestión de la Calidad	122
5.5.1 Responsabilidad y Autoridad	123
5.5.2 Representante de la Dirección	123
5.5.3 Comunicación Interna	124

5.6.1 Generalidades	124
5.6.2 Información de Entrada para la Revisión	124
5.6.3 Resultados de la Revisión	125
6.1 Provisión de Recursos	125
6.2 Recursos Humanos	126
6.2.1 Generalidades	126
6.2.2 Competencia, Formación y Toma de Conciencia	126
7.1 Planificación de la Realización del Producto	128
7.2 Procesos Relacionados con el Cliente	128
7.2.1 Determinación de los Requisitos Relacionados con el Producto	128
7.2.2 Revisión de los Requisitos Relacionados con el Producto	129
7.2.3 Comunicación con el Cliente	129
7.4.1 Proceso de compras	130
7.4.2 Información de las compras	130
7.4.3 Verificación de los productos comprados.....	131
7.5.1 Control de la Producción y de la Prestación del Servicio	131
7.5.2 Validación de los Procesos de la Producción y de la Prestación del Servicio.....	131
7.5.3 Identificación y Trazabilidad	131
7.5.4 Propiedad del Cliente	132
7.5.5 Preservación del Producto	132
8.1 Generalidades	134
8.2.1 Satisfacción del Cliente	134
8.2.2 Auditoría Interna.....	134
8.2.3 Seguimiento y Medición de los Procesos.....	135
8.2.4 Seguimiento y Medición del Producto	135
8.5.1 Mejora Continua	136
8.5.2 Acción Correctiva	136
8.5.3 Acción Preventiva.....	137
Apéndice B. Caso práctico, control de calidad en una cubierta metálica	139
2.7 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.....	142
Apéndice C. Petrografía.....	147

¿Qué es petrografía?.....	148
Estudio Petrográfico.....	148
2.8 Observación del agregado.....	150
2.9 Ejemplo de exámenes petrográficos en agregados	150
2.9.1 Petrografía de rocas ígneas.....	150
2.9.2 Petrografía en rocas sedimentarias.....	151
2.9.3 Petrografía de rocas metamórficas.....	153
Resultados del estudio petrográfico.....	154
2.10 Ejemplo de Informe técnico de agregados	155
Petrografía del Concreto.....	159
2.11 Normatividad aplicable	160
2.12 Previo al Estudio Petrográfico.....	161
2.12.1 Muestreo.....	161
2.12.2 Imágenes de un concreto Sano petrográficamente.....	162
2.13 Patología Observada en el Concreto.....	163
2.14 Índice de Valoración de Daño (DRI)	165
2.14.1 ¿Cómo funciona?.....	165
2.14.2 ¿Qué nos dice?.....	167
2.15 Análisis de Espacios Vacíos en Concreto.....	167
2.16 Conclusiones.....	170
Apéndice D. Plan de Inspección y Pruebas.....	172
Apéndice E Formato de Inspección Patológica, Inventario de Daños.....	177
1. Ubicación y Descripción de la Edificación.....	177
2. Lesiones presentes en la edificación.....	177
a.- Manchas	177
b.- Suciedades.....	177
c.- Microfisuras	177
d.- Humedad	178
e.- Hongos	178
f.- Grietas	178
g.- Corrosión de armaduras	178

h.- Fisuras	178
i.- Grieta en concreto	178
j.- Concreto con aparición de Moho	178
k.- Moho en oquedades de Pared de Concreto	178
l.- Agrietamiento.....	178
m.- Eflorescencia	178
n.- Delaminación	178
o.- Desprendimientos.....	178
p.- Derrumbe total.....	178
q.- Derrumbe parcial.....	178
r.- Edificación separada de su cimentación.....	178
s.- Asentamiento diferencial o hundimiento	178
t.- Inclinación notoria de la edificación o de algún entrepiso	178
u.- Daños en elementos estructurales (columnas, vigas, muros)	178
v.- Daño severo en elementos no estructurales.....	178
w.- Daños en instalaciones eléctricas	178
x.- Daños en instalaciones hidrosanitaria	178
3. Origen de las lesiones.....	178
4. Clasificación Global.....	178
8. Bibliografía	180

Tabla de imágenes

Imagen 1 Participantes en un proyecto de construcción y su posición relativa respecto a la calidad	13
imagen 2 Agrietamiento por contracción plastica	15
Imagen 3 Agrietamiento por contracción plástica	15
Imagen 4 Grieta por secado	16
Imagen 5 Segregación del concreto	16
Imagen 6 Oquedades en Columna	16
Imagen 7 fallas por compresión y flexo compresión	17
Imagen 8 Poco recubrimiento y pobre instalación de concreto	18
Imagen 9 Manchas en Concreto Imagen 10 Microfisuras.....	21
Imagen 11 Concreto con Inclusiones de Tierra Imagen 12 Concreto con Manchas de Aceite	21
Imagen 13 Manchas de Humedad Imagen 14 Fragmento de Concreto cubierto de hongos.....	22
Imagen 15 Eflorescencias Salinas y Aparición de Hongos.....	22
Imagen 16 Grieta en Concreto aparición de Moho	23
Imagen 17 Concreto con aparición de Moho	23
Imagen 18 Moho en Oquedades de Pared de Concreto armaduras	23
Imagen 19 Corrosión de armaduras	23
Imagen 20 Barda perimetral, con pérdida de verticalidad flechado.....	24
Imagen 21 Balcón flechado.....	24
Imagen 22 daño en la continuidad de elemento estructural Imagen 23 unión de elementos estructurales dañado	24
Imagen 24 Ciclo de humedad.....	26
Imagen 25 Humedad Capilar	27
Imagen 26 Núcleo de concreto con oquedades.....	29
Imagen 27 Fisuración Mapa	30
Imagen 28 Especímenes sometidos a ciclos de hielo y deshielo, en ambiente controlado	31
Imagen 29 Grietas con desprendimiento.....	33
imagen 30 Grietas debido a carga dinámica	33
Imagen 31 Grietas debidas a asientos	34
Imagen 32 Grietas debido a acciones mecánicas.....	34
Imagen 33 Grietas debido a empujes	35
Imagen 34 Fisuras por contracción	35
imagen 35 fisuras higrótérmicas	35
Imagen 36 Desprendimiento.....	37
Imagen 37 sales cristalizadas	38
Imagen 38 Eflorescencia	39
Imagen 39 Exfoliación por sales	39
Imagen 40 corrosión armado de una viga.....	40
Imagen 41 Sulfatación.....	41

Imagen 42 Reacción alcali - sílice	42
Imagen 43 Elemento de concreto con presencia de Plantas y Animales.....	43
Imagen 44 Causas indirectas de un proceso patológico	46
Imagen 45 aparición de fisuras	52
Imagen 46 Patologías en Pisos	54
Imagen 47 Toma de decisiones	67
Imagen 48 Testigo de Vidrio Imagen 49 Testigo de Yeso en Columna agrietada	68
Imagen 50 Medición de Fisuras	68
Imagen 51 Planos originales de Proyecto	69
Imagen 52 Grieta.....	71
Imagen 53 Ensayos No Destructivos	73
Imagen 54 Concreto con Oquedades.....	74
Imagen 55 oquedades con contaminación orgánica	74
Imagen 56 Cateos de Armadura Imagen 57 Cateo de Armadura	74
Imagen 58 Cateo de Armadura Imagen 59 Ensayo de resistencia	75
Imagen 60 Prueba RCPT	76
Imagen 61 Preparación de prueba RCPT.....	76
Imagen 62 Análisis de Vacíos Imagen 63 Ensayo de concreto permeable.....	76
Imagen 64 Grapado.....	80
Imagen 65 Sellado Superficial	81
Imagen 66 Sellado Profundo	82
Imagen 67 Sellado Profundo	82
Imagen 68 Reparación vigas y columnas	83
Imagen 69 Refuerzo con relleno superficial.....	83

ALCANCE

Alcance de la Tesis, Introducción a la Patología del Concreto





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

1. ALCANCE

El alcance del presente trabajo es publicar un material didáctico y de interés formativo para personas de todos los ámbitos profesionales, no únicamente con un antecedente y un interés por la construcción, el cual es la cumbre de mi formación profesional. Este trabajo conlleva un conjunto de reflexiones, de elementos de referencia que nacen de la necesidad de comprender la complejidad constructiva del concreto y optimizar el enfoque de los problemas que presenta.

Empezaremos este estudio analizando algunos conceptos y su importancia dentro de la Ingeniería, el Proceso constructivo y los materiales involucrados dentro del mismo.

La patología constructiva o patología de la construcción es una rama de la tecnología, que a su vez se considera una parte de la ciencia de ingeniería. La patología nació por sí misma al mismo tiempo que se empezaron los primeros procesos constructivos. El hombre comenzó a construir en sus inicios mediante el método conocido como prueba y error que, básicamente, consiste en probar algo y verificar si funciona. Si es así, se obtiene un método. Si no, se prueba otra alternativa. Que este método no se denomine, prueba-error-éxito pone de manifiesto que es más probable que tropecemos con el error en muchas más ocasiones que con el éxito. De este modo, desde las primeras construcciones con piedra o ramas, el hombre aprendió que cuando algo colapsaba o se colaba el agua de lluvia, no estaba bien construido como las cuevas que habitó en un principio.

Gracias a esto también se pudo concebir el concepto de un buen diseño en sí, la relación con el entorno y características propias del lugar, región, clima determinado, costumbres y necesidad de la población que habita en esa zona.

El presente texto no se ocupa del cálculo de las soluciones estudiadas, contempla única y exclusivamente los procesos y elementos implicados en la construcción elaborados de concreto o concreto armado.

Hay que concebir las estructuras como un legado y asumir la responsabilidad que tenemos como constructores, el compromiso de formar y preservar una identidad. Desde una choza de adobe con paja a un refuerzo con fibra de carbono, todo entra en el mundo de la patología, esto ensancha en exceso el campo de actuación de la patología, y en general, de casi todas las ciencias. Debido a esto se generen ramificaciones o especialidades que establecen límites y facilitan la formación específica, como en la medicina. Sin embargo, existe un problema en común al que todos nos enfrentamos en una patología: el enfoque, es decir, cómo vamos a abordar el problema.

Por todo ello, se entiende que un patólogo se hace cuándo sabe utilizar un método de estudio eficaz y completar correctamente las preguntas: qué, cómo, cuándo, cuánto, cuál, dónde, por qué (y a veces quién). Este es un método que ya conoces y que hemos visto a nuestro médico familiar realizarlo, nos llena de preguntas para establecer un diagnóstico y de la misma manera nosotros seremos capaces de establecer un diagnóstico, y si estuviera lejos de nuestra especialidad, sabremos a que especialista dirigirnos en caso de que fuese necesario.

Dicho de este modo, parece fácil, pero es igual de fácil caer en algún error. Uno de los más comunes es resolver la patología por aproximación. Hay muchas publicaciones tanto en libros, como en la red de la llamada patología gráfica. Donde generalmente se muestra una lesión y una denominación de

esta. Vemos en la imagen una fisura ascendiendo escalonadamente hacia la esquina que muestra una flecha hacia abajo superpuesta, y en el pie de foto se lee: asiento en cimentación. Siempre se tiene que comenzar por algo, pero quedarse ahí no es bueno, es importante indagar en el origen del asiento de la cimentación, qué efectos tendrá a futuro la aparición de esta fisura, patologías que puede desencadenar, entre otros aspectos.

Todo tiene distintas respuestas y distintos enfoques, refiriéndonos al caso de la fisura ascendiendo escalonadamente, hay que responder las siguientes preguntas como un mínimo para empezar la investigación:

¿Por qué la fisura es inclinada?

¿Por qué la fisura es escalonada?

¿Por qué la fisura asciende hacia la zona del asiento?

¿Dónde comenzó a producirse?

¿Cuándo crees que se detendrá?

¿Cuál sería el método eficaz para su rehabilitación?

Además de las preguntas necesarias para llegar al origen de la patología presentada, también hay que tomar en cuenta también que las patologías más comunes que se presentan en cualquier estructura, también se manifiestan debido a la acción del clima ya sea muy caluroso, húmedo o frío, mal diseño, fallas estructurales por fallas en el cálculo, imprevistos de tiempo, falta de organización de obra, mala calidad y falta de entrenamiento en la mano de obra, desconocimiento de las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar, procesos constructivos inadecuados, materiales de mala calidad, o simplemente falta de conciencia de la vida útil que tendrá el edificio, y los mantenimientos periódicos que necesita para su conservación.

Hablar de patologías supone problemas en una obra ya sea nueva o antigua, incluso a veces sin concluir, que requiere un diagnóstico certero y una solución adecuada, la cual podría no ser definitiva, sino temporal. Estas patologías no solo afectan a la obra sino también la calidad de vida del usuario y en un futuro afectará su economía, siempre será más costosa la reparación que haber construido, dicha obra, tomando las precauciones debidas y considerando los parámetros de calidad dentro del presupuesto inicial.

Por tal motivo, como se verá a lo largo del presente trabajo, es necesario conocer y comprender el origen, proceso, sus causas, evolución y los síntomas que presenta una construcción de concreto y concreto armado, de igual manera nos adentraremos al comportamiento y composición del concreto, el acero, y los agregados pétreos utilizados en su elaboración, de esta manera entenderemos mejor su formación y las reacciones que puede o no puede tener si su elaboración no es la adecuada, al igual que todos los aspectos que debemos controlar, para evitar el mayor número de defectos que sean posibles, de esta manera estaremos en la posibilidad de dar un diagnóstico completo, basados en la observación, inspección y pruebas necesarias para llegar a él y de ser necesario presentar una solución ante diferentes posibles escenarios.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del siguiente capítulo, abordaremos los siguientes temas: ¿Qué es patología?, ¿Cuáles son sus orígenes? ¿Qué es el concreto, cuales son sus defectos adquirido? Clasificación de las lesiones presentes y una introducción al proceso de diagnóstico





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

2. Introducción

2.1 ¿Qué es patología?

La palabra patología viene del griego estudio (*λογία, logía*) del sufrimiento o daño (*πάθος, mani;o pathos*). En México se optó por adoptar la terminología de uso común en la medicina, en torno al estudio, tratamiento y prevención de las enfermedades del ser humano y establecer una analogía, con él estudio, prevención y tratamiento de las fallas de las estructuras de concreto reforzado, es decir, como procesos o estados anormales de causas conocidas o desconocidas, y se enfoca en el conjunto de enfermedades de origen químico, físico, mecánico o electroquímico y sus soluciones.

Se utilizará exclusivamente la palabra patología, para designar la ciencia que estudia los problemas constructivos, sus procesos y sus soluciones, no para referirnos a los problemas que originan, como suele confundirse, ya que en realidad estos son el objeto de estudio de la patología de construcción.

Patología aplicada en la construcción es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en una construcción o en alguno de los sistemas que la conforman posterior a su ejecución, nos da la capacidad de:

- aprender a partir de los errores
- diferencias lo necesario de lo superfluo
- mirar – escuchar – combinar – pensar

Es importante mencionar que las patologías constructivas aparecen en un 75% por causas de mal diseño y mala calidad de mano de obra, es decir por errores humanos, lo que se puede revertir con mano de obra calificada, capacitación al personal, controles de calidad y el estudio en gabinete, diseño adecuado para cada proyecto. Además, el 50% de estas patologías están relacionadas a la humedad, lo que refuerza la importancia de la correcta aislación, protección e impermeabilización de la obra.

Para afrontar un problema constructivo debemos ante todo conocer su proceso, su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado. Este conjunto de aspectos es lo que conforma un proceso patológico en cuestión y que se agrupa de una manera secuencial.

También existe; la patología preventiva o control de calidad¹ la cual consiste en considerar la funcionalidad constructiva de los elementos y unidades que componen una estructura, su durabilidad e integridad y la patología reparativa, la cual va de la mano con la investigación, estudios y análisis para reconocer el origen de la lesión y el proceso patológico para establecer un diagnóstico y una terapéutica.

¹ Consultar Apéndice A, Manual de Gestión de Calidad
Apéndice B, Caso Práctico, Control de Calidad en una Cubierta Metálica

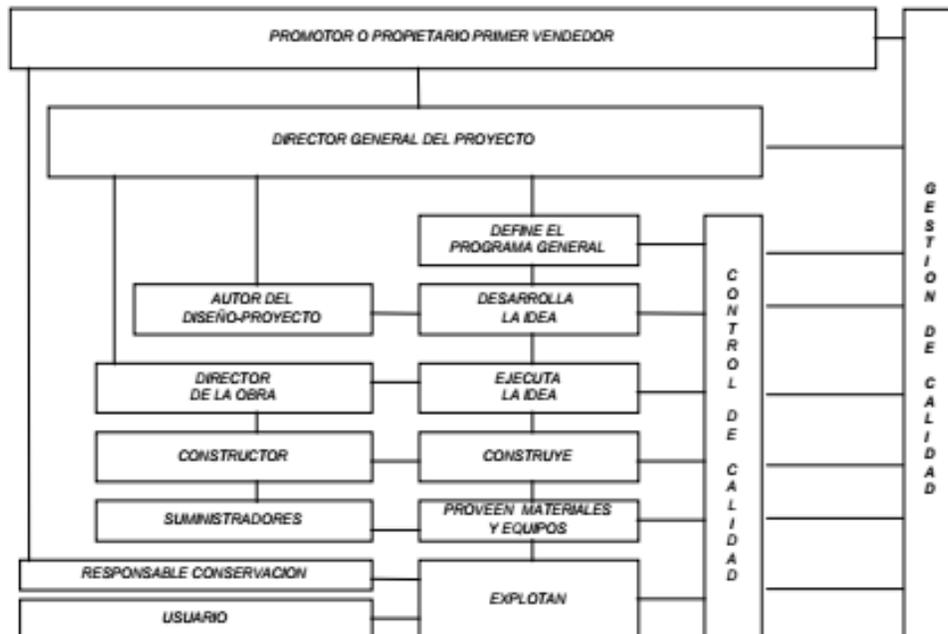


Imagen 1 Participantes en un proyecto de construcción y su posición relativa respecto a la calidad

Esto implica una serie de medidas de diseño constructivo, selección correcta del material, mantenimiento y uso acorde a su diseño, así como una definición previa de las distintas actuaciones posibles y la patología reparativa, la cual se relaciona con la investigación, estudios y análisis para reconocer el origen de la lesión y el proceso patológico para establecer un diagnóstico, una terapéutica y un proceso de reparación.

En los siguientes puntos abordaremos más ampliamente nuestra materia de estudio que es la patología en el concreto, desde cómo se forma el concreto en si, los defectos que puede adquirir debido a cada uno de sus componentes, la clasificación de sus patologías, origen y tipos de lesiones.

2.2 ¿Qué es el Concreto y cuáles son sus defectos adquiridos?

Los ingredientes Principales del concreto son el cemento, agregados pétreos, fino y grueso y agua de mezclado, a continuación, veremos los defectos adquiridos debido a los materiales y en cada una de las etapas de elaboración del concreto.

2.2.1 Cemento hidráulico.

El cemento hidráulico más utilizado en nuestro medio para usos estructural es el Cemento Portland en sus cinco tipos básicas y sus modificaciones tal como se especifica en la normativa mexicana.

El proceso de fabricación del cemento consiste en: pulverizar materias primas ricas en óxidos de cal, alúmina, sílice y hierro, se calienta la mezcla cruda hasta que alcance la temperatura de

escarificación de 1500°C aproximadamente, se muelen molinos tubulares enfriados con agua y las escorias resultantes, agregando de 4% a un 6% de yeso como regulador del fraguado. La caliza y la arcilla se pueden considerar como las materias primas más comunes. Se permiten adiciones para facilitar la fabricación, siempre y cuando satisfagan los requerimientos de la Norma ASTM C 465.

Los principales compuestos calcáreos que se forman durante el proceso de la fabricación del cemento Portland son: Silicato Tricálcico (C_3S), Silicato Bicálcico (C_2S), Aluminato Tricálcico (C_3A) y Ferro aluminato Tetracálcico (C_4AF).

Cuando se mezcla el Cemento Portland con agua, los compuestos previamente mencionados reaccionan químicamente con ellos dando lugar a otros compuestos igual de complejos. Es así como al hidratarse los silicatos, se obtiene silicato cálcico hidratado e hidróxido de calcio. Por otra parte, la hidratación del aluminio tricálcico y del ferro aluminato Tetracálcico producen los correspondientes compuestos hidratados.

Las reacciones de hidratación al ser exotérmicas generan una cantidad de calor que no siempre es conveniente. Para aplicaciones de grandes masas de concreto es necesario limitar las proporciones de (C_3S) y de Silicato Tricálcico (C_3S) en el Cemento Portland

2.2.2 Agua para la Mezcla

El agua empleada en el mezclado del concreto puede dar lugar a defectos importantes si no cumple con la calidad debida.

Generalmente el agua es potable se considera apta para fabricar concreto. Cualquier agua que tenga un análisis químico semejante al de la empleada típicamente para abastecimientos urbanos será adecuada para mezclar concreto.

Un aspecto que se debe considerar como posible fuente de defectos adquiridos en el concreto, son las impurezas que acompañan al agua debido a que cuando se encuentran encima de determinados límites, pueden producir alteraciones en la hidratación del cemento, retrasos en su fraguado y endurecimiento, reducción en la resistencia y peligro en su durabilidad. Recordemos que el agua, aunque tenga un aspecto limpio, no ofrece garantía suficiente sobre su pureza.

Hay que tomar en cuenta también que las aguas impuras actúan en forma diferente sobre los distintos tipos de cemento existentes, incluso su acción depende la dosificación empleada en el concreto. Las concentraciones permitidas, se encuentran en la normativa mexicana vigente.

Aguas que contienen azúcares, tanino, materia orgánica, aceites, sulfatos, ácido húmico, sales alcalinas, gas carbónico, así como productos procedentes de residuos industriales, se consideran dañinas para el concreto. Las aguas que procedan de pantanos no se deben emplear para mezclar concreto.

El agua de mar contiene una media del 3.5% de cloruro de sodio y sulfato de magnesio, se han empleado sin problemas en algunas regiones, aunque la resistencia a compresión del concreto experimentó una reducción de casi 15%, existiendo siempre la posibilidad de eflorescencias y en el

caso del concreto reforzado, existe un riesgo potencial de la corrosión del acero de refuerzo. En el concreto presforzado está completamente prohibido el uso de agua de mar debido al peligro de corrosión en los alambres que están sometidos a tensión.

2.2.3 Agregados²

Los agregados constituyen aproximadamente un 70% del volumen total del concreto, por lo tanto, influyen significativamente en las propiedades del concreto en su estado fresco y endurecido. Los agregados pueden originar defectos adquiridos en el concreto, no solo por ellos, si no, también por las sustancias perjudiciales por las que vienen acompañados.

Los agregados utilizados en el concreto, aunque tengan una resistencia elevada y una forma adecuada, pueden contener impurezas orgánicas que interfieren en el proceso de hidratación del cemento; finos que aumentan las exigencias de agua de mezclado o disminuyen la adherencia con la pasta de cemento, los cuales repercuten desfavorablemente a la resistencia, partículas débiles o alterables contenidas en el propio agregado que lo hagan débil o inestable o bien, compuestos que pueden reaccionar químicamente con los componentes del cemento. Los agregados también pueden estar acompañados por otras sustancias que ponen en peligro la integridad del acero, en el caso del concreto reforzado o pretensado. Todo esto repercute desfavorablemente en un plazo mediano a largo, en su durabilidad, dando lugar a deterioros que comprometen la seguridad estructural.

Generalmente, los agregados empleados en el concreto no deben ser activos frente al cemento, es decir no deben de tener una reacción álcali-sílice y deben ser suficientemente estables frente a la acción de los agentes exteriores con los que va a estar en contacto la obra, por lo mismo es de vital importancia utilizar agregados de bancos que hayan sido aprobados para su uso y que cuenten con las pruebas necesarias que lo validen apto para su uso en el concreto. La normativa ASTM C33 Y C 40 da los límites permisibles de sustancias perjudiciales en los agregados.

2.2.4 Granulometría

La granulometría se refiere a la distribución en tamaños de partículas de los agregados. Si todas las partículas del agregado fueran del mismo tamaño, o si predominaran partículas de un tamaño determinado, los huecos que se podrían formar serían más grandes y se requeriría más pasta cementante para cubrirlos.

La ASTM C33 previamente mencionada, establece límites permisibles para la granulometría. Generalmente los agregados que no contienen excesos o deficiencias de uno de cualquiera de los



imagen 2 Agrietamiento por contracción plástica

² Consultar Apéndice B; ¿Qué es petrografía?



Imagen 4 Grieta por secado

tamaños, y que tienen una curva granulométrica suave, darán resultados satisfactorios para fabricar un concreto.

Una de las patologías más recurrentes por una mala gradación del material, es en el suministro de las plantas concretoras en el concreto bombeable, generalmente tiene exceso de finos lo cual propicia la formación de grietas por contracción plástica (imagen 19) y por secado (imagen 20).

Más adelante explicaremos más a detalle cada una de estas lesiones.

2.2.5 Tamaño máximo del agregado

El tamaño máximo del agregado es aconsejable el de $\frac{3}{4}$ de pulgada, es aconsejable usarlo porque el concreto resultante requiere de menos pasta cementante y menos agua de mezclado, reduciendo la contracción por secado del concreto.

Un factor importante que tomar en cuenta al momento de escoger el tamaño máximo del agregado, son la forma de los elementos estructurales y de la distribución del esfuerzo. Frecuentemente se pasa por alto la relación del armado con el tamaño del agregado, ya que, si no es congruente, no existe una correcta colocación del concreto dentro de la cimbra, pudiendo originar oquedades y segregación, por lo tanto, habrá deficiencias en la compacidad y capacidad de protección en el acero de refuerzo. Hay que tomar en cuenta que estos defectos no aparecen en los cilindros de concreto de prueba, por lo cual no es posible prevenirlos en el sitio.



Imagen 6 Oquedades en Columna



Imagen 5 Segregación del concreto

2.2.6 Baja resistencia del concreto

Es un posible defecto adquirido que ocurre dentro de la etapa de ejecución de obra, puede ser el resultado de factores como: mala dosificación, pobre colocación, mal curado, entre otros. Dependiendo del elemento que se vea afectado y de su función dentro de la estructura, las consecuencias pueden ser graves o menores, y pueden desencadenar problemas de seguridad y durabilidad en la estructura.

Las columnas que se encuentran sujetas a compresión axial, flexo compresión con una excentricidad pequeña, su capacidad portante proviene de gran parte de la contribución de concreto, son particularmente vulnerables a una baja resistencia del mismo, y esto podría conducir a un colapso por una lesión por falla de compresión y flexocompresión



Imagen 7 fallas por compresión y flexo compresión

Dado que en casos como este la falla es frágil, se presenta de repente, sin anticipación de signos visibles, el único síntoma que puede llegar a mostrar es la presencia de grietas verticales, con anchos pequeños, que pueden aparecer hasta que el elemento se acercando a su estado límite de resistencia, debido a esto es de vital importancia el aseguramiento de calidad del concreto, mediante un control riguroso de todas las fases del proceso desde la fabricación, transporte, colocación compactación, curado y mantenimiento.

2.2.7 Acero de refuerzo

Los defectos más frecuentes, que ocurren dentro de la etapa de ejecución de obra, provienen del acero de refuerzo y su comportamiento, a continuación, mencionaremos algunas

- Incumplimiento de las características mecánicas de las barras colocadas con respecto a su designación nominal.
- Incumplimiento del *corrugado en el acero de refuerzo*
- Utilización de barras de acero, diferentes al que se consideraron en el dimensionamiento

2.2.7.1 Defectos en la Colocación del acero de refuerzo

En la etapa de colocación del acero de refuerzo pueden ocurrir errores, que nos llevaran a lesiones de importancia diversa, enseguida los casos más frecuentes:

- Errores en la colocación que se pueden traducir en el incumplimiento del recubrimiento.
- Incumplimiento de los radios de doblado de las barras de refuerzo.
- Desplazamiento de barras de refuerzo durante la colocación, compactación y vibrado del acero, sus causas son diversas como, falta o pobre sujeción, calzas y separadores inadecuados o inexistentes, anillos y estribos sin atar, entre otros.
- Falta de limpieza de las barras de refuerzo, lo que puede acarrear introducción de partículas al concreto.

2.2.8 Recubrimiento y separación entre barras

Mantener la separación entre barras y el espesor del recubrimiento, por encima de los valores mínimos determinados por normatividad, es fundamental por las razones siguientes; Proteger el acero de refuerzo; de corrosión, en caso de incendio, por abrasión y desgaste.

Las causas más frecuentes de defectos adquiridos en este punto es la inapropiada sujeción, debido a la falta de uso de soportes y separadores las cuales mantiene el acero en la posición adecuada. Además, el arreglo del acero de refuerzo debe permitir el paso libre del concreto circundante para poder transferir fuerzas a cada una de las barras.



Imagen 8 Poco recubrimiento y pobre instalación de concreto

2.2.9 Curado

Para lograr un buen resultado en el concreto, es necesario un proceso de curado, el cual asegura la transformación óptima de un concreto fresco en un concreto endurecido. Su propósito es evitar la pérdida del agua presente dentro de la masa de concreto permitiendo que se lleven las reacciones de hidratación de manera correcta, evitando esfuerzos internos que den lugar a patologías que se manifiesten en forma de agrietamiento superficial o profundo, disminución de resistencia mecánica y afectando la durabilidad del concreto.

2.3 Estructuras de Concreto

Material compuesto por concreto y acero de carácter monolítico, con la capacidad de resistir casi cualquier tipo de esfuerzos como; compresión, cortante, flexión, torsión, etc. Según para lo que está diseñado. Esto unido a su manejabilidad y maleabilidad, hace que sea un material versátil y de uso universal. Debemos tomar en cuenta también que, al ser un material pétreo artificial, lo hace susceptible también a procesos patológicos físicos y químicos que afectan directamente su durabilidad. Y ocurre en todas las estructuras como:

2.3.1 Estructuras verticales

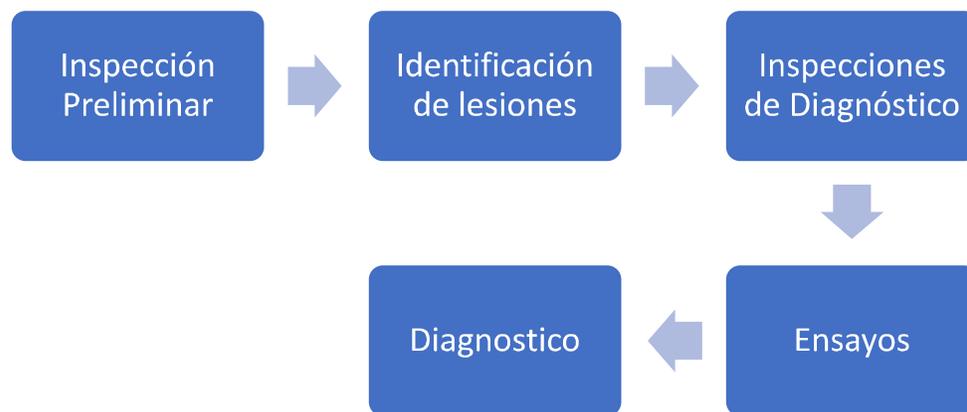
- a) Muros de carga, los cuales también pueden ser cerramientos de fachada, divisiones interiores. Estos reciben tanto cargas verticales como horizontales.
- b) Columnas y vigas, es uno de los elementos estructurales de concreto armado más utilizado como sistema vertical, transmitiendo cargas a la cimentación, y da la posibilidad de obtener estructuras hiperestáticas debido a la facilidad de construcción en sitio, resolviendo las cargas horizontales y el arrostramiento.

2.3.2 Estructuras horizontales

- a) Losas, para resolver superficies planas que trabajan a flexión. Hay distintos tipos de losa, bidireccionales, macizas, aligeradas, casetones o prefabricadas.
- b) Bóvedas y cúpulas, para resolver grandes luces con poco espesor.

2.4 Proceso de diagnóstico

Este proceso, nos ayuda a conocer las probables manifestaciones Patológicas y saber las causas que las generan ayudará a: Mejorar el Proyecto y una Rápida reparación



Los problemas patológicos, salvo en raras ocasiones presentan manifestaciones externas, de estas características podemos partir para deducir cuál es su naturaleza, el origen y los mecanismos de los fenómenos involucrados, así como estimar sus posibles consecuencias. También nos podemos referir a estos síntomas como lesiones, daños, defectos, manifestaciones patológicas o vicios ocultos.

Los síntomas o lesiones aparecen en forma de señales y signos externos, que nos permiten: conocer las enfermedades que padece la construcción, conocer las causas que la han motivado. Pueden aparecer por errores de: proyecto, ejecución, acciones extraordinarias no previsibles, falta de conservación, explotación, poco o nulo mantenimiento.

2.5 Clasificación

Las preguntas que nos llevan a un análisis que da por resultado un diagnóstico, el cual será decisivo para definir el tratamiento adecuado, se pueden clasificar mediante importancia a continuación en listadas:

Las patologías tienen varias clasificaciones una de ellas es por la importancia y el daño generado a la estructura y es la siguiente:

2.5.1 Poca importancia o leves:

Las patologías clasificadas como de poca importancia o leves. Se localizan en sectores que no afectan el resto de la estructura y las que, mediante reparación o restauración, evolucionarán de manera favorable, algunos ejemplos son:

- Manchas
- Suciedades
- Microfisuras

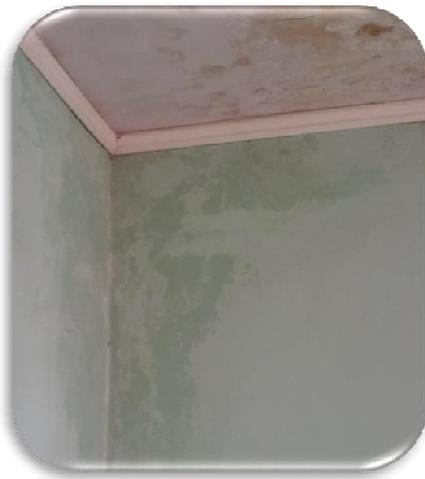


Imagen 9 Manchas en Concreto



Imagen 10 Microfisuras

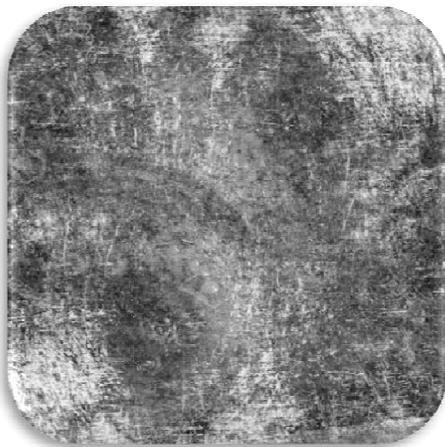


Imagen 11 Concreto con Inclusiones de Tierra



Imagen 12 Concreto con Manchas de Aceite

2.5.2 Mediana importancia, o severas

Las patologías de mediana importancia o de afectación severa, afectan globalmente a la estructura. Estos casos son semejantes a una enfermedad terminal, pero con la amputación de algunos de los miembros afectados y la sustitución de estos, por otros resistentes al medio y con la misma capacidad estructural, se puede detener el avance del problema, algunos ejemplos son:

- Humedad
- Hongos
- Grietas
- Corrosión de armaduras
- Fisuras



Imagen 13 Manchas de Humedad



Imagen 14 Fragmento de Concreto cubierto de hongos

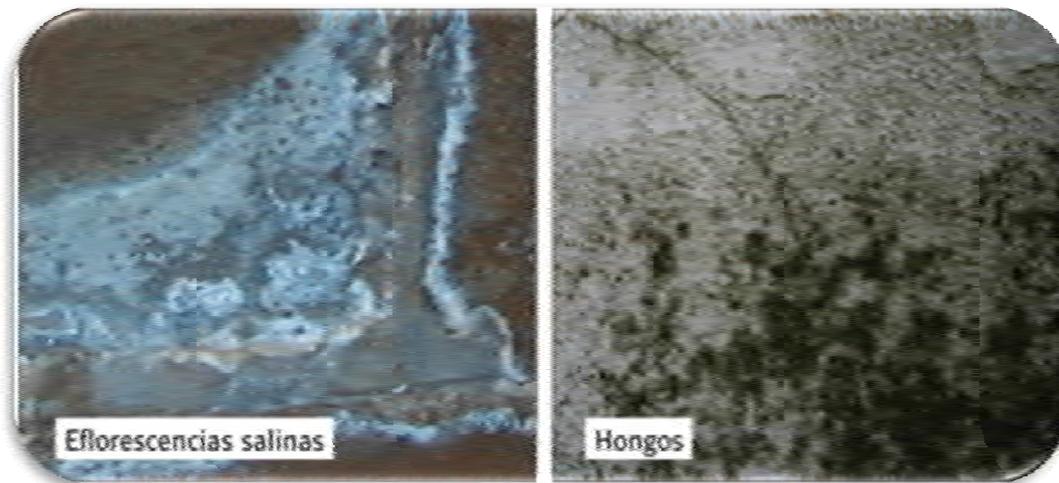


Imagen 15 Eflorescencias Salinas y Aparición de Hongos



Imagen 16 Grieta en Concreto



Imagen 17 Concreto con aparición de Moho



Imagen 18 Moho en Oquedades de Pared de Concreto



Imagen 19 Corrosión de armaduras

2.5.3 Mucha importancia o severas y extensas

Las patologías de mucha importancia, de afectación severa y extensa, requieren que la estructura sea puesta fuera de servicio y desocupación inmediata, hay que entender que las patologías que entran en esta clasificación aún pueden ser rehabilitadas.

- Existe riesgo de colapso
- Riesgo de enfermedad



Imagen 20 Barda perimetral, con pérdida de verticalidad



Imagen 21 Balcón flechado



Imagen 22 daño en la continuidad de elemento estructural



Imagen 23 unión de elementos estructurales dañado

2.6 Lesiones

De igual manera tenemos la clasificación de las lesiones, las lesiones son cada una de las manifestaciones dentro de un problema constructivo, es decir el síntoma final del proceso patológico.

Es de primordial importancia que se conozca la tipología de las lesiones, ya que ese será el punto de partida de todo el estudio patológico, y de su identificación depende la elección correcta del tratamiento.

En algunas ocasiones, ciertas lesiones pueden llegar a ser el origen de otras y no suelen aparecer aisladas sino confundidas entre sí. Por esto conviene realizar una distinción y aislar en primer lugar las lesiones diferentes. La lesión primaria es la que surge primero y la o las lesiones que aparecen como consecuencia de ésta se denominan, lesiones secundarias.

El conjunto de las lesiones que pueden aparecer en un edificio es muy extenso por la diversidad de material que se utiliza dentro de la construcción de una edificación.

En general, podemos dividir las lesiones en tres grandes familias, en función a su carácter, tipología del proceso patológico; física, mecánica y química.

2.6.1 Lesiones físicas

Son aquellas en que el problema patológico se da comúnmente por la acción de los agentes climáticos como la lluvia, la lluvia ácida, el viento, el calor, los rayos ultravioletas, condensaciones, etc. Y su evolución dependerá también estos procesos físicos. Las causas físicas más usuales son:

- Humedad
- Erosión
- Variación de Calor
- Suciedad
- Segregación
- Oquedades
- Contracción plástica
- Contracción térmica
- Contracción por secado
- Congelación temprana
- Ciclos de congelación y deshielo

2.6.1.1 Humedad

Se produce cuando hay una presencia de agua en un porcentaje mayor al considerado como normal en un material o elemento constructivo. Se lleva a cabo por zona de humedades, esto quiere decir que; la humedad migra de la zona más húmeda a la más seca.

La humedad puede llegar a producir variaciones de las características físicas de dicho material. En función de la causa podemos distinguir cinco tipos distintos de humedades:

- Humedad de obra: se genera durante el proceso constructivo, cuando no se propicia la evaporación adecuada mediante algún elemento de barrera.
- Humedad capilar: es el agua que procede del suelo y asciende por elementos verticales.
- Humedad de filtración: procedente del exterior y que penetra en el interior del edificio a través de fachadas o cubiertas.
- Humedad de condensación: se produce por la condensación del vapor del agua, desde los ambientes con mayor presión del vapor, como los interiores, hacia los de presión más baja como los exteriores.
- Condensación superficial interior; aparece en el interior de un cerramiento.
- Condensación intersticial: aparece en el interior de la masa del cerramiento o entre dos de sus capas.
- Condensación higroscópica: se produce dentro de la estructura porosa del material, que contiene sales que facilitan la condensación del vapor de agua del ambiente.
- Humedad accidental: se produce por roturas en las instalaciones de tuberías, suele provocar focos muy específicos de humedad.



Imagen 24 Ciclo de humedad



Imagen 25 Humedad Capilar

2.6.1.2 Erosión

Es la pérdida o transformación superficial de un material, puede ser total o parcial. Una de las causantes es la Erosión atmosférica; es la producida por la acción física de los agentes atmosféricos.

Generalmente se trata de la meteorización de materiales pétreos provocados por la succión de agua de lluvia que, si posteriormente se acompaña por heladas, la cual genera dilatación, rompe laminas superficiales del material constructivo.

2.6.1.2.1 Desgaste superficial por abrasión

Es producto de acciones mecánicas debidas al tráfico de peatones, vehículos convencionales y vehículos industriales y en casos aislados puede ser por oleaje, si el agua llega a llevar partículas en suspensión. La resistencia a la abrasión es otorgada por el agregado grueso, ya que el matriz cementante tiene una resistencia mínima a la abrasión. Existen distintos tipos de abrasión:

- Abrasión por sólidos:
Es la abrasión que se produce debido a diferentes tipos de sólidos que rozan con la superficie de concreto. Cuando la abrasión se produce por la percusión de partículas pequeñas sólidas, la adherencia entre la pasta y el agregado cobra una gran importancia,

pero si la abrasión se produce por rozamiento tiene una importancia mucho mayor la resistencia al desgaste de los agregados que la propia resistencia a compresión del concreto.

- Abrasión por la acción del agua a gran velocidad:
El concreto sufre de esta abrasión cuando el agua se desplaza a gran velocidad transportando partículas en suspensión. La erosión que sufre el concreto se debe a el continuo choque del agua contra su superficie desgastando inicialmente la pasta de cemento para pasar después al agregado fino, haciéndolo saltar y posteriormente con el agregado grueso, provocando la formación de oquedades en el concreto. El mayor o menor efecto de este tipo de abrasión depende de la resistencia a la compresión del concreto, al tipo de agregado utilizado, de la velocidad del agua en contacto, cantidad y naturaleza de las partículas que lleva, otro aspecto que influye es el método de acabado y curado del concreto al igual que un buen recubrimiento.

Recomendación para evitar este tipo de lesión:

- Agregados de gran tamaño, dado que tiene mayor resistencia que la matriz cementante
- Agregados finos de gran dureza
- Cemento de alta resistencia, baja relación Agua/Cemento
- Morteros especiales en las capas superficiales

2.6.1.2.2 Desgaste superficial por cavitación

En superficies de concreto que se encuentran en contacto directo con agua, la corriente tiende a separarse de la superficie del concreto en diversos sectores, creando en ellos zonas de baja presión, las cuales pueden llegar a ser en función de temperatura, creando así el fenómeno de cavitación, el cual ataca las superficies de concreto en forma de picaduras, a las que posteriormente se les unirán sectores amplios de erosión. La resistencia a la cavitación es proporcionada por la pasta de cemento.

Recomendación para evitar este tipo de lesión:

- Empleo de concreto de agregados de tamaño máximo bajo y con un acabado superficial bueno debido a que el responsable de resistir este tipo de erosión es la pasta de cemento.

2.6.1.3 Variación de Color

Vetas de color presentes en la superficie del concreto. Pueden presentarse debido a deficiencias en la mezcla o manifestarse en forma de manchas, suciedad, oxidación y contaminación.

2.6.1.4 Suciedad

Es el depósito de partículas en suspensión sobre la superficie de los acabados. En algunos casos la suciedad puede penetrar incluso en los poros superficiales de los acabados. Se distingue en dos tipos diferentes:

- Suciedad por depósito; se produce por la simple acción de la gravedad sobre las partículas en suspensión en la atmósfera.
- Suciedad por lavado diferencial: se produce por las partículas que penetran el poro superficial del material por la acción del agua de lluvia y tiene como consecuencia más característica las manchas que se ven habitualmente en las fachadas urbanas

2.6.1.5 Segregación

Segregación o separación de los componentes se presenta cuando el concreto se deja caer desde alturas, rompiéndose la homogeneidad de la mezcla al caer más rápidamente el agregado grueso que el resto de los ingredientes. Cualquiera que sea el método de colocación que se utilice, debe evitarse que el concreto caiga desde alturas mayores a dos metros aproximadamente.

2.6.1.6 Oquedades



Una compactación deficiente nos lleva a la aparición de este tipo de lesiones, lo cual conlleva a una alta permeabilidad, y un peligro latente a la corrosión del acero. Por otra parte, el exceso de compactación provoca segregación y exudación.

Imagen 26 Núcleo de concreto con oquedades

2.6.1.7 Contracción plástica

La contracción plástica se asocia a la exudación o el sangrado del concreto, la exudación es un fenómeno inherente al concreto el cual consiste en el ascenso de agua hacia la superficie, a partir del momento de su colocación y compactación.

La causa principal de la aparición de grietas por contracción plástica en superficies horizontales es la evaporación del agua de sangrado más rápido que su velocidad de ascenso hacia la superficie, se producen por la tensión capilar en los poros llenos de agua, aparecen como consecuencia de un retraso del curado.

La aparición de este tipo de grietas es mayor si cerca de la superficie existen armaduras o agregados gruesos que impidan la deformación, debido a que las tracciones que generan no se absorben por el concreto ya que en sus primeros momentos tiene una nula resistencia.

Este tipo de agrietamiento es típico en climas calurosos, secos y con fuertes vientos. Las grietas suelen ser superficiales con aberturas que varían desde 2 y 3 mm y disminuyen según aumenta la profundidad, generalmente no exceden los 30 mm.

Generalmente aparecen en la etapa plástica, durante las primeras seis horas de vida, posteriores al colado del elemento estructural, justo cuando comienza la desaparición del brillo de la pasta húmeda.



Imagen 27 Fisuración Mapa

Es muy frecuente en elementos en los que predomina la superficie de volumen, como lo son losas y muros, por lo general aparecen entre dos y cuatro horas a partir del momento de la colocación del concreto, se distinguen generalmente porque son paralelas y se espacian entre 0.2 m y 1m. en las esquinas aparecen formando un ángulo de 45°. Otra forma de aparición es el conocido como agrietamiento en mapa. Son grietas sin dirección y se cortan unas a otras en ángulos casi rectos y de ahí se ramifican debido a la presencia de agregados. Este tipo de grietas no suelen tener mucha trascendencia estructural y van decreciendo conforme van profundizando en la pieza.

2.6.1.8 Contracción térmica temprana

Diferenciales internos de temperatura son causas frecuentes de agrietamiento, en elementos de concreto, el calor generado por la hidratación del cemento durante el proceso de endurecimiento no puede disiparse lo suficiente rápido hacia el exterior, especialmente en volúmenes masivos. Esto provoca una condición de esfuerzos internos auto equilibrantes de tensión en las capas exteriores y de compresión en el centro.

Si los esfuerzos de tensión exceden la resistencia del concreto en el proceso de endurecimiento, se formarán grietas. Son grietas superficiales, con distribución en mapa y aparentemente se cierran cuando los gradientes de temperatura desaparecen y vuelven a ser visibles cuando la superficie se moja y seca nuevamente, la humedad que absorbe dentro de las grietas delata su permanente existencia.

Las fisuras por contracción térmica aparecen en la superficie en forma de mapa de fisuras y suelen cerrarse cuando desaparecen las diferencias de temperatura. No alcanzan más que unos milímetros de profundidad, en algunas ocasiones son tan finas que solo llegan a ser visibles cuando se humedece la superficie y comienza a secarse nuevamente.

2.6.1.9 Contracción por secado

Una vez que el concreto endureció y se encuentra en un ambiente no saturado, gradualmente pierde agua, y comienza una disminución de volumen y como consecuencia comienza una contracción o retracción por secado.

Si el acortamiento del elemento estructural se encuentra restringido de manera externa, se originan esfuerzos de tensión en la masa del concreto, lo que a su vez provocarán agrietamiento cuando exceden la resistencia de este.

La contracción por secado es parcialmente reversible, cuando se presenta un aumento de humedad, ocurriendo una hinchazón la que se traduce en recuperar una fracción de la contracción total.

Estas contracciones no se limitan en el primer año de vida de la estructura, pueden aparecer durante la vida útil de la estructura, por ejemplo, la aplicación de calefacción y cambios de temperatura.

2.6.1.10 Congelación temprana

Normalmente se requieren de 28 días para que el concreto alcance su resistencia nominal, en condiciones controladas.

La congelación temprana, es cuando el agua de mezclado se convierte en hielo implicando un aumento en su volumen cerca del 9%, el cual destruye el concreto desde dentro, provocando desintegración y un desconchamiento, imposible de reparar. Debido a esto, no se debe colar el concreto cuando la temperatura ambiente es menor a 10°C.

2.6.1.11 Ciclos de congelación y deshielo

Este tipo de agresión es común en concretos situados a la intemperie, en regiones donde la temperatura desciende con frecuencia por debajo de los cero grados y consiste en la congelación y deshielo posterior del agua que absorbió el concreto mediante en sus poros abiertos.

Cuando el agua se congela experimenta un incremento de volumen del 9%. Más que la helada en sí, en el concreto son peligrosos los ciclos de congelación y deshielo con lluvias intermedias. Durante éstos se produce una saturación del concreto seguida de temperaturas frías que provocan la congelación del agua, posteriormente un ascenso de temperatura que descongela el hielo formado, para posteriormente producirse una nueva saturación de agua y empezar el ciclo nuevamente.

Imagen 28 Especímenes sometidos a ciclos de hielo y deshielo, en ambiente controlado



2.6.2 Lesiones mecánicas

A pesar de que las lesiones mecánicas se pueden incluir dentro de las lesiones físicas, puesto que se generan en consecuencia de lesiones físicas, suelen considerarse un grupo separado, debido a su importancia. Definimos como lesión mecánica aquellas que pueden generarse por un factor mecánico que provoca movimientos, desgastes, aberturas, separación de materiales o elementos constructivos. Se dividen en cinco apartados:

2.6.2.1 Deformaciones

Son cualquier variación de forma en el material, sufrido tanto en elementos estructurales como de cerramiento y son consecuencia de los esfuerzos mecánicos ocurridos. A su vez se pueden producir durante la ejecución de una unidad o cuando ésta entra en carga. Dentro de estas lesiones existen cuatro subgrupos que a su vez pueden ser origen de lesiones secundarias como fisuras, grietas y desprendimientos.

Las deformaciones tienen dos causas, causa indirecta: capacidad insuficiente, puede ser por error de cálculo o por mala ejecución (disposición de armaduras, falta o exceso de vibrado, poca resistencia del concreto, etc.). Causa directa, exceso de carga o sobrecarga, bien por aumento de edificación, modificación de uso

- Flechas: son las consecuencias directas de la flexión de elementos horizontales debida a un exceso de cargas verticales o transmitida desde otros elementos a los que los elementos horizontales se encuentran unidos por empotramiento.
- Pandeos: se producen como consecuencia de un esfuerzo de compresión que sobrepasa la capacidad de deformación de un elemento vertical.
- Desplomes: Son consecuencia de empujes horizontales sobre la cabeza de elementos verticales.
- Alabeos: Son la consecuencia de la rotación de elementos debida generalmente a esfuerzos horizontales.

2.6.2.2 Grietas

Se tratan de aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o de cerramiento. Hay que aclarar que las aberturas que sólo llegan a afectar la superficie o el acabado superficial del elemento constructivo no se consideran grietas, se llaman Fisuras. Dentro de las Grietas y en función del esfuerzo mecánico que las origina, se dividen en dos grupos:

- Exceso de carga: son las grietas que llegan a afectar los elementos estructurales al ser sometidos a cargas para las que no estaban diseñados. Este tipo de grietas generalmente requieren de un refuerzo para mantener la seguridad de la unidad constructiva.
- Dilatación y contracciones higrotérmicas: son las grietas que afectan generalmente a los elementos de fachada o cubiertas, pero también pueden afectar a las estructuras cuando no se prevén las juntas de dilatación en el diseño.

En cualquiera de los dos casos, no dependen de su abertura, aunque ésta es, en la mayoría de las veces, importante para conocer la evolución del proceso. Normalmente son perpendiculares al esfuerzo que las ha provocado, si es de tracción o paralelas, si es cortante, se pueden enlistar los siguientes subtipos, según su origen.

Por asientos

- En muros de concreto se manifiestan de la siguiente manera:



Imagen 29 Grietas con desprendimiento

- Vertical, debido a asiento puntual tanto en V en la parte superior, como V invertida en el centro de la parte inferior
- Inclínada y repetida, por asiento puntual
- En arco de descarga, por asiento continuo.
- En muros de concreto armado;
- Vertical, por asiento puntual
- Inclínada, por asiento continuo
- En vigas de concreto armado
- Verticales en sus bordes empotrados, por esfuerzo cortante.
- Inclínadas a 45° en la misma situación anterior
- Bóvedas
- Lineales según su directriz, por asiento continuo
- Perpendiculares a la directriz por asiento puntual.

Por empujes de tierras o de los elementos sobre otros

- Muros de cualquier tipo:
- Verticales, en encuentro con otros muros o por empuje de tierras
 - Horizontales, en encuentro con losas en arranque de bóvedas o empuje de tierras
 - En columnas y vigas de concreto armado
 - Inclínadas en empotramiento de vigas por flechas excesivas.
 - Horizontales, en cabeza de columna por pandeo.



imagen 30 Grietas debido a carga dinámica

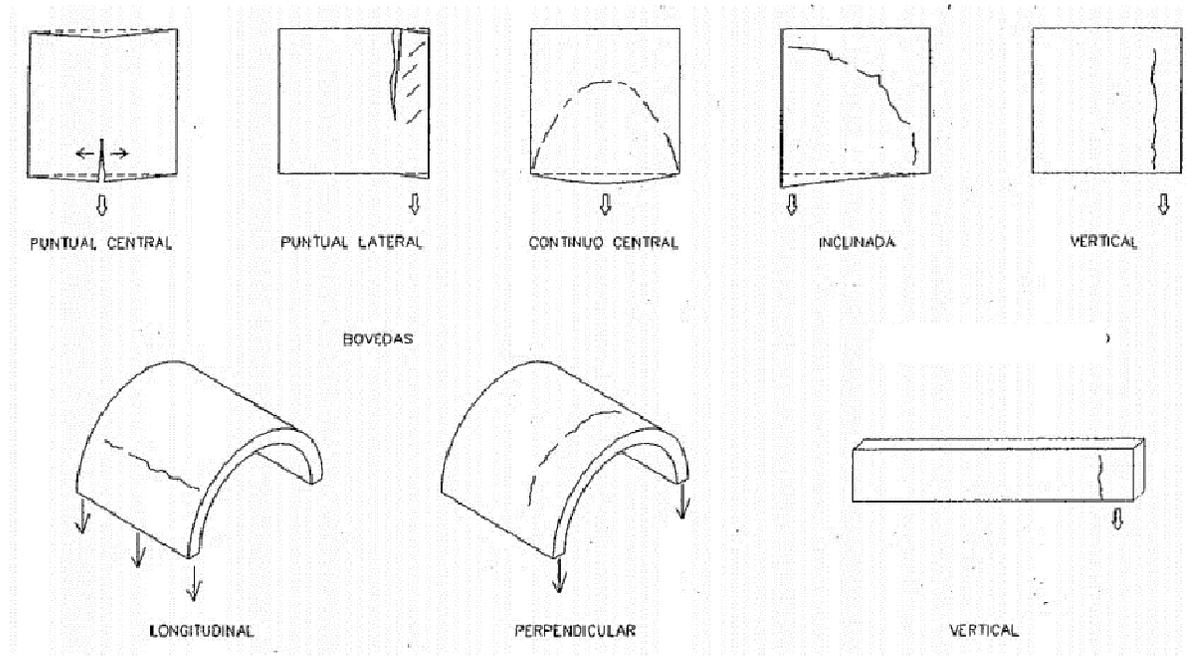


Imagen 31 Grietas debidas a asientos

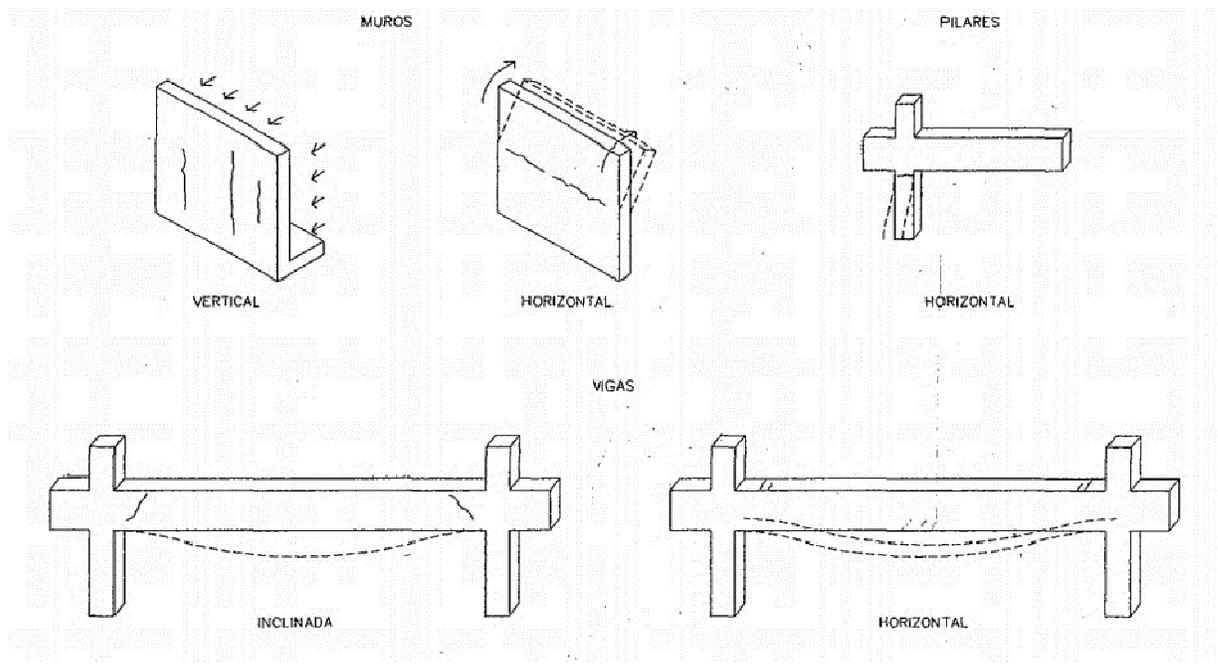


Imagen 32 Grietas debido a acciones mecánicas

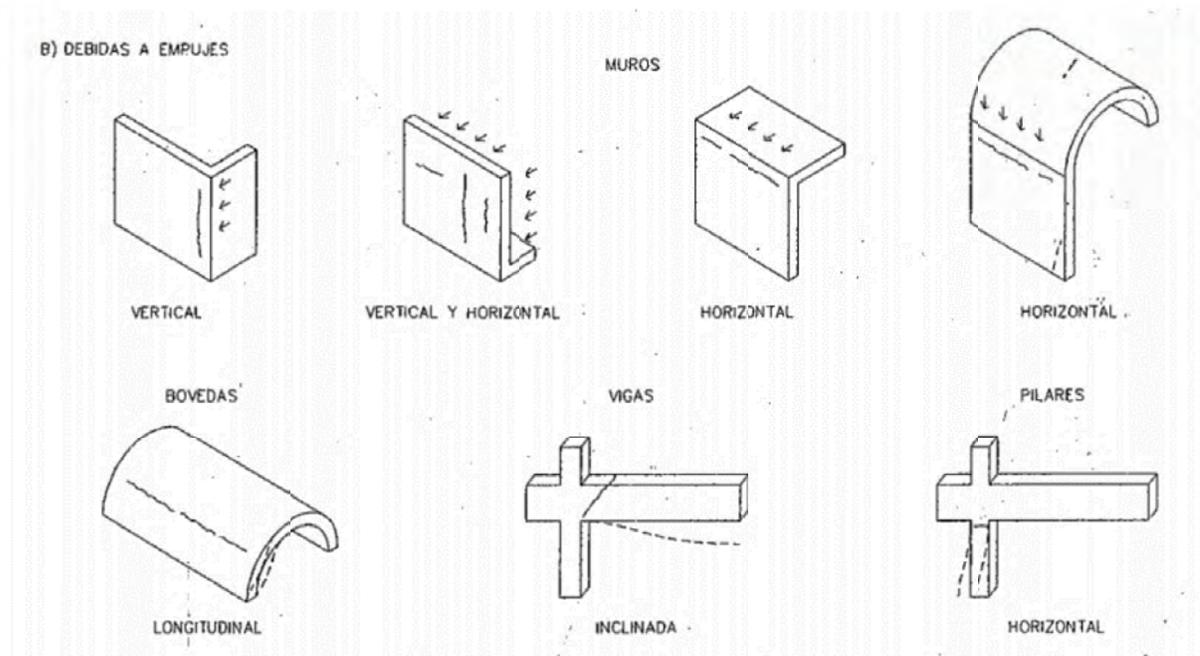


Imagen 33 Grietas debido a empujes

2.6.2.3 Fisuras

Se trata de aberturas longitudinales como se explicó anteriormente, estas afectan a la superficie o el acabado de un elemento constructivo. Aunque su sintomatología es similar a la de las grietas, su origen y evolución suelen ser distintos y en algunos casos se consideran como un síntoma previo a la aparición de grietas. En el caso del concreto armado, gracias al acero de refuerzo, tiene la capacidad de retener los movimientos deformantes y logra que las fisuras, no evolucionen a grietas.

Se subdividen las fisuras en dos grupos:



imagen 35 fisuras higrótérmicas

- Reflejo del soporte: es la fisura que se produce sobre el soporte cuando se da una discontinuidad constructiva, puede ser por una junta mal diseñada, por falta de adherencia o por deformación, cuando el soporte es sometido a un movimiento que no puede resistir.
- Por movimientos higrótérmicos, aparecen en elementos de concreto armado expuesto a

la intemperie, se presentan como fisuras locales y paralelas en continuidad en las zonas más expuestas.

- Corrosión de armaduras, aparecen como fisuras locales que siguen a la armadura, sobre todo a los estribos y elementos superficiales.
- Inherente al acabado. En este caso la fisura se produce por movimientos de dilatación-contracción, en el caso de chapados y de los alicatados, por retracción en el caso de morteros.

Tipo de Fisura	Clasificación	Forma	Posición	Causa principal	Causa secundaria	Tiempo de aparición
Asentamiento plástico	A	Sobre barras	Grandes Secciones	Exceso de exudación	Condiciones de secado rápido a corta edad	10 minutos a 3 horas
	B	Arqueada	Parte superior de pilares			
	C	Cambia con profundidad	Pavimentos por cimbras deslizantes			
Retracción térmica	D	Diagonal	Pavimentos y losas	Secado rápido a corta edad	Baja exudación	
	E	Distribución arbitraria	Losas de concreto armado			
	F	Sobre armaduras	Losas muy armadas	Secado rápido a corta edad y barras cerca de la superficie		
Contracción térmica temprana	G	Restricción externa	Muros gruesos	Exceso de calor de hidratación	Enfriamiento rápido	1 día a 2 o 3 semanas
	H	Restricción interna	Losas gruesas	Exceso de gradiente térmico		

Retracción de secado a largo plazo	I		Losas delgadas y paredes	Juntas ineficaces	Exceso de retracción por curado ineficaz	Varias semanas
Afogarado	J	Superficie frente a encofrado	Compactación deficiente	Cimbras impermeables	Mezclas ricas. Curado escaso	1 a 7 días (a veces mucho después)
	K	Exudación	Losas	Exceso de fratasado		
Corrosión de armaduras	L	Natural	Vigas y pilares	Recubrimiento deficiente	Pobre calidad del concreto	Más de 2 años
	M	Cloruro cálcico	Prefabricados	Exceso de cloruro cálcico		
Reacción árido/álcali	N		(Presas)	Agregados reactivos con cemento ricos en álcalis		Más de 5 años

2.6.2.4 Desprendimientos

Un desprendimiento es la separación entre el material del acabado y el soporte al que esta aplicado, por falta de adherencia entre ambos sistemas, suele producirse generalmente como consecuencia de lesiones previas, como humedades, deformaciones o grietas. Los desprendimientos afectan de igual manera a los acabados continuos como a los acabados por elemento, a estos hay que prestar atención especial porque representan peligro para la seguridad de las personas que pasen por ahí.



Imagen 36 Desprendimiento

2.6.2.5 Erosiones mecánicas

Son pérdidas de material superficial debidas a esfuerzos mecánicos, pueden ser golpes o rozaduras. Normalmente aparecen en pavimentos, aunque también pueden aparecer erosiones mecánicas en la parte baja de fachadas y tabiques, e incluso en las partes altas y cornisas, debido a las partículas que transporta el viento.

2.6.3 Lesiones químicas

Son lesiones que se producen a partir de un proceso patológico de carácter químico, aunque este no tiene relación alguna con los procesos restantes y las lesiones correspondientes, su sintomatología en muchas ocasiones se confunde. Las lesiones químicas generalmente son las que ocasionan más daños en estructuras y se presentan frecuentemente, y el grado de dificultad para aplicar remedios es mayor.

El origen de las lesiones químicas suele ser por presencia de sales, ácidos, o alguna reacción alcalis que afecta la integridad del material y reduce su durabilidad. Este tipo de lesiones se agrupan en cuatro grupos diferentes.

2.6.3.1 Eflorescencia

Se trata de un proceso patológico que suele tener como causa directa previa la aparición de humedad. Los materiales contienen sales solubles y estas son arrastradas por agua hacia el exterior y durante su evaporación se cristalizan en la superficie del material.

Esta cristalización suele presentarse en formas geométricas que aparentan flores y pueden variar dependiendo del tipo de cristal.



Imagen 37 sales cristalizadas

criptoflorescencias.

- Sales cristalizadas que no proceden del material: sobre el que se encuentra la eflorescencia sino de otros materiales situados detrás o adyacentes a él. Este tipo de eflorescencias generalmente se encuentran sobre morteros protegidos o unidos por ladrillos de los que proceden las sales.
- Sales cristalizadas bajo la superficie del material, se producen en oquedades, que a la larga acabarán desprendiéndose, a este tipo de eflorescencias también se les conoce como



Imagen 39 Exfoliación por sales



Imagen 38 Eflorescencia

2.6.4 Carbonatación del cemento

Es una reacción química que por si sola no es dañina para el concreto debido a que es la que se genera entre el hidróxido de calcio procedente de la hidratación del cemento y el dióxido de carbón que existe en la atmosfera.

El principal problema de la carbonatación es que un concreto carbonatado es menos permeable que el concreto sin carbonatar, su alcalinidad se reduce significativamente. Por lo tanto si el proceso de carbonatación es cercano al acero de refuerzo, se pierde la protección contra la corrosión y empieza el proceso.

2.6.5 Oxidaciones y corrosiones

Son un conjunto de transformaciones moleculares que tienen como consecuencia la pérdida de material en la superficie de metales como el hierro y acero. Sus procesos patológicos son químicamente diferentes, pero se consideran un solo grupo porque son prácticamente simultáneos y tienen una sintomatología muy similar. Son el resultado de la exposición de los materiales a sustancias corrosivas que provienen del exterior o del interior.

2.6.5.1 Oxidación

Es la transformación de los metales óxido al entrar en contacto directo con el oxígeno. La superficie del metal puro o en aleación tiende a transformarse en óxido que es químicamente más estable y de este modo protege al resto del metal de la acción del oxígeno.

2.6.5.2 Corrosión del acero de refuerzo

El deterioro en el concreto ocasionado por la corrosión de las barras de refuerzo es muy impactante y por lo general es un proceso rápido. La sintomatología en un elemento estructural que ha iniciado

el proceso de corrosión, es la aparición de grietas, las cuales coinciden directamente con las barras principales.

Del proceso de corrosión se extraen dos conclusiones interesantes:

- EL oxígeno se va hacia las armaduras a través del recubrimiento
- EL agua es el principal factor para conseguir el inicio de este proceso.

Las lesiones son inicialmente del orden capilar, debido a los esfuerzos originadas por la herrumbre expansiva. Generando:

- Fisuración de desarrollo continuo
- Reducción de la sección transversal de las armaduras y el desprendimiento del recubrimiento del concreto
- Pérdida progresiva de la capacidad portante debido a la reducción de la sección.



Imagen 40 corrosión armado de una viga

Un punto importante a tomar en cuenta es que: la armadura al oxidarse puede aumentar hasta seis veces de volumen si dispone del oxígeno necesario. Esto generando fuerzas expansivas que conllevan la fisuración y desprendimientos del concreto, ocasionando roturas frágiles si las fisuras son longitudinales y se producen en la zona de anclaje.

Lugares con mayor riesgo de ataque: Obras próximas al mar, atmósferas industriales salinas, cimentaciones en contacto con terrenos ricos en cloruros, obras con atmósferas agresivas.

Recomendaciones y factores a considerar:

- Evitar porosidades y oquedades en el concreto, tomando en cuenta lo siguiente:
 - Relación Agua/Cemento
 - Alto contenido de cemento
 - Compactación y curado adecuado
- Cementos especiales con puzolanas naturales, cenizas volantes o escorias de alto horno.

2.6.6 Sulfatación

Los sulfatos son los agentes agresivos más perjudiciales para el concreto, lo que da lugar en su ataque al cemento, a componentes fuertemente expansivos que terminan destruyéndolo totalmente.

La intensidad de la reacción depende de varios factores como; cantidad de aluminato en el cemento, solubilidad del sulfato, tipo de catión unido al radical sulfato. Posterior a esto se inicia un proceso de degradación del concreto, el cual inicia en la superficie con un cambio de coloración, posterior a esto se produce un efecto de delaminación del concreto superficial, con curvado de las capas más externas del mismo como consecuencia de los esfuerzos que produce la expansión de los productos similares.

Factores a considerar:

- Las condiciones de exposición o cantidad de sustancia agresiva, tomando a consideración, que estas condiciones se modifican por la presencia de otros elementos además de los sulfatos. Como lo puede ser el agua de mar, la cual es altamente agresiva debido a su alto contenido de sulfatos.
- La permeabilidad del concreto.
- Tipo de cemento utilizado

Lugares con mayor riesgo de ataque:

- Terrenos o aguas subterráneas que pueden estar en contacto con cimentaciones
- Líquidos transportados por una tubería
- Ambientes industriales



Imagen 41 Sulfatación

2.6.7 Reactividad Álcali

El mecanismo de ataque del álcali es similar al de los sulfatos, debido que este ataque es sobre una sola sustancia del concreto, la diferencia entre el ataque de los sulfatos y el ataque de los álcalis es que en el primer caso la sustancia reactiva es el cemento, y en este caso son los agregados. La reacción de los álcalis se manifiesta de dos maneras; álcali – sílice, que es la más común y álcali – carbonato.

Es la reacción química, en concreto o mortero, entre los álcalis sea sodio o potasio con el cemento Portland u otras fuentes de ciertos constituyentes de algunos agregados; bajo ciertas condiciones, puede resultar en expansión deletérea del concreto o el mortero.

La reacción que caracteriza a este tipo de ataque es la que se produce entre los álcalis del cemento y la sílice de los agregados, que, con la presencia de agua, se provoca una expansión destructiva. Esta reacción se produce al ser atacado los minerales silíceos del agregado por los hidróxidos alcalinos derivados de los óxidos de sodio y potasio. El gel que se forma en la reacción absorbe agua sufriendo una fuerte expansión, que se impide por pasta cementante da lugar a la creación de fuertes tensiones que fisuran el concreto.



Imagen 42 Reacción alcali - sílice

El deterioro del concreto inicia con pequeñas fisuras superficiales distribuidas de manera irregular, tipo fisuración en mapa, seguidas por desintegración completa. La expansión generalmente se desarrolla en la dirección menos resistente, dando lugar a fisuras superficiales paralelas que progresan hacia el interior en losas y fisuración paralela a las trayectorias de las tensiones de compresión en elementos comprimidos.

Factores a considerar:

- Reactividad de los agregados
- Cantidad y la granulometría de las sustancias reactivas
- Concentración de álcalis en el agua
- Tipo de cemento
- Condiciones ambientales, contando de sustancias agresivas exteriores, adversas pueden causar un aumento de la velocidad de deterioro.

2.6.8 Organismos

Tanto los organismos animales como vegetales pueden afectar la superficie de los materiales. Su proceso patológico es fundamentalmente químico, puesto que segregan sustancias que pueden llegar a alterar la estructura química del material donde estas se alojan, pero también llega a afectar el material en su estructura física

2.6.8.1 Animales

Suelen afectar y deteriorar los materiales constructivos, sobre todo insectos que se llegan a alojar en el interior del material y se alimentan de éste, pero también los animales considerados de peso, como aves pequeñas y mamíferos que pueden causar lesiones erosivas principalmente.

2.6.8.2 Plantas

Entre las que pueden afectar a los materiales constructivos se encuentran las de porte, que causan lesiones debido a su peso o la acción de sus raíces, pero también las plantas microscópicas, que causan lesiones mediante ataques químicos. Las plantas microscópicas se subdividen a su vez en Moho, que se puede encontrar en materiales porosos y desprenden sustancias químicas que producen cambio de color, olor y de aspecto, y en hongos, que atacan normalmente a la madera y pueden llegar incluso a acabar destruyéndola por completo.



Imagen 43 Elemento de concreto con presencia de Plantas y Animales

2.6.9 Patologías de los elementos estructurales o lesiones mayores

Consisten en: fisuras, grietas, deformaciones, desprendimientos, roturas por presión negativa, debilitamiento de armaduras, colapso.

Hay que destacar que la calidad en la obra, está directamente ligada con la prevención de las patologías, y esto radica en el buen diseño arquitectónico, en su forma y orientación, adecuado al sistema constructivo del lugar, influenciado por el clima de la región, así como también adecuado al Reglamento de construcción y las normas Técnicas complementarias, la selección adecuada de los materiales de construcción, el aseguramiento de calidad de los mismos, procesos constructivos correctos, implementación de mano de obra calificada, estrictos controles de calidad, sin olvidar el oportuno mantenimiento del edificio, aumentando así su vida útil.

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE PATOLOGÍAS - DIAGNÓSTICO Y SOLUCIÓN

A lo largo del siguiente capítulo, abordaremos el Proceso Patológico, que causas lo origina, los efectos a corto y largo plazo que pueden sufrir las estructuras de concreto armado. Como podemos llegar a una posible solución y preparación de un proyecto de reparación.





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.

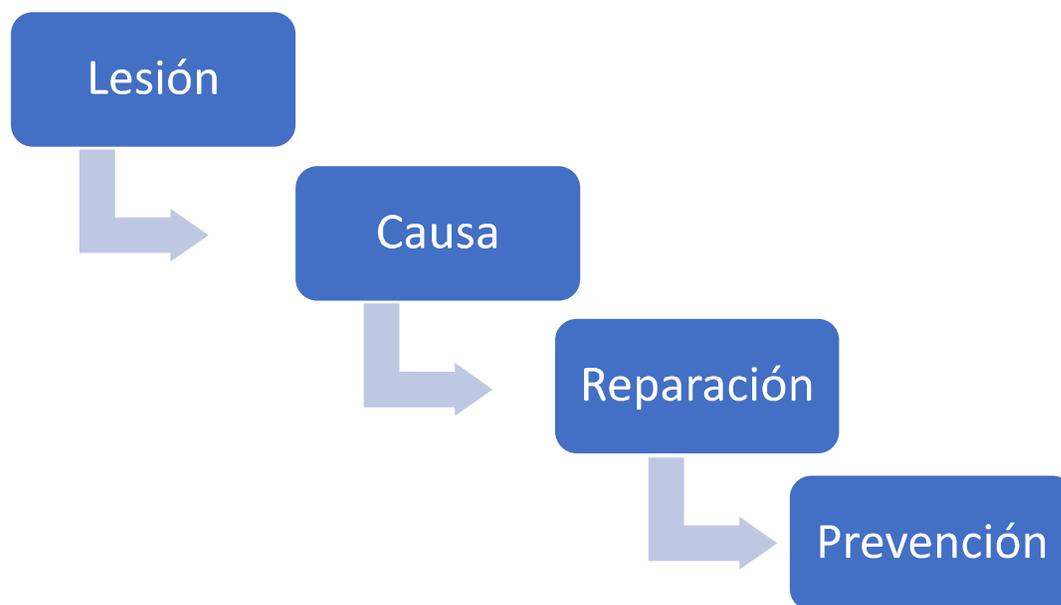
3. Metodología de Análisis de Patologías – Diagnostico y solución

3.1 Proceso Patológico

La patología de construcción se oriente en el llamado “Proceso Patológico” los aspectos que se deben tener en cuenta para afrontar un problema constructivo, como lo son: conocer su origen, causas probables, evolución, sus síntomas y su estado actual. De esta forma, el encuentro con un proceso patológico tiene como objetivo solucionarlo, lo que implica la reparación del elemento constructivo dañado para devolver estabilidad, funcionalidad y aspecto, esto a través de un estudio de patología que se define como “metodología de investigación”.

Para resolver un problema constructivo hay que hacer un diagnóstico previo, o sea conocer su proceso patológico, el origen, sus causas, evolución, síntomas y su estado actual.

Este conjunto de aspectos del problema presentado agrupados secuencialmente se denomina como; proceso patológico el cual consta de las siguientes partes:



En esta secuencia temporal del proceso patológico podemos distinguir las tres partes que los componen, el origen, la evolución y el resultado final. Para el estudio del proceso patológico conviene recorrer esta secuencia de modo inverso, a través del razonamiento abductivo, es decir empezar observando la lesión, posteriormente el síntoma y continuar con la evolución de la misma, hasta llegar a su origen o causa.

El estudio de los procesos patológicos nos permite establecer la estrategia de la reparación y un conjunto de medidas preventivas en el futuro, también es conocido como Control de Calidad.

De igual manera, se debe de tomar en cuenta más allá de los aspectos relacionados con el proceso patológico de la estructura, debemos observar también el sistema constructivo, su funcionalidad, vida útil, puesta en marcha, año de construcción, etc. Debido a no sólo se realizan estudios patológicos en edificaciones modernas, también se aplica en edificios de mayor antigüedad siendo el concreto uno de los materiales de construcción utilizado a lo largo del tiempo, por tal motivo es necesario una perspectiva histórica para abordar problemas constructivos, algunos autores abordan la siguiente definición de patología de construcción; “ se define como la explicación científica de las causas de los deterioros y las enfermedades de la construcción, dando bases de determinación simple o compleja de los fenómenos físicos, químicos, biológicos y meteorización entroncados con una racional convergencia histórica, cultural y antropológica”

La rehabilitación de un edificio implica la recuperación de sus funciones principales por medio de distintas actuaciones sobre sus elementos que han perdido su función constructiva, han sufrido de deterioro ya sea en su integridad o en su aspecto estético.

Para actuar sobre los elementos constructivos afectados, además de los estudios históricos previos, es fundamental que se considere al edificio en cuestión como un objeto físico compuesto por elementos con ciertas características geométricas, mecánicas, físicas y químicas determinadas y que siempre puedes estar propenso a sufrir procesos de lesión o patológicos.

El proceso del estudio es el siguiente:

1. **Estudio patológico previo**, del proceso patológico que afecta directamente al elemento en cuestión, evolución hasta llegar al síntoma y su diagnóstico, durante esta etapa se solicita el apoyo de: técnicas de inspección, toma de datos y muestreo, recopilación de antecedentes, ensayos in situ y en laboratorio, informes de especialistas, más adelante nos adentraremos en estos temas.
2. **Anulación de la causa que provoca el proceso**, actuar directamente sobre el origen principal y sus consecuencias con el objeto que no vuelva a aparecer la lesión.
3. **Reparación de la lesión o lesiones**, que se han manifestado como un síntoma del proceso patológico.

Hay que recordar que cada una de las manifestaciones observables de un problema constructivo son síntomas, los cuales son el resultado de un proceso patológico y que resulta el punto de partida para un estudio patológico. La causa es la que inicia el proceso patológico y desemboca en una o varias lesiones. El proceso patológico no se resuelve hasta que se trata origen.

Es fundamental que exista un diagnóstico correcto.

3.1.1 Causas que inician un proceso patológico

Existen causas directas; constituyen el origen inmediato de un proceso patológico relacionada con la degradación del material o la partida de su integridad o aspecto. Se clasifican en físicas, mecánicas y químicas. Causas indirectas; son consecuencias de una mala elección, ciseño, material defectuoso o proceso constructivo mal ejecutado. Se ponen de manifiesto por acción de la causa directa. Se clasifican en función de las fases del proceso constructivo:

- Proyecto
- Ejecución
- Material
- Mantenimiento

Causas indirectas de un proceso patológico

- Proyecto
 - Elección
 - Material
 - Técnicas y procesos constructivos
- Diseño
 - Diseño constructivo
 - Especificaciones
- Ejecución
- Material
 - Defecto de fabricación
 - Cambio de material
- Mantenimiento
 - Uso incorrecto
 - Falta de mantenimiento



Imagen 44 Causas indirectas de un proceso patológico

Tipo de lesiones causadas por causas indirectas.



Causas predecibles e impredecibles



3.2 Causas y efectos

3.2.1 En cimentaciones, estructuras y muros.

Conociendo estos conceptos, podemos asegurar que las fisuras son una de las causas que inician un proceso de degradación, en un edificio, en el que se irán sumando otras acciones, especialmente del medio ambiente, que llegarán a afectar totalmente a la aislación, en especial si esta es deficiente dejando así desprotegido al edificio.

Por este motivo, se analizarán las causas más comunes por las que aparecen las fisuras, con el objetivo de evitarlas.

Al hablar de fisuras podemos distinguir varias causas, por las que están se pueden presentar como; reacciones químicas, reacciones electroquímicas, reacciones térmicas, cambio de uso, la relación entre la resistencia interna y la acción externa, aquí es donde adquieren vital importancia los procesos de interacción entre el suelo y las estructuras, en cuanto a las acciones y reacciones entre edificios de mayor o menor porte, la interacción entre los cerramientos y estructuras, así como el entorno que rodea la estructura.

Es de vital importancia entender la interacción que se establece entre, suelos, cimentaciones y estructuras, así podemos afirmar que en edificios de menor porte de una planta o dos plantas, los suelos suelen actuar sobre ellos, en cambio en aquellos de mayor número de niveles la construcción actúa sobre los suelos. Conociendo la relación directa que se establece entre ambos, no podemos preocuparnos únicamente por la tensión admisible del suelo, sin detenernos a analizar cómo afecta la humedad y otras fuerzas relacionadas.

La mayoría de las patologías observadas en los edificios livianos, se presentan por efectos mecánicos producidos por el suelo.

Las patologías que aparecen en las estructuras a consecuencia de problemas originados en cimentaciones, provocan daños que a veces pueden concluir en colapsos, lo que conlleva pérdidas, no solo materiales si no vidas humanas.

Trataremos de determinar las causas más frecuentes, sus efectos en las construcciones y recordamos la importancia que significa el correcto diseño del proyecto y el control permanente en la ejecución de las obras.

Este tipo de fallas estructurales, se originan debido a la interacción entre el terreno y la estructura; el terreno recibe las cargas transmitidas y se deforma bajo a esta presión. Sabemos que el terreno no es una masa homogénea de tierra, como otros materiales: el terreno es heterogéneo, es decir está compuesto por distintos componentes que lo integran como; áridos, arcillas, tierra vegetal, limos,

residuos orgánicos o inorgánicos, restos de construcciones, antiguas cimentaciones, etc. Por esta razón en muchos casos es difícil evitar que se produzcan asientos diferenciales entre diferentes elementos de apoyo, pues el material que se encuentra debajo de estos cimientos puede comportarse de distinta forma.

La resistencia y la deformabilidad del terreno no son constantes y siempre se pueden ver afectadas por otros aspectos como; modificación en el contenido de humedad, lavado de áridos, disoluciones, actividades de construcción cercanas a la obra. Se deben de tomar en cuenta también el deterioro del material por acciones químicas, el incremento o variaciones de las tensiones en el terreno, que no se encuentren contempladas dentro del proyecto.

Causas de fallas en cimentaciones superficiales

- Socavación y arrastre de finos
- Cimentación apoyada sobre rellenos mal compactados o flojos.
- Existencia de arcillas expansivas o suelos colapsables
- Existencia de zanjas rellenas mal compactadas.
- Hundimiento de oquedades no detectadas en etapa de estudio inicial.
- Deslizamiento provocado por excavación mal ejecutada.
- Heterogeneidad de la cimentación o del terreno, que puede provocar asientos diferenciales entre apoyos.

Causas de fallas en cimentaciones profundas

- Rozamiento negativo
- Los empujes laterales sobre pilotes pueden provocar esfuerzos de flexión no calculados en el dimensionamiento.

Causas en muros y pantallas estructurales de concreto

- Falla en los apuntalamientos o en anclajes
- Acción del agua por empuje sobre el muro como consecuencia del aumento del nivel freático
- Valoración incorrecta de las tensiones

3.3 Estructuras y muros

La patología en las cimentaciones se manifiesta generalmente afectando las estructuras de los edificios, hasta ese momento es cuando se puede detectar la falla. Debido a la rigidez de la estructura, sufre de una deformabilidad tal que le permite absorber una serie de esfuerzos hasta alcanzar su límite resistente. Cuando se producen asientos diferenciales, aparecen esfuerzos adicionales sobre la

estructura, de tal manera que pueden llegar a provocar fisuras o grietas cuando es superado el límite tensional.

Es de vital importancia, la observación y el estudio de estas grietas, para poder reconocer los movimientos que ha experimentado la estructura; por ello efectuar un análisis y diagnóstico correcto, el cual nos conducirá a adoptar la solución correcta. Éste suele ser un estudio complejo, pero la experiencia y la comprensión del comportamiento de las estructuras combinadas con el sentido común, pueden ayudar al momento de emitir un diagnóstico sobre las causas aparentes que han provocado esas grietas. Por lo general, son una serie de factores que se combinan y producen ese resultado.

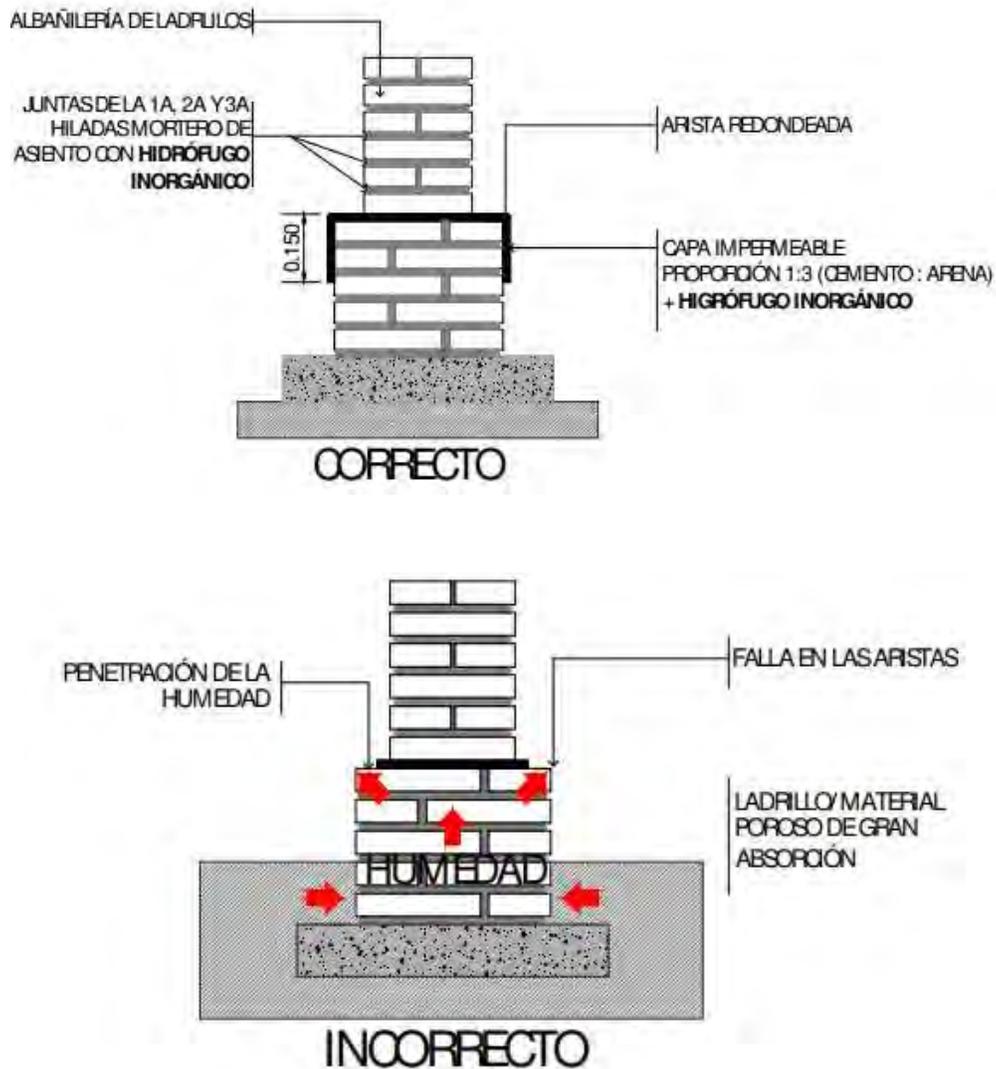
Afortunadamente contamos con varios de criterios donde se encuentran los valores admisibles para los asentamientos que pudieran producirse. En el “criterio de Skempton y McDonald (año 1956)”, donde se indican los valores de distorsión angular entre apoyos:

- $\delta = 1/500$ de la luz, como se límite seguro para edificios.
- $\delta = 1/300$ de la luz, inicia el agrietamiento
- $\delta = 1/50$ daños considerables en muros y paneles de fábrica

En las luces usuales de edificación dentro del orden de los 5 m, la magnitud de los asentamientos máximos admisibles ($S_{m\acute{a}x} = 2 - \delta$) se puede encontrar alrededor de los 2 cm, hay que aclarar que este valor se encuentra en función del tipo de cimentación empleado y otros factores, por lo cual este es un valor de referencia.

En edificios de porte mediano, estas patologías afectan a los muros, en cambio en los edificios de varias plantas, o edificios de mayor porte, las cimentaciones casi siempre se construyen con pilotes, a gran profundidad, dando presión a los suelos, por eso es improbable, en casos como estos, notar patologías por interacción entre los suelos y estructuras. Otro error que genera patologías es que sólo tenemos en cuenta a la hora de calcular estructuras, las cargas gravitatorias no así cargas negativas, que van de abajo hacia arriba, y las acciones que estas generan. Por eso es importante diferenciar aquellos edificios que presionan el suelo de los que flotan, para diseñarlos de maneras distintas.

Una vez que se generan estas fisuras, por cualquiera de las causas enunciadas anteriormente, es fácil observar como la humedad del suelo ascienda y perjudica otros estratos, generando otras patologías referentes a la humedad, siendo de suma importancia la correcta impermeabilización hidrófuga, así como la inmediata intervención. A continuación comparación entre un proceso correcto e incorrecto.



Otro lugar clave de esfuerzos es el núcleo estructural, unión de losas, columnas y vigas, así como la unión de paredes portantes con las de los cerramientos, pues ahí se generan patologías en forma de fisuras.

En losas se producen fisuras en los apoyos con las vigas, a causa de los momentos negativos que no suelen tenerse en cuenta a la hora de calcular, estas fisuras provocadas por levantamiento o por torsión en las esquinas. Si bien es cierto que estas fisuras no afectan a la estructura es probable que se convierta en

verdaderos problemas para el revestimiento del edificio, dejando que otros procesos patológicos den inicio al momento de tener fácil acceso gracias a las fisuras.

Una causa muy común en la aparición de fisuras en muros es cuando estos se encuentran debajo de vigas que presentan deformaciones o flechas.

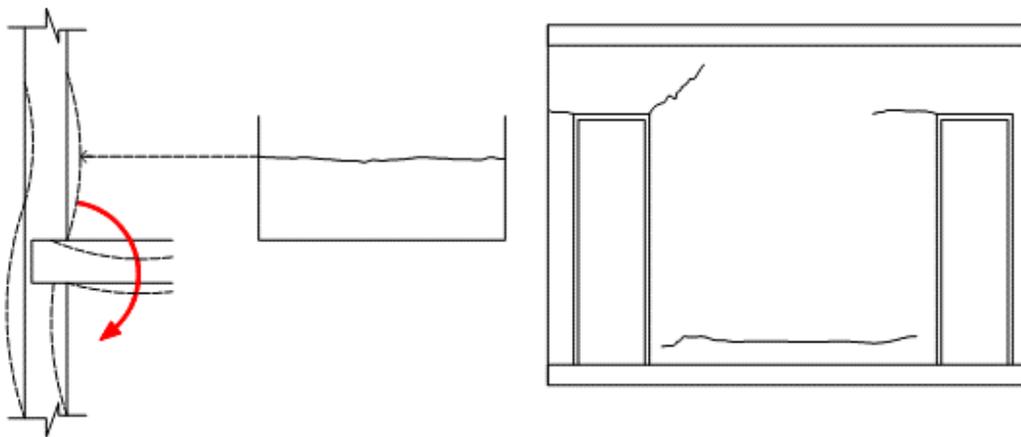


Imagen 45 aparición de fisuras

3.3.1 Muros de Concreto armado

En los muros de concreto armado, se pueden apreciar la aparición de microgrietas o agrietamiento en mapa, debido a la retracción del concreto por falta de plasticidad de este, un curado incorrecto, colocación pobre, fallas en el vibrado, o deficiente resistencia del mismo.

Si al momento de descimbrar se llegan a observar; armaduras expuestas, segregación del material, aparición de oquedades sabemos que la causa de la aparición de estas patologías es por la falta de vibrado y la falta de adición de plastificantes a la masa de concreto, en el caso de que el elemento estructural este muy armado, aparece por el escaso recubrimiento de las armaduras o bien mala calidad de cimbras

Entre los muros de un tanque de concreto, también se suelen observar fisuras que se deben a los esfuerzos que se dan entre ellos, los que deben absorber el momento de empotramiento, evitando que estos vuelquen por empuje del líquido localizado en su interior, usualmente aparece en tanques elevados.

En cuanto a las interacciones entre los cerramientos y las estructuras de concreto, podemos decir también que en este caso las fisuras se presentan en los muros, debido a esto, elementos rígidos que no pueden acompañar las continuas dilataciones y contracciones que presentan las estructuras de concreto.

En la unión de muros de cerramiento con muros portantes, también se suelen presentar agrietamientos pues estos últimos pueden sufrir asentamientos, esta situación se acentúa cuando se combinan ladrillos macizos con ladrillos huecos.

Otra causa es la interacción entre el entorno y el edificio, lo cual se pone de manifiesto al observar como el lugar donde se construirá el edificio definirá, en caso de una mala elección, o la ausencia de prevención, las patologías futuras y la vida útil de la construcción, sin dejar de mencionar las patologías producidas por el clima o el medio ambiente.

En este sentido se hace imperioso un análisis exhaustivo de las condiciones determinantes del sitio, como ser su implantación en una zona inundable o de relleno, el tipo de clima del lugar, considerando como afectan a la aparición de patologías, la humedad, el calor, los saltos térmicos, el viento, la polución ambiental, las lluvias ácidas. Todo esto con el fin de tomar los recaudos que harán a la prevención de las siguientes patologías: corrosión química, metálica, corrosión general del edificio, produciendo el deterioro de su aspecto, la destrucción de los pulidos, la alteración de los colores, la generación de manchas, la disgregación de los materiales, la eliminación de la estanqueidad de losas y muros, la disminución de las resistencias y la creación de condiciones insalubres, o de inseguridad para la vida.

3.3.2 En pisos

Causas que producen patologías en los pisos de concreto

- Falta de compactación de la base.
- Falta o deficiencia de junta de dilatación.
- Deficiencia en la resistencia del concreto.
- Falta de plasticidad del concreto.
- Falta de selladores superficiales.
- Inadecuados selladores de juntas.
- Carencia de materiales hidrófugos.

Los efectos que se pueden observar, en los pisos por causas de las patologías:

- Hundimiento y rotura de la superficie,
- Aparición de fisuras y cuarteamiento de la superficie,
- Floración de manchas blancas sobre la superficie (sales),
- Aparición de manchas por absorción,

- Delaminación y disgregación de su masa.
- Degradación del material de junta.



Imagen 46 Patologías en Pisos

3.3.3 En techos planos

Las Patologías asociadas a la humedad se vinculan principalmente con el material seleccionado para cumplir la función de impermeabilización, a su correcta o no colocación y a la solución constructivas de los bordes, juntas y puntos críticos existentes en todas las cubiertas. Por tales razones es importante a la hora de seleccionar los materiales tener en cuenta las siguientes características de los mismos:

- Permeabilidad: la capacidad de que le traspasen los líquidos,
- Higroscopicidad: capacidad de absorber humedad,
- Porosidad: textura de su superficie,
- Absorción: capacidad de retener humedad,
- Capilaridad: característica intra molecular.

El primer síntoma de deterioro de la impermeabilización de una cubierta es la presencia de humedad en los cielorrasos de los recintos. A ello suele seguir un incremento de la humedad ambiental, la disgregación de los acabados en yeso, deterioro de la pintura, manchas oscuras producto de la proliferación de hongos o mohos.

Si no se efectúan reparaciones, la cantidad de agua acumulada evolucionará hasta transformarse en un ingreso masivo de agua en forma de 'gotera', produciendo además eflorescencias y lixiviación de sales, corrosión del hierro estructural y puede finalizar con un colapso estructural

3.3.4 Juntas de dilatación

Las juntas de dilatación usualmente son mal ejecutadas o mal protegidas. Frecuentemente se tiene mal el concepto de permitir que el agua pase a través de ellas y recogerlas por debajo por medio de canales en el cielorraso. Esto permitirá la entrada del agua, en forma permanente, por capilaridad a los concretos y morteros permitiendo eflorescencias y lixiviación de sales, y corrosión del hierro estructural del sustrato.

El contacto constante del agua con los cementos de concretos y morteros generará corrosión.

3.4 Tanques y albercas

Causas de las patologías en tanques y albercas:

- Deficiencia en el armado y en los empotramientos
- Falta de previsión de orificios para la instalación de tubería
- Falta de plasticidad en la masa del concreto
- Falta de vibrado del concreto
- Deficiencia de adhesión entre el concreto y las armaduras.
- Deficiencia en la adhesión entre las tuberías y el concreto.
- Deficiencia en la impermeabilización
- Mala calidad del concreto

Efectos que se observan:

- Fisuras estructurales.
- Falla o pérdida de la estanqueidad: filtraciones
- Oxidación de las armaduras
- Eflorescencia y manchas en el concreto
- Debilitación de la estructura
- Colapso estructural

3.5 Prevención general, elementos que intervienen y sus soluciones

En la prevención y solución de patologías constructivas también se debe tener en cuenta la utilización de aditivos químicos, consiguiendo con la incorporación de estos aditivos: en concreto, morteros y revoques de grandes resistencias, sin retracción, sin fisuras, impermeables, plásticos, livianos, térmicos, o con la característica específica que requiere cada caso. Siempre tenemos que tener presente los siguientes procedimientos que ayudan a consolidar el proceso constructivo y evitan la aparición de patologías, estos son:

- El uso de puente de adherencia para superficies muy lisas o en superficies logradas con el uso de aditivos.
- Comprender la directa relación entre prevención y calidad.
- Buen diseño en su forma y orientación.
- Correcta documentación en obra, el detalle constructivo.
- Selección adecuada del terreno de implantación.
- Adecuar correctamente el sitio de obra.
- Correcta selección del sistema constructivo, adecuado al diseño, al clima del lugar y al tipo de suelo.
- Cumplimiento de normas constructivas
- Selección adecuada de los materiales de construcción
- Óptima calidad de los materiales de construcción.
- Conocer las especificaciones técnicas de los materiales de construcción.
- Implementación de mano de obra calificada.
- Control de calidad de los materiales y de la mano de obra, conforme a normatividad.
- Hacer énfasis en la realización periódica de mantenimiento de la obra.
- Manual de uso y documentación final ajustada a la realidad

3.5.1 Prevención de los acabados con pinturas y barnices

Protegen la superficie del acabado y le confieren cualidades de las que éste carece, pero es importante que dicha superficie reúna las condiciones de calidad para evitar la transferencia de patologías a los

acabados de pinturas y barnices. Habitualmente protegen el acabado contra la acción del agua, evitan la presencia de humedades, de las acciones del calor y los rayos ultravioletas y defienden a la superficie tratada de la contaminación atmosférica.

Propiedades de los acabados de pinturas y barnices de buena calidad:

- Limitan la penetración de agua en los muros.
- Absorber las condensaciones superficiales de corta duración.
- Mejoran los comportamientos físicos y químicos de los materiales protegidos.
- Refuerzan la capa superficial haciéndola más resistente.
- Adherirse fácilmente al soporte y quedar fijados en él.
- No deteriorarse con el paso del tiempo, ni mediante las acciones agresivas del exterior, ni las de la propia naturaleza del elemento a proteger.
- La capa de acabado debe ser lavable e inodora.

3.6 Uso de aditivos

Hoy día, ante un clima cada vez más agresivo, un medio ambiente contaminado, diseños avanzados, mayores solicitudes estructurales, menor tiempo de ejecución, necesidad de nuevos y mejores materiales, la industria ha desarrollado una variedad muy extensa de materiales aditivos para la construcción, que nos ayudan a mejorar la calidad, la resistencia, la durabilidad de la obra, así como a evitar patologías constructivas. Los aditivos se clasifican según de la siguiente manera:

3.6.1 Aditivos para concreto

Aceleradores de fraguado y endurecimiento: estos materiales deben usarse siguiendo estrictamente las normas y especificaciones técnicas del fabricante, por estar fabricados con cloruros, estos atacan a las armaduras si se usan fuera de los dosajes preestablecidos. Su función específica la de alcanzar altas resistencias y caracteres iniciales para desencofrar la estructura en menos tiempo.

Plastificante y reductor de agua: concede a la masa de concreto la trabajabilidad y la fluidez requerida, que le permite llenar los pequeños espacios entre las armaduras, y mediante el vibrado conseguir una masa más compacta e impermeable. Por fluidificar la masa, es un buen reductor de agua, con lo que se consigue mejorar la resistencia mecánica del concreto disminuyendo la retracción, con la utilización conseguimos concretos bombeables

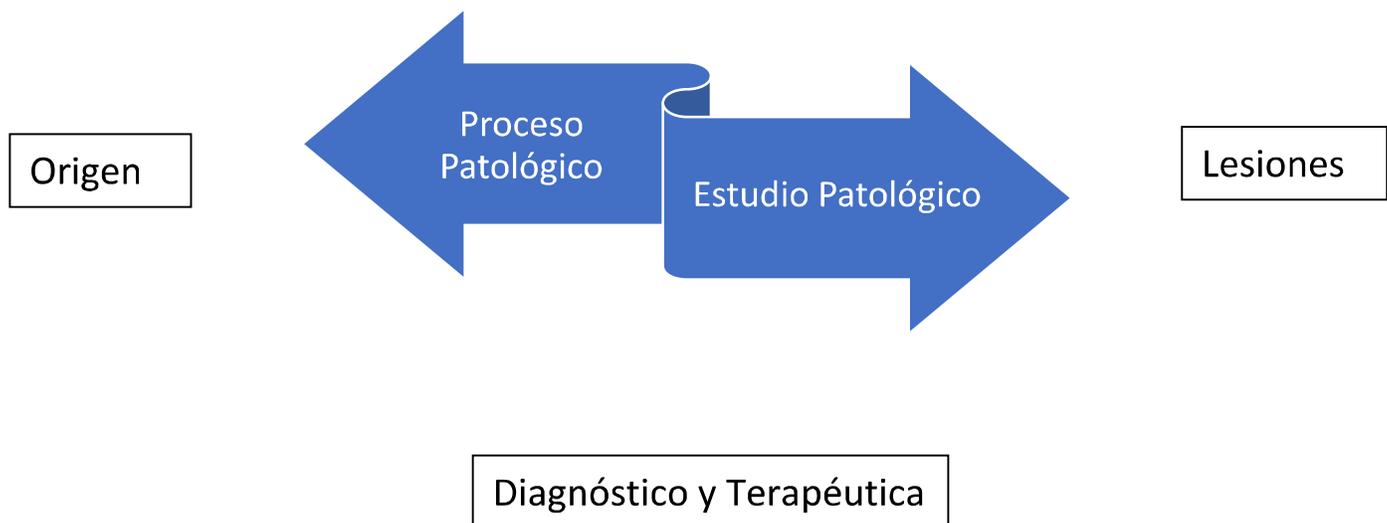
Incorporador de aire: con este aditivo se consigue aislamientos termo acústicos con morteros celulares, reducción del peso propio del concreto, creación de pendientes en terrazas y cubiertas, alivianamiento en piezas prefabricadas.

Retardador plastificante: al retardar el inicio del fraguado se consigue transportar el concreto a distancia, por ser plastificante fluidifica la masa facilitando el vibrado, y aumenta la adherencia de la masa a las armaduras.

Retardador, plastificante y densificador: retarda el fraguado inicial acelerándolas resistencias finales, permite interrupciones en el cargado del concreto, evitando juntas frías, otorga mayor adherencia del concreto a las armaduras, más plasticidad logrando un concreto más compacto, homogéneo y durable.

Súper plastificantes: estos aditivos proporcionan un concreto con más resistencias iniciales y finales, autonivelantes, gran adherencia a las armaduras, buen acabado, gran impermeabilidad sin afectar el tiempo de fraguado.

3.7 Metodología de investigación y análisis



3.7.1 Métodos para el desarrollo de estudios patológicos de la construcción

A continuación, se enlistarán las investigaciones previas y antecedentes presentes en los aportes de algunos autores teóricos de la materia, los cuales han establecido procedimientos analíticos, siendo métodos exhaustivos, mediante los cuales podremos identificar las causas, y llegar a una propuesta de acción adecuada y necesaria para solucionar los procesos patológicos.

3.7.1.1 Método propuesto por Carles Broto

El estudio patológico de una edificación debe analizar la capacidad resistente, la integridad, la forma y el aspecto. Criterios que requieren de un procedimiento sistemático basado en un análisis del proceso patológico con fases que van desde la observación del síntoma o efecto, pasando por el análisis de su evolución para identificar el origen o causa.

- a) Fase de observación del síntoma o lesión
 - a. Detectar la lesión
 - b. Identificar la lesión
 - c. Aislar la lesión

Carlos Broto divide las lesiones en tres grandes familias en función del carácter y la tipología del proceso patológico:

- Lesiones físicas: humedad de obra, humedad capilar, filtración, condensación, accidental, erosión atmosférica por meteorización, suciedad por depósito, suciedad por lavado diferencial
 - Lesiones mecánicas: deformaciones (flechas, pandeos, desplomes, alabeos), fisuras (reflejo del soporte e inherente al acabado), grietas (exceso de carga, por dilatación y contracciones higrotérmicas, desprendimiento).
 - Lesiones químicas: eflorescencias (sales cristalizadas que no proceden del material, sales cristalizadas bajo la superficie del material), oxidaciones y corrosiones, organismos (animales, plantas, hongos)
- b) Fase de recopilación de información
 - Estudio histórico: En esta fase se busca “determinar la época de construcción, el estilo arquitectónico, y tipología utilizada, fases en qué se ha realizado, sistemas de construcción y de cimentación utilizados, posibles restauraciones, y modificaciones realizadas, materiales y dosificaciones utilizadas, origen y fuentes de dichos materiales” (Broto, 2006, p. 39).
 - Toma de Datos: La toma de datos requiere “(...) del diligenciamiento de un formato el que contiene todo lo relacionado a la inspección previa (datos propiedad, al autor del edificio y al inmueble), realizar croquis y reportaje fotográfico” (Broto, 2006, p. 40).
 - Documentación: Levantamiento planimétrico en planta, alzados, secciones, detalles constructivos, mapas de lesiones

c) Fase de inspecciones técnicas

Toma de muestras. Preparación de un programa de muestreo adecuado en el caso de mortero y concreto, Marcar la posición exacta para etiquetar

- Ensayos sobre elementos constructivos

Los ensayos sobre los elementos constructivos deben identificar los siguientes aspectos:

Localización de la lesión en el edificio, material o materiales afectados, elemento constructivo dañado, sistemas y detalles constructivos, toma de muestras, fisuras y grietas, distorsión e inclinación, pérdida de materiales, deterioro diferencial, exfoliación y descamación, alteración cromática, patinas de suciedad, película y moteado, arenación y disgregación granular, pulverización, depósito superficial, eflorescencias, alveolización.

Los tipos de ensayos que se deben realizar se presentan a continuación:

- Ensayos físicos
- Ensayos mecánicos
- Ensayos medioambientales
- Ensayos Biológicos
- Ensayos ambientales

d) Fase análisis del proceso

Directas	Indirectas
Mecánicas	Proyecto
Físicas	Ejecución
Químicas	Material
Lesiones previas	Mantenimiento

e) Evaluación y seguimiento

- Actuación
- Propuestas de reparación
- Proyecto de intervención
- Propuestas de mantenimiento

3.7.1.2 Método propuesto por Calavera

José Calavera Ruiz (2005), resalta que son diversas las ciencias y técnicas disponibles para estudiar las causas, medir la gravedad de los daños, establecer el diagnóstico, fijar la posible rehabilitación y refuerzo, para lo cual cita la tecnología de los materiales empleados, los métodos de ensayo destructivo y no destructivo, los sistemas de medición de la geometría de la estructura, los sistemas de medición de las deformaciones de todo tipo, los análisis físicos y químicos de los materiales, los recursos de resistencia de materiales y cálculo estructural.

Calavera analiza la influencia de las variaciones resistentes y dimensionales sobre la capacidad resistente de los elementos, a través de “métodos basados en probabilidad y determinista, estableciendo criterios para la elección entre ambos métodos. Estos métodos permiten clasificar diferentes patologías o fallos presentes en cada una de las etapas constructivas”

Frente a las etapas que debe contemplar todo estudio patológico Calavera propone:

- a) Fase de inspección y el informe preliminar:
Información verbal y escrita recogida
- b) La experiencia del técnico que dirige el informe
Personal adecuado:
Especialista en estructuras
Especialista en geotecnia
Patólogo de construcción
- c) Equipo material necesario
Equipo fotográfico, reglas de fisura, prismático, útiles de medida, equipo topográfico etc.
- d) Registro de datos
Recomienda que el técnico deba estar abierto a la realidad física del problema y dejar el diagnóstico para después.
- e) Mediciones durante la inspección
Dimensiones generales de la construcción y medidas de elementos concretos
- f) Inspección detallada
Mediciones posteriores a la inspección: establece diferentes técnicas e instrumentos como testigos, montajes especiales para medir “salida de plano”, fijación de bases metálicas con resina de concreto etc.
- g) Análisis de datos y diagnóstico
Las mediciones y en general la información recogida en la fase previa es importante, siendo un axioma en patología, que si el diagnóstico es correcto la solución del problema vendrá por sí sola.
- h) Estructura básica de un informe preliminar:
 - Antecedentes

- Información disponible
- Resultado inspección
- Análisis del problema
- i) Conclusiones
Plan actuación
- j) Ensayos necesarios
Redacción del informe definitivo

3.7.1.3 Método propuesto por Juan Monjo

Juan Monjo establece que el estudio patológico es “el análisis exhaustivo del proceso patológico con el objeto de alcanzar las conclusiones que nos permitan proceder a la reparación consiguiente”

El método de Monjo está atravesado por cuatro etapas de investigación que consisten en:

Observación de campo:

- Detectar lesiones
- Identificar la lesión
- Independizar lesiones y procesos distintos

Toma de datos:

- Identificación de la lesión
- Constructivos, relativos a los materiales o elementos afectados por la lesión.
- Ambientales, según la situación del edificio y la localización de la lesión en él.

Análisis del Proceso y Diagnostico:

- Causas, que han originado el proceso, distinguiendo entre las directas e indirectas
- Evolución del proceso patológico
- Estado actual, que debe recoger la situación del proceso, su posible vigencia o su desaparición

Propuesta de actuación:

- Propuestas de reparación: de las causas y de los efectos.
- Propuestas de mantenimiento

3.7.1.4 Método propuesto por Paulo Helene

Paulo Helene (2007), en su publicación “Manual de rehabilitación de estructuras de Concreto. Reparación, refuerzo y protección” plantea que un diagnóstico adecuado será aquel que esclarezca todos los aspectos del problema como son:

- Los síntomas, que son las manifestaciones externas, o también conocidas como lesiones, pueden ser clasificadas según la incidencia que presentan en las estructuras de concreto. Helene establece que las más comunes son las fisuras, las eflorescencias, las flechas excesivas, las manchas en el concreto arquitectónico, la corrosión de las armaduras, las oquedades superficiales, o segregación de los materiales
- El mecanismo es el proceso a través del cual se presenta el problema patológico.
- El origen, es el que se presenta en cualquiera de las etapas del proceso constructivo donde se genera el problema patológico.
- Las causas son los agentes que generan los problemas patológicos pueden ser varios: cargas, variaciones de humedad, variaciones térmicas intrínsecas y extrínsecas al concreto, agentes biológicos, incompatibilidad de materiales, agentes atmosféricos y otros.
- Pronóstico de la cuestión, son algunas consideraciones sobre las consecuencias del problema en el comportamiento general de la estructura. El pronóstico permitirá establecer la necesidad de la intervención,
- Terapia, son las medidas de corrección de los problemas pueden ser pequeñas reparaciones localizadas, requerir de una recuperación generalizada de la estructura, o refuerzos de los cimientos, columnas, vigas o losas.
- Procedimiento, consiste en la selección de los materiales y la técnica de corrección a ser empleada, depende del diagnóstico del problema, de las características de la zona a ser corregida y de las exigencias de funcionamiento del elemento que va a ser objeto de la corrección.

3.7.1.5 Método propuesto por Antonio Aguado

Antonio Aguado (2007), establece unas fases que va desde la fase previa que permite la caracterización general de la edificación y su estado actual hasta el diagnóstico sobre el fenómeno que origina el daño, presentando una serie de recomendaciones.

Es importante anotar unas bases de partida que intervienen para un correcto estudio de daños y definir el tipo de intervención sobre la estructura, son los siguientes:

- Cada construcción es un prototipo, no hay dos iguales.
- Las estructuras reaccionan a los cambios y a las intervenciones con el principio de la mínima energía.
- Siempre que sea posible se tenderá a la metodología científica, apoyando científicamente la respuesta y evitando los métodos intuitivos que puedan resultar válidos en los procedimientos de

urgencia. Herramienta importante son los estudios de sensibilidad de las variables a las hipótesis de partida.

- Debe haber un equilibrio entre el análisis numérico e instrumentación y ensayo.
- La respuesta de una estructura viene muchas veces indicada por los subsistemas ligados a ella.
- Hay que saber discriminar los fenómenos patológicos de los que no lo son.
- La causa del daño rara vez es única, lo que conlleva la presencia de especialistas de varias disciplinas, eso sí, siempre bajo la coordinación del patólogo especialista.
- Un pequeño porcentaje de causas produce la mayor parte de los defectos (principio de Pareto)
- No hay una relación biunívoca entre causa y daño, una sola causa puede dar lugar a varios efectos, y un efecto puede provenir de varias causas.
- La obtención de información “in situ” ha de basarse en el principio de “mínimo número de medidas para obtener el máximo de información”.
- Debe de valorarse la trascendencia de un nuevo error, a la hora de valorar
- el riesgo de la intervención.

Aguado establece que la realización de un informe de estudios de patología debe contemplar:

- Recopilar toda la información previa posible (proyecto original, historia de cargas, modificaciones, usos, elementos colindantes, condiciones de contorno)
- Hacer una toma de datos exhaustiva, ya que nunca hay suficiente información. Catálogo de daños (escritos, gráficos y/o en vídeo), tratando de intuir incluso posibles vicios ocultos.
- Realizar ensayos, medidas e instrumentación para conocer, estudiar y analizar las variables que hayan podido influir en los daños. Análisis teórico, modelizando el comportamiento del elemento, para justificar científicamente la causa.
- Etiología de las causas a partir de la información previa, la toma de datos, los esquemas de daños, los ensayos, las medidas, la instrumentación y los estudios teóricos.
- Conclusiones y recomendaciones en función del conocimiento adquirido, y las consecuencias de un nuevo error

Aguado recomienda hacer uso de la tecnología y las diferentes técnicas para identificar el riesgo de los elementos estructurales, por lo tanto, es recomendable realizar ensayos con un nivel de muestreo suficiente que permitan contrastar las variables que afectan a la definición de los coeficientes de riesgo en las distintas partes de la construcción, para definir el riesgo en cualquiera de las fases del proceso constructivo. Una tecnología de gran aplicabilidad para definir el estado de la estructura con métodos estadísticos englobados dentro de las técnicas de análisis multivariantes que establece un diagnóstico mediante “la instrumentación de las variables más significativas y paralelamente deducen el comportamiento de la estructura a partir de su propia historia”

3.7 Estudio patológico, Proceso de Diagnóstico

Posterior a tener las bases y distintos métodos utilizados para la investigación y realización de estudios patológicos, explicaremos y aplicaremos cada una de las etapas que lo conforman.

El objeto de la detección de un proceso patológico en el campo laboral es su solución, lo que implica la reparación de la unidad constructiva dañada con el fin de devolverle su función constructiva-estructural inicial.

De ahí surge la necesidad de realizar un estudio patológico previo a cualquier reparación, en este estudio podemos definir como el análisis exhaustivo del proceso patológico con el objeto de alcanzar las conclusiones que nos permitan proceder a la consiguiente reparación

En este análisis utilizaremos el razonamiento abductivo es decir seguir una línea inversa al proceso, yendo del efecto a la causa, pasando por los tres estados del síntoma o lesión, evolución, origen y causa. El análisis debe ser metódico y exhaustivo, y lo más preciso posible, para lograr esto debemos:

- Adoptar un método sistemático de observación y toma de datos.
- Limitar las posibles ideas preconcebidas, es decir contener la intuición personal y profesional

De esta manera habrá que analizar las actuaciones que se llevan a cabo en los distintos tipos de elementos estructurales que pueden componer un edificio y los procesos patológicos que pueden afectar su integridad. Hay que realizar un planteamiento general para asegurar que la función constructiva del elemento estructural permanezca sin alterar analizando los siguientes puntos:

- Aspecto, en elementos estructurales a la vista, se puede ver si siguen mostrando la durabilidad adecuada.
- Integridad, que el material siga siendo heterogéneo
- Forma, que no haya sufrido alteraciones que lo saquen de su directriz inicial
- Capacidad resistente, que permanezca dentro de los coeficientes de seguridad admisibles

La metodología de Investigación y análisis que utilizaremos será la siguiente:

- A. Observación e Inventario de Daños³
- B. Recopilación de Antecedentes y Ensayos
- C. Análisis de la Patología observada
- D. Comprobación de Hipótesis
- E. Alternativas de Reparación
- F. Ejecución de obras de rehabilitación

³ Revisar apéndice E, Formato de Inspección Patológica, Inventario de Daños

3.7.1 Observación e inventario de Daños

Es la primera fase del proceso de investigación y análisis de la patología, como primer contacto se realiza una observación simple en el sitio a estudiar, de este primer paso se pueden obtener bastantes datos, los cuales se complementarán y ampliarán con análisis posteriores. Mediante la observación se detecta los síntomas de la edificación. Durante esta fase se llevará a cabo una inspección y Relevamiento de la construcción en los cuales se realizará lo siguiente:

1. Gravedad del Estado actual del Edificio ver si es necesario; Desalojar o apuntalar.
2. Extensión y Evolución de Daños
3. Antigüedad y velocidad, Evolución de daños.
4. Control de Movimientos:
 - a. Nivelaciones
 - b. Plomadas ópticas
 - c. Testigos; Yeso y vidrio
 - d. Extensómetro
 - e. Flexómetro
5. Verificar
 - a. Temperatura
 - b. Humedad
 - c. Sol
6. Definir si las lesiones son Físicas, mecánicas o Químicas

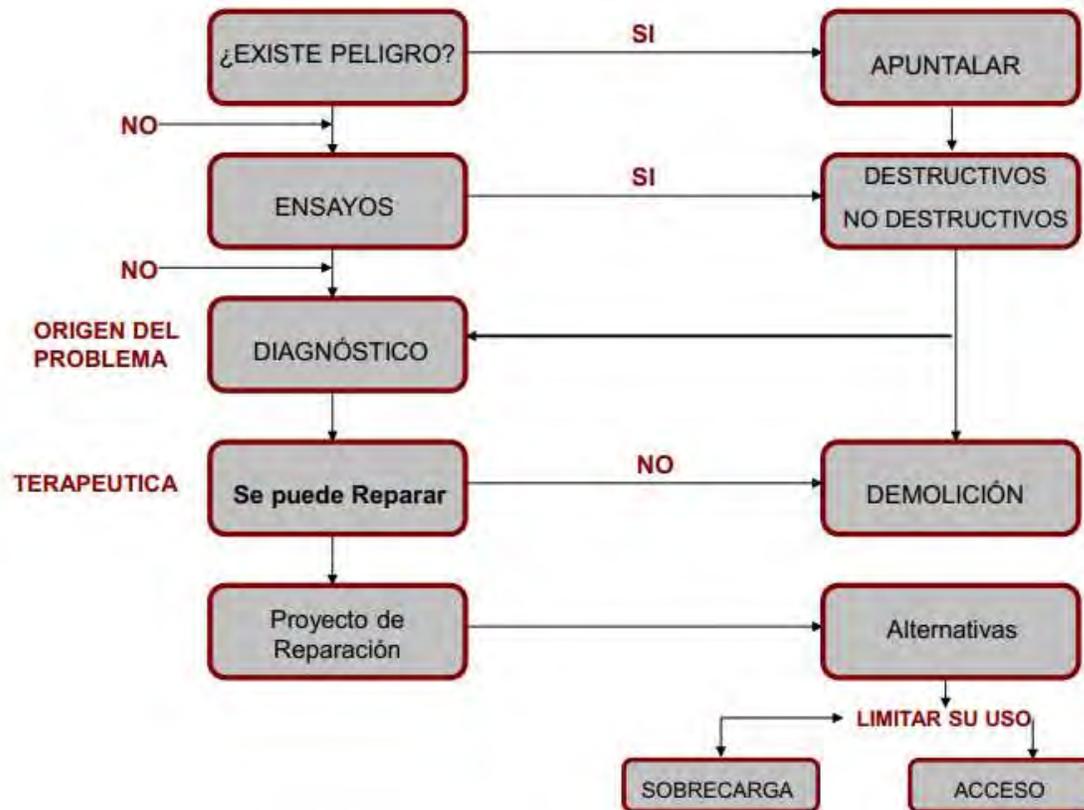


Imagen 47 Toma de decisiones

De la lesión o lesiones encontradas, que se manifestaron como síntomas de un proceso patológico y a partir de los cuales podemos conocer y estudiar de que se trata mediante:

- Detectar la lesión, es el inicio del proceso patológico, ya que se empieza con la detección de alguna lesión
- Identificación de la lesión, de que se trate y cuál es su clasificación, para poder seguir el camino adecuado
- Aislar la lesión y los procesos patológicos distintos, con el objeto de hacer el seguimiento correcto para cada una, sobre todo para tomar en cuenta la implicación de cada lesión.

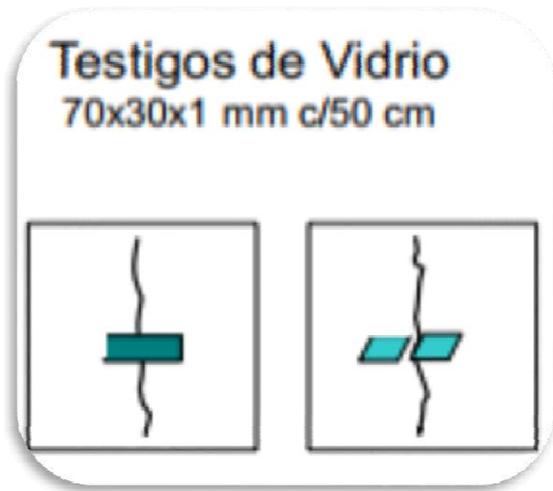


Imagen 48 Testigo de Vidrio



Imagen 49 Testigo de Yeso en Columna agrietada



Imagen 50 Medición de Fisuras

3.7.2 Recopilación de Antecedentes

Es fundamental, realizar un trabajo de investigación histórico del edificio, para determinar la época de construcción, estilo arquitectónico, tipología utilizada, fases en las que se realizó, proceso constructivo, cimentación existente, posibles restauraciones o modificaciones realizadas, materiales su origen y dosificación utilizada.

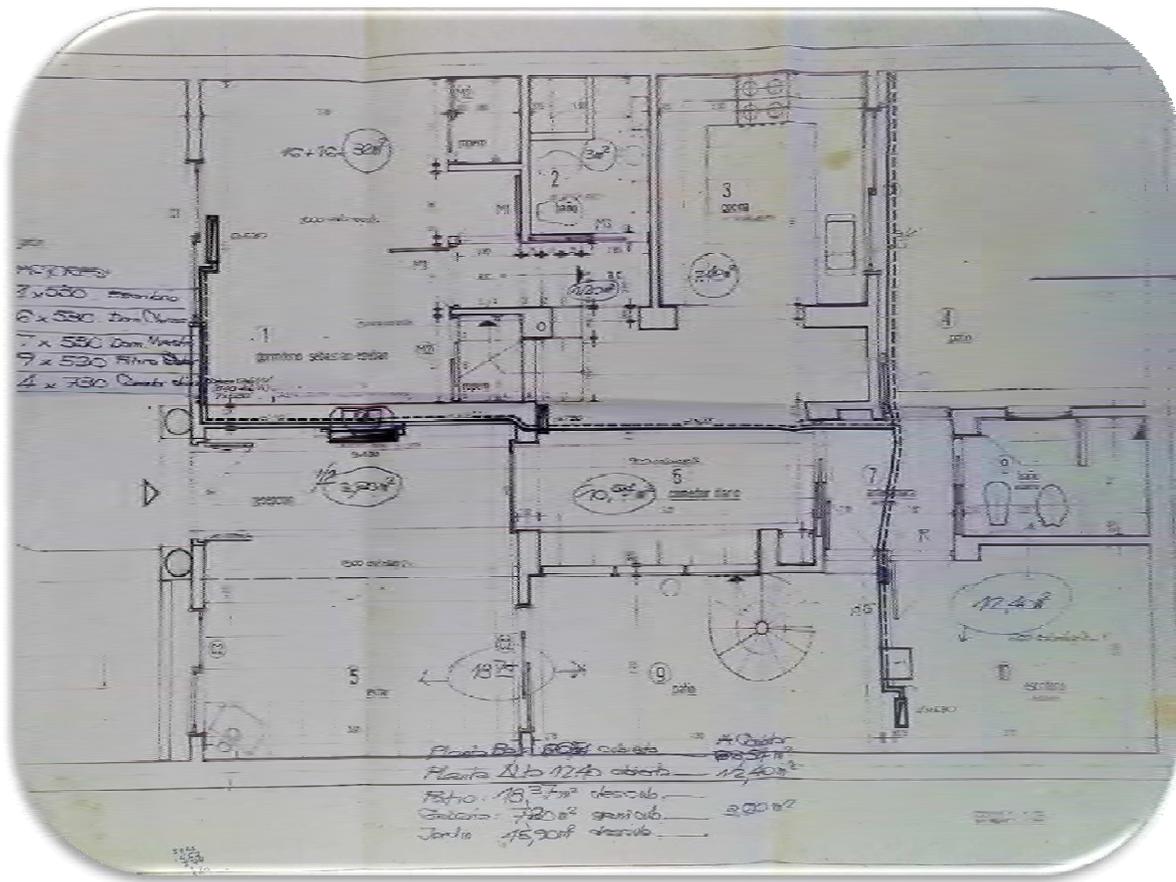


Imagen 51 Planos originales de Proyecto

Durante la recopilación de antecedentes se obtendrán la siguiente información:

1. Reunir todos los Datos posibles
2. Tomar todo el tiempo que resulte necesario
3. Testimonios de usuarios, vecinos, encargados de mantenimiento y los responsables de:

- a. Construcción
- b. Proyecto
- c. Mantenimiento (si llegó a haber alguno)
4. Antecedentes de Lluvias, sequías, heladas, sismos, inundaciones, temperaturas extremas.
5. Materiales utilizados para su construcción
 - a. Cemento (marca)
 - b. Tipo de concreto, premezclado o elaborado en sitio.
 - c. Origen del acero
 - d. Mampostería utilizada
 - e. Aditivos
6. Proyecto original
 - a. Planos de obra
 - b. Planos de proyecto
 - c. Instalaciones
7. Usos, Modificaciones estructurales y no estructurales.
8. Fotografías y documentación antigua
9. Modificaciones de Nivel Freático

Investigación para completar los antecedentes, la información se debe obtener de distintas fuentes;

- A. Verbal; encargados de mantenimiento y tomarlas con precaución.
- B. Estricta:
 - a. Municipal
 - b. De obra
 - c. Manual de Conservación
 - d. Reparaciones y Refacciones
 - e. Planos
 - f. Ambientales
 - i. Viento
 - ii. Lluvia
 - iii. Hielo
 - iv. Sismos

3.7.2.2 Ejemplo

Si en la observación se detectan grietas o fisuras se plantea el siguiente esquema de investigación:

1. Filtraciones de agua o pérdidas en tuberías
2. Usos anteriores del predio
3. Demoliciones en el interior o en las proximidades
4. Rellenos naturales o artificiales
5. Excavaciones y submuraciones
6. Túneles que pasen por debajo o cavernas
7. Trabajos en predios linderos
8. Reparaciones anteriores
9. Cargas dinámicas cercanos (transito – maquinarias – hincado de pilotes)
10. Situación del entorno
11. Incendios
 - a. Tipo de acero
 - b. Tipo de cemento
 - c. Espesor del Recubrimiento



Imagen 52 Grieta

12. Determinar los elementos estructurales o no estructurales
13. Si no hay antecedentes, se realizara un relevamiento, cateos y ensayos materiales, reconocimiento de la cimentación

3.7.3 Análisis de la Patología observada

Una vez que se ha aislado la lesión o lesiones, se inicia el proceso de toma de datos, en el que se tiene que aplicar al máximo la metodología.

Esta fase implica, visitas continuas para observación detenida y, en casos más graves la aplicación y seguimiento con instrumentos de análisis y evolución de la lesión; en ocasiones, el uso de aparatos diversos de medición y el uso de fotografías nos ayudan a plasmar gráficamente la lesión en momentos determinados, tanto para poder seguir su evolución como para poder continuar el análisis.

Debemos de tomar en cuenta puntos básicos de partida; considerar todas las “pistas”, analizarlas individualmente y en conjunto, debemos desechar pistas falsas.

Se realiza la investigación completa de los síntomas en la cual, debemos conocer el comportamiento temporal de cada uno de los Materiales, averiguar la época de construcción y los procesos constructivos utilizados en la época de construcción.

Abordar con mentalidad abierta la Diagnósis, evitar ideas preconcebidas relativas a la causa, y no olvidad que existen diferentes causas y circunstancias

Realizar una observación detallada, anotar todo lo que parezca importante, realizar registros fotográficos, utilizar todos los sentidos;

- a) Olor, líquidos cloacales
- b) Vista y tacto
- c) Oído, percusión
- d) Percepción de vibraciones

3.7.4 Ensayos sobre los elementos constructivos

Relativos al material o elemento afectados por la lesión indicando la existencia de documentos gráficos o escritos fiables sobre la construcción dañada. Deben contener:

- Localización de la lesión en el edificio, con indicación del sistema constructivo afectado
- Material o materiales afectados
- Elemento constructivo dañado
- Sistemas y detalles constructivos
- Toma de muestras, para ensayo
- Fisuras y grietas, en ambos casos se trata de grietas, las primeras son de menos de 1 mm de ancho y las segundas de más de 1 mm de ancho y la profundidad es mayor. Para tener un mejor estudio hay que determinar su posible crecimiento en longitud, se debe poner un testigo en la grieta y marcar con alguna cera o con pintura.

Existen distintos tipos de ensayos, los no destructivos y los destructivos los cuales se clasifican de la siguiente manera;

- A. Carga
- B. Resistencia mecánica
 - a. Espacios vacíos
 - b. Esclerómetro
 - c. Ultrasonido
- C. Análisis químicos
 - a. Cloruro de calcio en concreto, como acelerante de la resistencia, corrosión.
 - b. Contenido de Sulfatos.
 - c. Contenido de Cemento

- d. Contenido de Nitrógeno
 - e. Reacción Álcali – Agregado
 - f. Petrografía de Agregados
 - g. Petrografía de Concreto
 - h. Resistividad Eléctrica
- D. Cateos de Armadura
 - E. Cateos de entrepisos
 - F. Excavaciones



Imagen 53 Ensayos No Destructivos



Imagen 54 Concreto con Oquedades



Imagen 55 oquedades con contaminación orgánica



Imagen 56 Cateos de Armadura



Imagen 57 Cateo de Armadura



Imagen 58 Cateo de Armadura



Imagen 59 Ensayo de resistencia



Imagen 61 Preparación de prueba RCPT



Imagen 60 Prueba RCPT



Imagen 62 Análisis de Vacíos



Imagen 63 Ensayo de concreto permeable

3.7.5 Comprobación de Hipótesis y Diagnóstico

Es el Resultado de un conjunto de estudios previos mediante el cual se determina el grado de afectación, causas y origen del proceso patológico.

Para poder dar un diagnóstico adecuado se debe tener claridad sobre el alcance del estudio de patología de construcción, dentro del que se contempla el desarrollo de las distintas etapas de la investigación; preliminar y detallada, dentro de las cuales se realiza una valoración, desde la inspección visual con un diagnóstico preliminar que determina el grado de afectación de la estructura hasta una inspección más profunda, dentro esta se hace una recopilación documental exhaustiva, se realiza un levantamiento de daños, ensayos no destructivos y ensayos destructivos de ser necesario, evaluación del proceso patológico y capacidad estructural del elemento dañado.

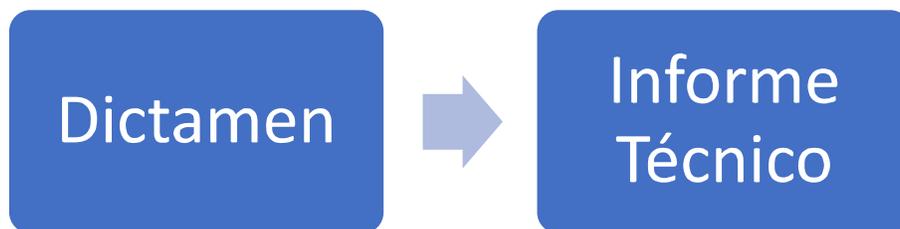
Posterior a estas acciones se puede obtener un diagnóstico conclusivo, en el cual se determina el origen de las lesiones y se presenta una propuesta de acciones para revertir o tratar los síntomas.

Tomar todos los síntomas y lesiones, como pistas Iniciales y antecedentes

Se analizan todos los datos Disponibles, que fueron proporcionados por los antecedentes, ensayos, procesos, lesiones, causas directas e indirectas, cálculo y verificaciones.

Análisis, eliminamos pistas falsas y ordenamos los Datos Disponibles.

Reconstrucción del caso, comprobación de hipótesis y diagnosis.



3.8 Proyecto de Reparación

El proyecto de reparación debe ser realizado como una tarea conjunta con Auxilio de Especialistas en distintas disciplinas como: Arquitectos, ingenieros, mecánicos de suelos, químicos, instaladores y laboratoristas. Entre todos ellos estudiarán distintas alternativas, para poder elegir la más conveniente.

La reparación debe ser planificada para no sobrecargar los elementos, dentro del proyecto de reparación se deben proyectar los apuntalamientos, la puesta en carga. No debe interferir con las Instalaciones Existentes, los elementos sanos, deben de quedar sanos, no inducir deformaciones, no variar distribución de tensiones, requiere experiencia, las condiciones estéticas se deben respetar. Planos de detalles claros para evitar más errores, definir proyecto, elaborar un presupuesto.

3.8.1 Reparación de grietas y fisuras

La reparación de grietas y fisuras se realiza según:

1. El origen de las grietas
2. El daño producido
3. El material del elemento
4. Disponibilidad de mano de obra
5. Materiales de reparación del lugar
6. Según el sistema constructivo

La reparación de fisuras consiste en su cierre a fin de restaurar el monolitismo del concreto o simplemente para impedir la entrada de agentes agresivos que puedan corroer al mismo o al acero de las armaduras. Cuando las fisuras tienen un espesor superior al que permiten los códigos e instrucciones deben sellarse por inyección. Muchos son los sistemas empleados en la reparación por cierre de fisuras que van desde los que utilizaran filtraciones de agua con bentonitas hasta los que usan inyecciones con resinas epoxi. El procedimiento más adecuado a elegir y el tiempo para realizar la reparación de las fisuras es función de las causas que las han provocado y de las características de las mismas. Así, por ejemplo, cuando las fisuras son debidas a retracción de secado habrá que esperar el tiempo suficiente hasta que estén estabilizadas, si se trata de fisuras debidas a una sobrecarga que ha sido eliminada podrá realizarse la reparación de forma inmediata, mientras que si son debidas a un asentamiento diferencial de la cimentación lo primero que habrá que realizar es resolver el problema del asiento y luego reparar las fisuras. La reparación de fisuras puede tener por objeto algunas de las finalidades indicadas a continuación:

- Restaurar la resistencia a tracción del elemento dañado.
- Restaurar la rigidez del mismo.
- Mejorar el comportamiento funcional del concreto.
- Proporcional impermeabilidad.
- Mejorar el aspecto estético superficial.
- Aumentar la durabilidad del concreto.
- Impedir el acceso de agentes agresivos que den lugar a la corrosión de armaduras.

- Restaurar la adherencia de las barras de armado con el concreto en el caso en que se hayan producido fisuras longitudinales en la dirección de las barras.

Cuando las fisuras son de pequeña abertura y están estabilizadas pueden cerrar por sí solas mediante un proceso de cicatrizado. El sistema más frecuente de reparación de fisuras consiste en su relleno total o parcial por medio de la inyección a presión de una resina sintética, o de una lechada de un cemento especial; a veces, y en casos muy concretos, se utiliza la técnica de grapado.

A continuación, expondremos distintos métodos de reparación de grietas y fisuras

3.8.2 Cicatrización

Es frecuente que fisuras estabilizadas o muertas de reducida abertura terminen cerrando por sí solas siendo conocido este fenómeno con el nombre de cicatrización; éste, es habitual en elementos fisurados de concreto que se encuentran saturados de agua, pero que no circula por las fisuras, como ocurre en algunos depósitos y canales.

La cicatrización es debida a la carbonatación del óxido e hidróxido cálcico del cemento por la acción del anhídrido carbónico del aire y del agua. Los cristales de carbonato cálcico formados se encajan entre sí dando lugar a fuerzas de adherencia mecánica y química entre ellos y las superficies de concreto. La adherencia llega a ser tan fuerte que puede considerarse que el concreto recupera el monolitismo y puede soportar tracciones; sin embargo, como toda fisura cicatrizada constituye una zona delicada, únicamente se contará con su colaboración cuando el elemento este sometido a una carga constante y estática.

Durante el tiempo que dura la cicatrización de una fisura, que suele ser de 90 días, debe mantenerse de forma estable la saturación de agua en la fisura.

3.8.3 Grapado

Este sistema de cierre de fisuras permite restituir en parte la resistencia a tracción del concreto e incluso reforzarla; sin embargo, no llega a hacer estanca la fisura, pero mediante un sellado previo puede garantizarse la estanqueidad.

El sistema de refuerzo consiste en la colocación de grapas o lañas de acero que haciendo puente entre las dos partes de concreto divididas por una fisura hacen un cosido del mismo.

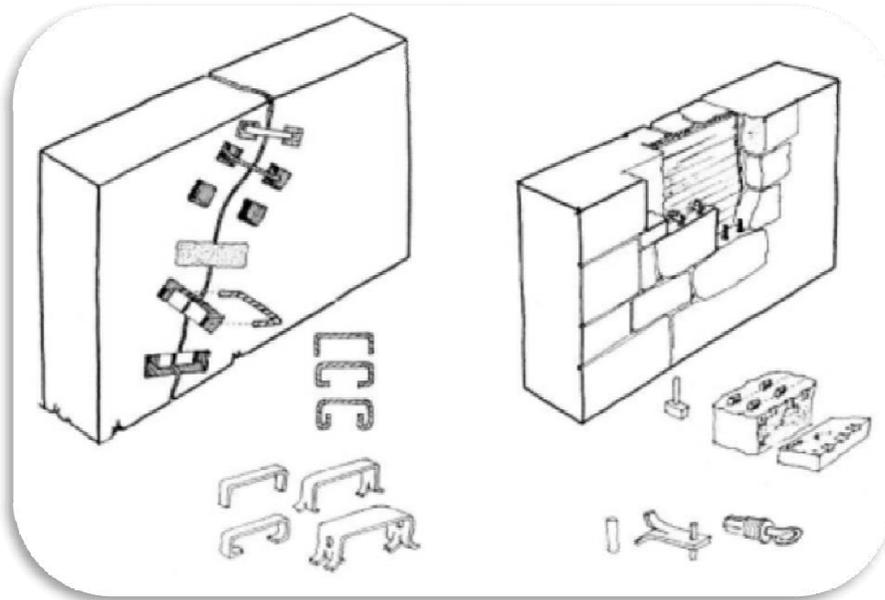


Imagen 64 Grapado

Las patillas de las grapas se introducen en taladros previamente perforados, colmatándose los huecos existentes entre las patillas y taladros mediante una resina epoxi o un mortero sin retracción. A veces todo el grapado se recubre con una capa de mortero u concreto proyectado.

Las grapas van situadas únicamente en las zonas sujetas a tracción y el diámetro y longitud de las mismas, así como el tipo de acero empleado, dependen de la magnitud de los esfuerzos de tracción que han de soportar. Las grapas se colocan con orientaciones diferentes a fin de que el esfuerzo transmitido no ejerza deslizamientos en los planos a unir. Hay que analizar si al reforzar una zona fisurada mediante el empleo de grapas no estamos desplazando el problema a otra parte de la estructura y si esto ocurre habrá que estudiar si es o no conveniente proceder al refuerzo de esta nueva zona.

Si la grieta o fisura que se cierra es activa las fisuras estarán sometidas tanto a tracciones como a compresiones. Esta última solicitación puede que ocasione problemas ya que las grapas son esbeltas y están diseñadas para absorber tracciones; en este caso, se impone realizar un estudio del comportamiento de la grapa y de la posible solución del problema mediante recubrimientos complementarios bien de mortero proyectado o bien de un mortero epoxi.

3.8.4 Inyecciones

En estructuras de concreto la técnica de reparación de fisuras y grietas más empleada es la de inyección en las mismas de una formulación epoxi que uniéndose a las superficies internas de las fisuras.

A veces se recurre al empleo de sellantes de penetración por gravedad formados por una resina de metacrilato de metilo de baja viscosidad que aplicada superficialmente penetra por capilaridad hasta profundidades de 70 mm. Estos sellantes poseen muy buena adherencia con el concreto y se pueden aplicar con pincel o por pulverización.

Mediante la inyección puede conseguirse hacer estanco a un concreto fisurado o restablecer la continuidad mecánica frente a esfuerzos de tracción, flexión, compresión y cortante.

Como anteriormente se ha indicado las fisuras suelen ser el resultado de unas sobretensiones, generalmente de tracción, que agotan a un elemento estructural; por consiguiente, la primera operación a realizar antes de repararlas es analizar estas sobretensiones y sus causas, ya que si una fisura se suelta y posteriormente aparecen de nuevo estas acciones, lo más probable es que el concreto vuelva a romper por el mismo lugar o por otro próximo a él; por consiguiente, antes de realizar una reparación hay que determinar y analizar las causas que han provocado la fisuración.



Imagen 65 Sellado Superficial

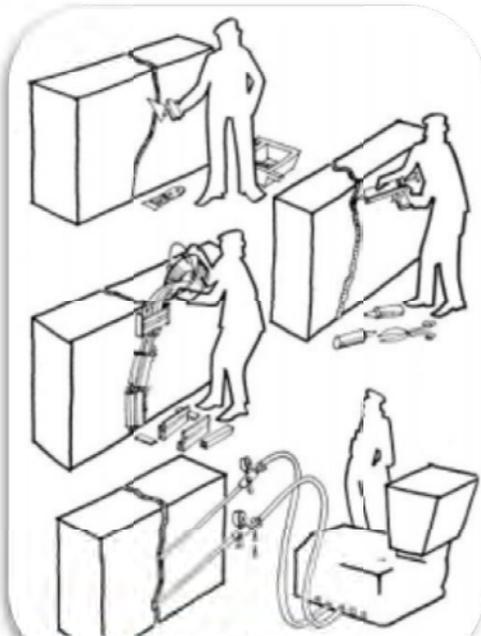


Imagen 66 Sellado Profundo

Las fisuras sin movimiento, es decir, las muertas, no presentan ningún problema de reparación mediante inyección; sin embargo, las fisuras con movimiento, o vivas, en las que la amplitud es variable con el tiempo no se prestan a este tipo de tratamiento. Las principales fisuras de este tipo son las que aparecen en una estructura sometida a cambios de temperatura y en las que no se han previsto juntas de dilatación encontrándose, por tanto, sometidas a un movimiento acordado por la estación del año, e incluso, variable a lo largo de las veinticuatro horas del día con tendencia a cerrarse en la madrugada y a tener la máxima abertura a la caída de la tarde. Con la inyección de fisuras no podrá dársele continuidad al concreto salvo que se abran previamente las juntas que no posee la estructura.

Existen fisuras vivas, generalmente térmicas, en las que el movimiento de las mismas es tan pequeño que puede procederse con éxito a la inyección de las mismas

consiguiéndose una buena protección contra la corrosión, pero, en general, siempre que se aprecie movimiento en ellas, lo más conveniente es no inyectarlas, pues, según se ha indicado anteriormente, el concreto terminará rompiendo por otro lugar; de todas formas, cuando la fisura tenga amplitud suficiente y por ser viva no permita el uso de formulaciones epoxi rígidas que aseguren el monolitismo del concreto se pueden emplear formulaciones epoxi flexibles que actúan como sellantes impidiendo el paso del agua o de agentes agresivos al concreto y a las armaduras. Además de los epóxidos flexibles existen otros productos sellantes en el mercado y el empleo de unos u otros dependerá, entre otras circunstancias, de la amplitud de los movimientos de la junta y de la temperatura a que vaya a estar sometido el elemento.

Como materiales de inyección pueden emplearse sistemas epoxi sin disolventes, resinas de poliuretano, resinas acrílicas y poliéster insaturados.

Cualquiera que sea el material empleado debe poseer un gran poder de penetración y una gran adherencia a las superficies del concreto; igualmente, debe poseer

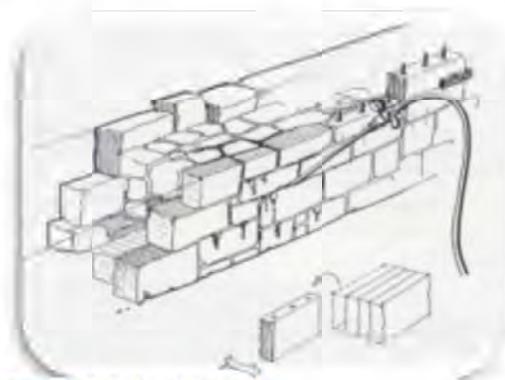


Imagen 67 Sellado Profundo

un módulo de elasticidad elevado a fin de obtener fuerte adherencia y debe ser resistente a la penetración de humedad y al ataque de los álcalis del cemento.

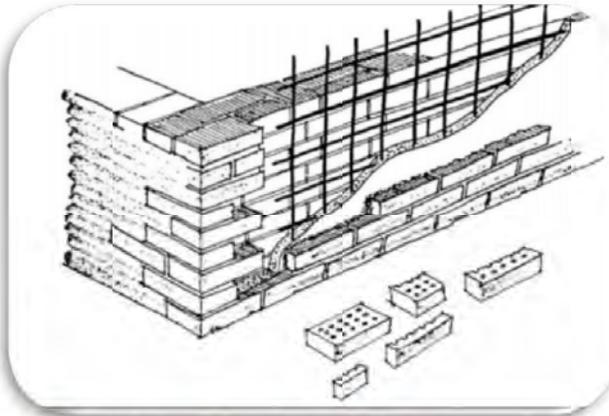


Imagen 69 Refuerzo con relleno superficial

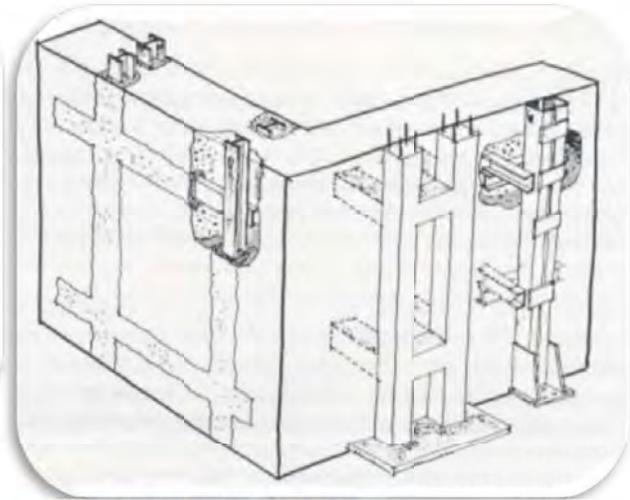


Imagen 68 Reparación vigas y columnas

3.9 ejecución de la obra

Debe estar muy claro el proyecto de reparación, el personal debe ser responsable y estar preparado, Explicar a los operarios, en que consiste la obra, los peligros y consecuencias, detalles a cuidar y hacer conciencia de una correcta ejecución. Se requiere de vigilancia y supervisión del personal, control de calidad de los materiales a emplear.

CASO PRÁCTICO

El siguiente Caso Práctico, es el análisis de una casa habitación ubicada en la Provincia de Buenos Aires, Argentina





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

4. Caso Práctico

4.1 Introducción

En capítulos anteriores se ha hablado de los daños más comunes que ocurren en las estructuras de concreto y su origen mediante, acciones mecánicas, acciones físicas, acciones químicas y biológicas, así como las consecuencias de estas acciones, las lesiones y los daños que exhibe una estructura de concreto, los cuales caen dentro de los siguientes factores; concepción, falta de visión y tomar en cuenta el medio circundante, diseño de proyecto, materiales y procesos constructivos, vida de uso y falta de mantenimiento.

Recordemos que la patología de la construcción nos ayuda a identificar, los daños, lesiones y defectos indicando tipo, causa y magnitud, así como definir la localización y cantidad dentro de una estructura, gracias a esta disciplina podremos obtener datos de manera sistemática y ordenada, la cual nos permitirá desarrollar una serie de pasos, para poder comenzar una investigación que nos llevará a un diagnóstico final, junto con las causas que lo originaron, y así poder eliminar los daños desde su origen, evitando la reparación de estos.

La investigación, el diagnóstico de la estructura el encuentro de los daños, causas, lesiones, fallas y el pronóstico del comportamiento de una estructura es un trabajo complejo, ya que debemos analizar todos los elementos técnicos, como la durabilidad, funcionalidad, estética, seguridad y comportamiento en la puesta en servicio.

El nivel de detalle de esta investigación, varía desde la valoración de la estructura, apreciar si aún es funcional estructuralmente, nos podemos basar en la inspección visual durante la investigación preliminar, hasta una investigación más profunda donde podemos utilizar técnicas especiales de inspección y ensayo.

Algo muy importante que debemos tener en mente es que siempre debemos definir con el cliente o dueño del proyecto, el alcance de los trabajos a realizar, presupuesto posible y tiempo disponible para reparaciones.

4.2 Aplicación



CLIENTE: Familia VASCÓN

TIPOLOGIA EDILICIA: Vivienda Unifamiliar

UBICACIÓN: Argelia 2783 – Ciudad Autónoma de Buenos Aires

PATOLOGIA: Relevamiento por Humedades y Filtraciones.

FECHA: 11 de noviembre de 2016

Durante la investigación preliminar, usualmente es la introducción a la situación que está experimentando la estructura analizada, en primera instancia recogeremos toda la información general como sea posible, acerca del proyecto.

Por medio del presente informe técnico les presentaremos el estado actual de la propiedad con las lesiones y daños observados hasta la fecha del relevamiento, la propiedad analizada se encuentra en Buenos Aires, Argentina, la cual se analizó durante mi estancia en Argentina como parte de un intercambio estudiantil.

El presente informe técnico surge del relevamiento realizado el día martes, 1 de noviembre de 2016, a los efectos de determinar posibles filtraciones y humedades sobre la vivienda en cuestión, y las causas que llevaron a la aparición de estos daños.

Durante el relevamiento de la propiedad se observó una lesión principal, sobre la cual se enfocará el análisis.

Contenido del informe técnico:

- 1) **Presentación del inmueble.**
- 2) **Presentación de las lesiones observadas.**
- 3) **Relevamiento estructural sobre la zona lesionada.**
- 4) **Antecedentes.**
- 5) **Ensayos.**
- 6) **Análisis.**
- 7) **Recomendaciones.**
- 8) **Presupuesto.**
- 9) **Descripción y detalle constructivo.**

4.2.1 Presentación del inmueble.

La estructura analizada, se encuentra ubicada en Buenos Aires, Argentina y se trata de una vivienda unifamiliar en PB, con terraza y quincho, posee un retiro del frente donde al ingresar al predio encontramos un jardín del lado izquierdo de la propiedad y un espacio para estacionamiento con la capacidad para un automóvil, cuenta con 3 habitaciones, 2 baños, sala comedor, cocina y 2 patios internos en PB, uno al fondo, y uno intermedio por el cual se accede a la terraza por medio de una escalera caracol, sobre la terraza se encuentra un quincho cerrado, una azotea transitable y una azotea no transitable, la cual es el techo de uno de los dormitorios. (FOTO 1).



FOTO 1

4.2.2 Presentación de las lesiones observadas.

Al momento del relevamiento pudimos observar que, al momento de ingresar por la puerta principal se encuentra una sala de estar que cuenta con una gran altura, en la cual se observan lesiones originadas debido a filtraciones que ocasionaron humedades de gran tamaño, formación y aparición de hongos negros y moho, desprendimiento de pintura y revoque. (FOTO 2) (FOTO 3) (FOTO 4).



(FOTO 2)



(FOTO 3)



(FOTO 4)

Continuando el recorrido se pasa al comedor cocina, de menor altura, en dicho sector se observa un cielorraso suspendido realizado con tirantes de Pino tratados con Barniz, y placas de Melamina blanca, a simple vista no se observa lesión alguna. (FOTO 5). El propietario nos informa que las placas de melamina están sueltas, por lo que procedemos a moverlas. De la observación surgen lesiones varias, tales como humedad, desprendimiento de pintura, desprendimiento de revoques y corrosión de perfiles estructurales IPN. (FOTO 6) (FOTO 7).



(FOTO 5)



(FOTO 6)



(FOTO 7)

Por otro lado, en dicho sector, se observa una escalera que baja y una que sube, ambas conducen a las habitaciones principales que se encuentran sobre la misma superficie, pero a diferente nivel, una sobre la otra. Tomando la escalera hacia la habitación inferior, media enterrada, no se observan lesiones. A diferencia, tomando la escalera hacia la habitación superior, se observan lesiones de humedad sobre el mismo muro que es contiguo al Estar-Living. (FOTO 8) (FOTO 9).



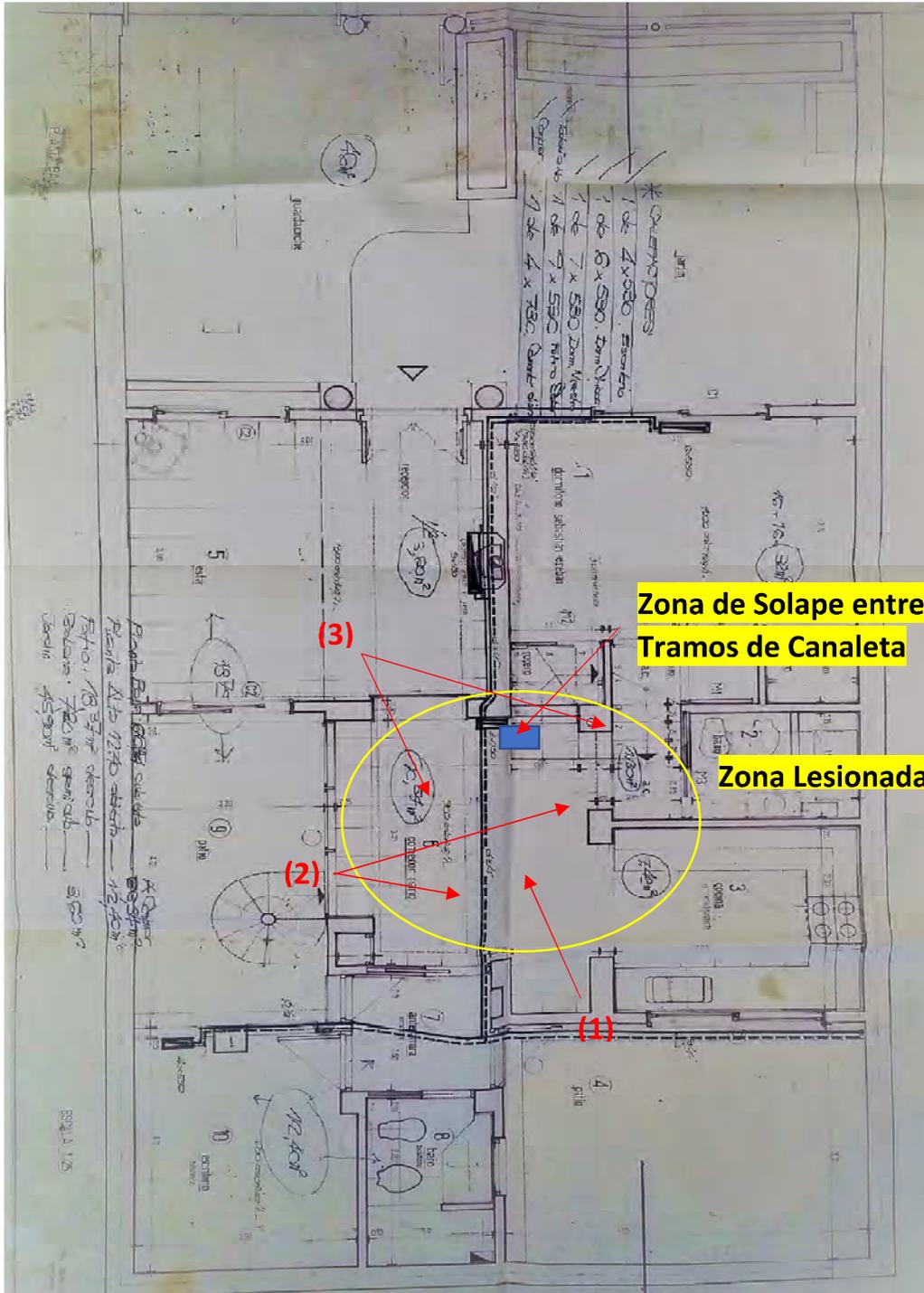
(FOTO 8)



(FOTO 9)

4.2.3 Relevamiento estructural sobre la zona lesionada.

Nos concentraremos sobre la zona que posee humedad, en los ambientes Estar-Living y Dormitorio. La lesión se encuentra sobre un Muro Portante de mampostería, de 30cm de espesor y gran altura **(1)**, expandiéndose la lesión hacia muros contiguos no portantes de 15 cm de espesor, también de mampostería **(2)**, y hacia los techos, realizados originalmente en chapa acanalada con correas y cielorraso de yeso, en ambos ambientes **(3)**.



4.2.4 Antecedentes.

La construcción original, consultando con los propietarios, se estima aproximadamente del año 1950, la cual era completamente en PB y sin terraza accesible. En el año 1988 se realizaron modificaciones sobre lo existente, en base a un proyecto que se realizó en 2 etapas. La primera consistió en la ampliación de la cocina, construcción de 2 dormitorios y refacción de 2 baños. Posteriormente para el año 2010 se realizó una ampliación donde se construyó el Estar-Living. (VER FOTOS y PLANOS ADJUNTOS).



FOTO del 19/05/1996 FUENTE: CATRESLA (CATASTROS Y RELEVAMIENTOS S.A.)



FOTO del 01/11/2016

Al consultar al Arquitecto de la obra, que es también propietario de la misma y realizó las modificaciones de 1988 y 2010, nos informó que la vivienda está construida íntegramente en mampostería, conservando todos los muros portantes originales, los techos del sector Cocina Comedor son también originales, construido con perfiles doble T y bovedilla, mientras que el techo del dormitorio superior es más actual y está construido con perfiles de acero, que posee en el interior cielorraso armado de yeso, y por encima chapa de Zincalum acanalada, separada en 2 pendientes que convergen a una canaleta central, también en zinc, que desemboca en un caño del mismo material, directamente a piso de la azotea transitable.

El propietario manifiesta que se produjo el inconveniente de ingreso de agua, luego de que un día de granizo intenso. A raíz de ello, sobre dicho techo se realizaron trabajos de acondicionamiento y reparación, colocando un nuevo techo de chapa por encima del existente, de la misma manera se revistió la canaleta antigua, colocando una nueva en 2 tramos, sobre la existente (FOTO 8) (FOTO 9). Al mismo tiempo, los muros de la terraza fueron tratados íntegramente con membrana líquida impermeabilizante. (FOTO 10) (FOTO 11).



(FOTO 8)



(FOTO 9)



(FOTO 10)



(FOTO 11)

El arquitecto nos informa que el pluvial tipo embudo, de la azotea transitable nunca fue reemplazado, por lo que también data de origen. (FOTO 12).

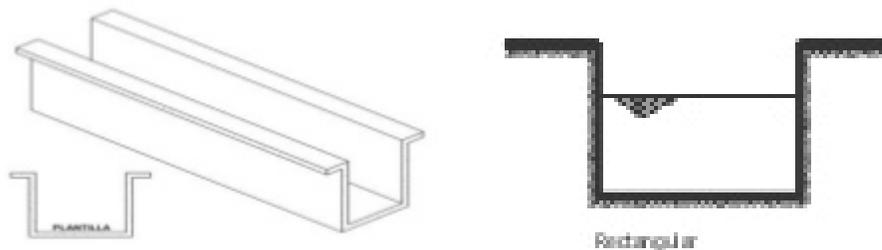


(FOTO 12)

4.2.5 Ensayos.

Ensayo Hidráulico 1: Se realizó sobre el techo una simulación de lluvia, el cual consiste en arrojar agua en forma de aspersión, con una manguera y terminal de riego, durante media hora.

Ensayo Hidráulico 2: Se realizó un sobre la canaleta colectora, el cual consiste en colocar un globo especial sobre el caño de Zinc de 110mm, y se procede a llenar la canaleta con agua, hasta 2cm de tirante aproximadamente. Este ensayo nos permitirá observar filtraciones hacia el interior, en corto plazo.



4.2.6 Análisis.

Luego de ejecutar los dos ensayos hidráulicos, observamos que en el Ensayo Hidráulico 1, no se produjo filtración alguna, esto indica que en lluvias poco intensas no habría mayores inconvenientes a simple vista. Luego al realizar el Ensayo Hidráulico 2, llegamos a la conclusión que la filtración se produce en la unión de los tramos de la canaleta nueva, la cual se encuentra apoyada en todo su largo sobre el muro portante de 30cm (1). Se produce la filtración y el descenso del agua sobre el mismo, expandiéndose a los muros contiguos mencionados, y techos. Este ensayo indica que en lluvias de alta intensidad la canaleta forma un tirante pequeño, por lo que el agua logra escurrir por la unión entre tramos, provocando humedad, y la posterior aparición de hongos y eflorescencias en las zonas indicadas anteriormente.

4.2.7 Recomendaciones.

Para resolver este inconveniente, se debe colocar sellador especial en todo el perímetro, entre la unión de los tramos de canaleta. Se debe asegurar el ingreso del sellador al menos 1 cm sobre el solape entre ambos tramos. Este sellador puede ser:

Marca: Anaeróbicos.

Modelo: Siloc.

Tipo: Silicona Neutra Para Metales.

Descripción: Se trata de un Sellador mono componente, de curado neutro que, a temperatura ambiente, se convierte en un caucho flexible y tenaz por efecto de la humedad atmosférica.

Aplicación: Adhesivo sellador para múltiples usos en materiales de construcción, aluminio, acero, chapa galvanizada, PVC, fibrocemento, vidrio, superficies esmaltadas, enlozadas y pintadas.

4.2.8 PRESUPUESTO.

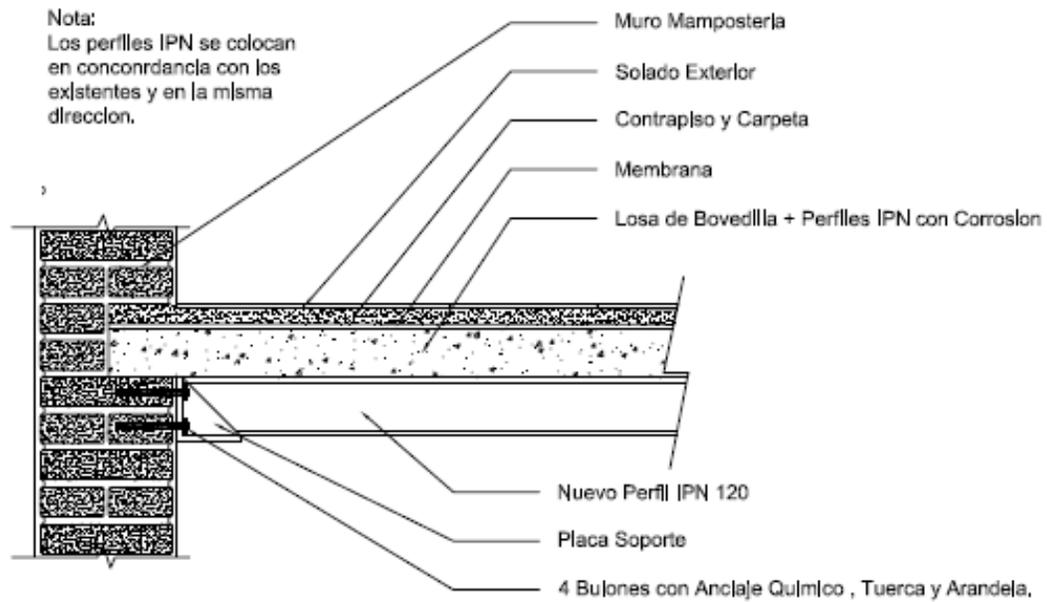
PRESUPUESTO			
ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO
INFORME TECNICO			
Pruebas Técnicas y Confección Informe	1 U.	\$1.500,00 /U.	\$1.500,00

REPARACION JUNTA de CANALETA					
MATERIALES					
Silicona Neutra Para Metales	1	U.	\$150,00	/U.	\$150,00
MANO DE OBRA					
Oficial	0,5	Días	\$1.197,00	/Día	\$598,50
Ayudante	0,5	Días	\$855,00	/Día	\$427,50
GASTOS VARIOS					
Viáticos	4	U.	\$10,00	/U.	\$40,00
REPARACION TECHO COMEDOR-COCINA					
MATERIALES					
Perfil IPN 120 (8u. De 4mL y 5u. de 3mL)	48	mL.	\$350,00	mL.	\$16.800,00
Apoyos de Acero 0,20m x 0,15m x 0,01m	26	U.	\$260,00	U.	\$6.760,00
Perno Broca 16/30 x 12,5cm	156	U.	\$18,00	/U.	\$2.808,00
Anclaje Químico	2	U.	\$480,00	/U.	\$960,00
Electrodos para Soldar	2	Kg.	\$80,00	/Kg.	\$160,00
MANO DE OBRA					
Oficial	5	Días	\$1.197,00	/Día	\$5.985,00
Oficial	5	Días	\$1.197,00	/Día	\$5.985,00
Ayudante	5	Días	\$855,00	/Día	\$4.275,00
Ayudante	5	Días	\$855,00	/Día	\$4.275,00
GASTOS VARIOS					
Viáticos	40	U.	\$10,00	/U.	\$400,00
SUB TOTAL					\$51.124,00
BENEFICIO EJECUCION (25%)					\$12.781,00
IVA (21%)					\$10.736,04
TOTAL					\$74.641,04

4.2.9 DESCRIPCIÓN y DETALLE CONSTRUCTIVO.

Para el trabajo de transmisión de cargas hacia los nuevos perfiles estructurales IPN 120, se adjunta detalle. Se deberán colocar 4 pernos con anclaje químico y broca sobre la mampostería existente por cada placa, se ubicarán en concordancia con los perfiles actualmente defectuosos, y en la misma dirección. Luego se procede a colocar las placas de acero, o bien apoyos, a los cuales luego se montarán y soldarán los nuevos perfiles.

FIRMA PROFESIONAL



CONCLUSIONES



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

5. Conclusiones

En conclusión, después de haber terminado de analizar los temas propuestos en los capítulos anteriores podemos concluir que la mayoría de las situaciones descritas, se puede acotar que el 75% de las patologías constructivas surgen por la faltas de la mano de obra o inexperiencia, también suelen aparecer por el desconocimiento de las especificaciones técnicas de los materiales, poca calidad o baja calidad, falta de comprobación de su procedencia o falta de inspección al momento de su llegada al sitio de construcción. Otra causa muy común de estas fallas es no respetar las especificaciones técnicas de instalación y almacenamiento en fin son reacciones es decir situaciones que se van relacionando unas con otras.

Es de vital importancia la comprensión y el conocimiento de cómo actúan y se relacionan entre si los materiales y de cómo hacer uso de ellos, así también de ejercer un exhaustivo control en la calidad de los materiales y de la mano de obra.

Otra manera de atacar y prevenir la aparición de dichas patologías constructivas en sus manifestaciones como lesiones y daños es la capacitación constante, siendo una de las armas con la que contamos para prevenir, esta capacitación no solo será dirigida a los obreros de la construcción sino también a los profesionales proyectistas, a los profesionales constructores, los técnicos laboratoristas, los encargados de llevar a cabo los ensayos y a los que deberán supervisar las obras.

Otra herramienta válida es formar conciencia, en los propietarios, o usuarios finales, quienes realizarán la inversión inicial y serán responsables del mantenimiento periódico del edificio. De igual manera una herramienta válida, puede ser que nosotros como profesionistas podemos entregar al momento de la puesta en servicio un manual de mantenimiento, junto con un cronograma de obra para programar las obras de mantenimiento propuestas, y prevención de fallas en los elementos estructurales.

Es difícil evaluar plenamente las necesidades de reparación según las condiciones de la edificación. Sin embargo, se logra siempre y cuando se genere un diagnóstico acertado frente al origen del proceso patológico.

Es indispensable realizar una correcta preparación de la Superficie antes de iniciar cualquier proceso de intervención. Tomando en cuenta todos los factores ambientales y circundantes de la obra, para evitar que reincidan daños que previamente aparecieron

No perdamos nunca de vista la responsabilidad que tenemos como profesionales en cuanto a las aplicaciones de las normas constructivas, el buen diseño, los adecuados procesos constructivos, la correcta utilización de los materiales y aditivos de calidad, el clima extremo de nuestro país, el medio ambiente, las características del terreno de implantación de la obra, los controles de calidad, para prever todas y cada una de las situaciones que podrían generar Patologías Constructivas, las cuales en ocasiones surgen antes de que la obra concluya. Pero por sobre todo, debemos estar convencidos que la prevención es la mejor y más económica opción, es ahí donde se hace importante todos nuestros conocimientos como técnicos y los controles que podamos ejercer como profesionales del área.

Solo así podremos avalar la calidad y durabilidad de nuestras obras, en pro de una garantía de inversión, de la preservación del patrimonio y del mejoramiento de la calidad de vida del usuario final.

Por último, recordemos que la obra es como un ser vivo, se encuentra sometida a la acción del medio ambiente: calor, humedad, viento y heladas. Acciones mecánicas, envejece, mediante un proceso continuo por la degradación de materiales, y necesita un cuidado y vigilancia en las fases de: proyecto, construcción y vida útil.

6. Glosario de Términos

Concreto: Del latín *concrētus*, concreto es un adjetivo que permite hacer mención a algo sólido, material o compacto. El término se suele oponer a lo general o abstracto, ya que está referido a algo determinado y preciso. En la construcción: el concreto es el producto resultante de la mezcla de un aglomerante (generalmente cemento, arena, grava y agua) que al fraguar y endurecer adquiere una resistencia similar a la de las mejores piedras naturales. El cemento junto a una fracción del agua, el concreto compone la parte pura cuyas propiedades dependen de la naturaleza del cemento y de la cantidad de agua utilizada. Esta pasta pura desempeña un papel activo: envolviendo los granos inertes y rellenando los huecos de los áridos, confieren al concreto sus características: De resistencias mecánicas, de contracción, de fisurabilidad

Concreto Armado: La técnica constructiva del concreto armado consiste en la utilización de acero reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. También se puede armar con fibras, tales como fibras plásticas, fibra de vidrio, fibras de acero o combinaciones de barras de acero con fibras dependiendo de los requerimientos a los que estará sometido. El concreto armado se utiliza en edificios de todo tipo, caminos, puentes, presas, túneles y obras industriales. La utilización de fibras es muy común en la aplicación de concreto lanzado es una tecnología en la cual se proyecta el mortero o concreto neumáticamente a través de una manguera a alta velocidad sobre una superficie”, especialmente en túneles y obras civiles en general.

Componentes del Concreto: Cementos, Agregados y Agua. El concreto se fabrica mezclando homogéneamente: cemento, agua, arena y grava. A continuación, cada uno de los componentes, enumerando en cada uno sus funciones dentro del concreto, sus características y sus cualidades para obtener un concreto de buena calidad.

Cemento: El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada concreto. Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil.

Agregados: Generalmente se entiende por "agregado" a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementante, elementos de comportamientos bien diferenciados. Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros). Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm. Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones. La pasta cementante (mezcla de cemento y agua) es el material activo dentro de la masa de concreto y como tal es en gran medida responsable de la resistencia, variaciones volumétricas y durabilidad del concreto. Es la matriz que une los elementos del esqueleto granular entre sí. Cada elemento tiene su rol dentro de la masa de concreto y su proporción en la mezcla es clave para lograr las propiedades deseadas, esto es: trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía. Agua: El agua (del latín aqua) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). En la construcción el agua de la mezcla debe ser limpia y libre de impurezas y en general debe ser potable. El proceso de hidratación genera calor, que produce aumento de temperatura en la mezcla y expansión volumétrica y que debe controlarse sobre todo en vaciados masivos. Con el fin de controlar el exceso de agua en la mezcla, necesario para facilitar la trabajabilidad del concreto fresco, la tecnología moderna del concreto, facilita los aditivos plastificantes, los cuales además de facilitar el proceso constructivo, permiten obtener concretos de resistencia más uniforme.

Nota: Concepto de trabajabilidad de una mezcla de concreto se puede definir como la facilidad con la que esta puede mezclarse, manejarse, transportarse y vaciarse en su posición final con una pérdida mínima de homogeneidad.

Aditivos para el concreto. Los aditivos para el (concreto) son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones. Se pueden distinguir dos grupos principales:

- Modificadores de la reología, que cambian el comportamiento en estado fresco, tal como la consistencia, docilidad, etc.
- Modificadores del fraguado, que adelantan o retrasan el fraguado o sus condiciones. Clasificación: De acuerdo con su función principal se clasifica a los aditivos para el Concreto de la siguiente manera:
 - Aditivo reductor de agua/plastificante: Aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir el contenido de agua de un determinado concreto, o que, sin modificar el

contenido de agua, aumenta el asiento (cono de Abrams)/escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.

- Aditivo reductor de agua de alta actividad/aditivo superplastificante: Aditivo que, sin modificar la consistencia del concreto, o que sin modificar el contenido de agua, aumenta considerablemente el asiento (cono de Abrams)/ escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.
- Aditivo reductor de agua: Aditivo que reduce la pérdida de agua, disminuyendo la exudación.
- Aditivo inclusor de aire: Aditivo que permite incorporar durante el amasado una cantidad determinada de burbujas de aire, uniformemente repartidas, que permanecen después del endurecimiento.
- Aditivo acelerador de fraguado: Aditivo que reduce el tiempo de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al rígido.
- Aditivo acelerador del endurecimiento: Aditivo que aumenta la velocidad de desarrollo de resistencia inicial del Concreto, con o sin modificación del tiempo de fraguado.
- Aditivo retardador de fraguado: Aditivo que aumenta el tiempo del principio de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al estado rígido.
- Aditivo hidrófugo de masa: Aditivo que reduce la absorción capilar del Concreto endurecido.
- Aditivo multifuncional: Aditivo que afecta a diversas propiedades del concreto fresco y/o endurecido actuando sobre más de una de las funciones principales definidas en los aditivos mencionados anteriormente. □ Existen otra variedad de productos que, sin ser propiamente aditivos y por tanto sin clasificarse como ellos, pueden considerarse como tales ya que modifican propiedades del concreto, como ocurre con los colorantes o pigmentos que actúan sobre el color concreto, los generadores de gas que lo hacen sobre la densidad, etc.

Durabilidad. El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio. □ **Impermeabilidad.** Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

Resistencia. Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

Módulo de Elasticidad: La elasticidad, es la propiedad mecánica que hace que los materiales sufran deformaciones reversibles por la acción de las fuerzas exteriores que actúan sobre ellos. La deformación, es la variación de forma y dimensión de un cuerpo. Un material es elástico cuando la deformación que

sufre ante la acción de una fuerza, cesa al desaparecer la misma. Los materiales totalmente elásticos pueden llegar hasta cierta deformación máxima, es lo que se conoce como límite elástico. Si se sobrepasa este límite, la deformación del material es permanente y sus propiedades cambian. Si el esfuerzo que incide sobre el material supera las fuerzas internas de cohesión, el material se fisura y termina por fallar.

Resistencia del Concreto: Desde el momento en que los granos del cemento inician su proceso de hidratación comienzan las reacciones de endurecimiento, que se manifiestan inicialmente con el “atiesamiento” del fraguado y continúan luego con una evidente ganancia de resistencias, al principio de forma rápida y disminuyendo la velocidad a medida que transcurre el tiempo. En la mayoría de los países la edad normativa en la que se mide la resistencia mecánica del concreto es la de 28 días, aunque hay una tendencia para llevar esa fecha a los 7 días. Es frecuente determinar la resistencia mecánica en periodos de tiempo distinto a los de 28 días, pero suele ser con propósitos meramente informativos. Las edades más usuales en tales casos pueden ser 1, 3, 7, 14, 90 y 360 días. 17. **Fraguado del concreto** Otro factor que afecta la resistencia del concreto es la velocidad de endurecimiento que presenta la mezcla al pasar del estado plástico al estado endurecido, es decir el tiempo de fraguado. Por tanto es muy importante su determinación. **Edad del concreto** En general, se puede decir que a partir del momento en que se presenta el fraguado final del concreto, comienza realmente el proceso de adquisición de resistencia, el cual va aumentando con el tiempo. Con el fin de que la resistencia del concreto sea un parámetro que caracterice sus propiedades mecánicas, se ha escogido arbitrariamente la edad de 28 días como la edad en la que se debe especificar el valor de resistencia del concreto. Se debe tener en cuenta que las mezclas de concreto con menor relación agua- cemento aumentan de resistencia más rápidamente que las mezclas de concreto con mayor relación agua-cemento. **Curado del concreto** El curado del concreto es el proceso mediante el cual se controla la pérdida de agua de la masa de concreto por efecto de la temperatura, sol, viento, humedad relativa, para garantizar la completa hidratación de los granos de cemento y por tanto garantizar la resistencia final del concreto. El objeto del curado es mantener tan saturado como sea posible el concreto para permitir la total hidratación del cemento; pues si está no se completa la resistencia final del concretos se disminuirá. **Temperatura** La temperatura es otro de los factores externos que afecta la resistencia del concreto, y su incidencia es la siguiente: - Durante el proceso de curado, temperaturas más altas aceleran las reacciones químicas de la hidratación aumentando la resistencia del concreto a edades tempranas, sin producir efectos negativos en la resistencia posterior. - Temperaturas muy altas durante los procesos de colocación y fraguado del concreto incrementan la resistencia a muy temprana edad pero afectan negativamente la resistencia a edades posteriores, especialmente después de los 7 días, debido a que se da una hidratación superficial de los granos de cemento que producen una estructura físicamente más pobre y porosa.

Resistencia a la compresión del concreto La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi). El ensayo universalmente conocido para determinar la resistencia a la

compresión, es el ensayo sobre probetas cilíndricas elaboradas en moldes especiales que tienen 150 mm de diámetro y 300 mm de altura. Las normas NTC 550 y 673 son las que rigen los procedimientos de elaboración de los cilindros y ensayo de resistencia a la compresión respectivamente. Es de vital importancia que se cumpla con todos los requerimientos presentes en las normas mencionadas, pues como hemos visto la resistencia del concreto se encuentra influenciada por muchas variables tanto internas como externas, por tanto es indispensable que los procedimientos de elaboración de los cilindros y ensayo de los mismos sean estándares para evitar incluir otra variable más a los resultados de resistencia.

Tipo de acero de refuerzo: Las armaduras empleadas en concreto armado son, generalmente, barras lisas de acero ordinario, barras corrugadas de acero de alta resistencia y mallas electrosoldadas. El empleo de armaduras de otros tipos, como los perfiles metálicos laminados, requiere estudios especiales que han de ser particularmente cuidadosos en lo relativo a la adherencia y anclaje de los elementos metálicos. Las tres primeras características mencionadas se determinan mediante el ensayo de tracción que consiste en someter una barra bruta, sin mecanizar, a un esfuerzo axial de tracción hasta su rotura. La aptitud al doblado se determina a través del ensayo correspondiente

- Resistencia o carga unitaria de rotura. Es la máxima fuerza de tracción que soporta la barra, cuando se inicia la rotura, dividida por el área de la sección inicial de la probeta. Se expresa en kp/cm^2 , se denomina también, mas precisamente, carga unitaria máxima a tracción.
- Limite elástico, es la máxima tensión que puede soportar el material sin que se produzcan deformaciones plásticas o remanentes. Según el tipo de acero, puede tratarse de límite elástico aparente o de límite elástico convencional.
- c) Alargamiento de rotura es el incremento de longitud de la probeta correspondiente a la rotura.
d) Ensayo de doblado tiene por objeto comprobar la plasticidad del acero, necesaria para prevenir roturas frágiles durante las manipulaciones de concreto y transporte. El fenómeno de rotura frágil, es decir, sin absorción importante de energía, se presenta cuando el acero se ve sometido a tensiones multidireccionales aplicadas rápidamente.

Barras lisas de acero ordinario: El acero ordinario es de bajo contenido en carbono (del orden del 0,1 por 100). Su proceso de fabricación se efectúa a partir de lingotes o semiproductos identificados por coladas o lotes, de materia prima homogénea y controlada. El diagrama tensión-deformación de los aceros ordinarios consta de un primer tramo rectilíneo OP cuya pendiente es $2.100.000 \text{ kp/cm}^2$ (módulo de elasticidad). Este punto marca el fin de validez de la Ley de Hooke, es decir, de la proporcionalidad entre tensiones y deformación. Barras de adherencia mejorada Los aceros de alta resistencia nacen de la idea de elevar el límite elástico del acero ordinario, ganando resistencia, a igualdad de peso, en mayor proporción de lo que aumenta el costo de fabricación. Al aumentar la tensión de trabajo del acero se incrementa la amplitud de la fisuración en el concreto. Para conseguir que ello se efectúe a costa del número de fisuras y no de su ancho –que es lo peligroso- es necesario aumentar la adherencia entre las

barras y el concreto. Por ello, la idea de alto límite elástico va unida siempre a la idea de adherencia mejorada. Las barras de adherencia mejorada o barras corrugadas están normalizadas en España por la Norma UNE 36 088. Se estudian a continuación los distintos tipos de aceros de alta resistencia; sus características geométricas, adherentes y mecánicas; su soldabilidad y su comportamiento a la fatiga.

Tipos De Aceros de Alta Resistencia La elevación del límite elástico se puede conseguir por dos procedimientos distintos: mediante una adecuada composición química del acero o mediante tratamiento físicos posteriores a la laminación.

- En el primer caso se eleva la proporción de carbono –lo que aumenta las resistencia- a la vez se añaden cantidades pequeñas de otros elementos, fundamentalmente manganeso y silicio. La fabricación se efectúa en horno eléctrico. Se obtienen así los llamados acero de dureza natural, que se laminan en caliente igual que los ordinarios, pero imprimiéndoles en los cilindros de laminación unos resaltes o corrugaciones para mejorar su adherencia.
- En el segundo caso, se estiran y retuercen en frío barras de acero ordinario, o de acero de dureza natural, controlando cuidadosamente las variables del proceso. Este trabajo mecánico produce una elevación de las características resistentes (límite elástico y tensión de rotura) y una disminución de las plásticas (alargamiento y aptitud al doblado). Se obtienen así los aceros endurecidos por deformación en frío.

Diferencias entre Concreto y Concreto armado: Concreto: Mezcla de cemento, agregados (arena y/o piedras) y agua se emplea en el revestimiento de paredes, en el alicatado o en la confección de muros de ladrillo. Sus características más importantes son su probada resistencia, su gran fuerza de cohesión, su adherencia al soporte, su capacidad impermeable, su cada vez mayor rapidez al fraguar, su estabilidad con el paso del tiempo, etc. **CONCRETO ARMADO:** Mezcla de cemento, agregados (arena y/o piedras), agua y acero en forma de cabillas o redes electrosoldadas, se emplea en los elementos estructurales de obras: vigas, columnas, losas a modo de amarrar todos estos elementos entre si y hacer la estructura mucho más fuerte y resistente a los efectos deformes compresión y flexión de las mismas.

Cimbra: las cimbras son los sistemas estructurales temporales necesarios para soportar el concreto fresco, compréndase como molde, los que quedan en contacto directo con el concreto, así como todos los elementos soportantes, arriostramientos y herrajes. Deben poseer resistencia y la rigidez suficiente para soportar las sollicitaciones derivadas de las maniobras de colocación y compactación del concreto, sin deformaciones o asentamientos perjudiciales. Lamentablemente con frecuencia no se les da la importancia que realmente requieren, por lo que son una de las fuentes principales de defectos adquiridos e incluso de colapsos catastróficos en la etapa de ejecución de obra.

Dos tipos de defectos que merecen ser mencionados por la frecuencia con que ocurren son; flechas permanentes en elementos estructurales provocadas por asentamientos de las cimbras y segundo oquedades como resultados de fugas de lechada o de finos por falta de sellado correcto de los moldes.

APÉNDICES



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.

Apéndice A. Manual de Gestión de Calidad

Introducción

La constructora, es una empresa dedicada a dar un servicio integral en la Industria de la Construcción, proporcionando todos los servicios en sus diferentes ramas.

La constructora, es una empresa joven en continuo desarrollo, respondiendo a la demanda de diferentes proyectos, los cuales requieren de sistemas y procesos eficientes. *La constructora*, nace con el objetivo de dar servicio a los desarrolladores de infraestructura e inmobiliarios y de interés social.

La constructora, y sus empresas filiales ofrecen servicios que abarcan distintos campos dentro del negocio de la construcción:

- ❖ Proyecto, Procuración y Construcción de Obras:
- ❖ Dirección y Supervisión de Obra
- ❖ Planeación Administrativa y Financiera de Desarrollos Inmobiliarios

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Generalidades

El presente manual especifica los requisitos del Sistema de Gestión de la Calidad (**SGC**) de *La constructora* para:

- a) Demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos que satisfagan los requisitos de nuestros clientes, los legales y reglamentarios aplicables.
- b) Aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del **SGC**, incluidos los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad de los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.

1.2 Aplicación

Todos los requisitos del presente manual son aplicables a las áreas y departamentos de *La constructora*, exceptuando las áreas financieras.

Debido a la naturaleza de la organización y de sus productos, los siguientes requisitos de la norma ISO 9001:2008 quedan excluidos del presente Manual:

- **7.3 Diseño y desarrollo**, *La constructora* no realiza actividades de diseño y desarrollo, ya que las especificaciones del producto son establecidas por el cliente.
- **7.5.2 Validación de los procesos de la producción y de la prestación del servicio**, *La constructora* excluye este punto de la norma debido a que verifica el producto en las diferentes etapas del proceso de la producción.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Los documentos de referencia siguientes son indispensables para la aplicación de este manual:

- ISO 9001:2008 / NMX-CC-9001-IMNC-2008. Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos.
- ISO 9000:2005 /NMX-CC-9000-IMNC-2005. Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario.
- ISO 9004:2009 / NMX-CC-9004-IMNC-2009. Gestión para el éxito sostenido de una organización-Enfoque de gestión de la Calidad.
- NOM-011-STPS-2001. Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se Genere Ruido.
- NOM-025-STPS-2008. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

3 TERMINOS Y DEFINICIONES

Para el propósito de este manual, son aplicables los términos y definiciones dados en la **Norma ISO 9000:2005/NMX-CC-9000-IMNC-2005** Sistemas de Gestión de Calidad. (Fundamentos y Vocabulario).

Acción Correctiva. Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación indeseable.

Acción Preventiva. Acción tomada para eliminar la causa de una No conformidad potencial u otra situación potencialmente indeseable.

Actualización: Actividad inmediata y/o planificada para asegurar la aplicación de la información más reciente.

Ambiente de Trabajo. Conjunto de condiciones bajo las cuales se realiza un trabajo.

Auditor: Persona con competencia para llevar a cabo una auditoria.

Auditoría. Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva, con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría.

Calidad. Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

Capital Humano. Recursos Humanos con los que cuenta la organización.

Certificación: Proceso mediante el cual una entidad debidamente acreditada confirma la capacidad de una empresa o producto para cumplir con las exigencias de una norma.

Cliente. Organización o persona que recibe un producto.

Competencia. Habilidad demostrada para aplicar conocimientos y aptitudes.

Corrección. Acción tomada para eliminar una No Conformidad detectada.

Criterios de Auditoría. Conjunto de políticas, procedimientos o requisitos utilizados como referencia.

ISO: Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization).

Liberación. Autorización para proseguir con la siguiente etapa de un proceso.

Manual: Documento que especifica el sistema de gestión de calidad de una organizacional.

Mejora de la Calidad. Parte de la Gestión de la Calidad, orientada a aumentar la capacidad para cumplir los requisitos.

Mejora continua: Proceso recurrente de optimización del Sistema de Gestión Integral, para lograr mejoras en el desempeño global.

Objetivo de Calidad: Algo ambicionado o pretendido relacionado con SGI.

Organización. Conjunto de personas e instalaciones con una disposición de responsabilidades, autoridades y relaciones.

Planeación del sistema de gestión de la calidad: Parte de la gestión del sistema enfocada al establecimiento de los objetivos y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir los objetivos del sistema.

Política de la Calidad: Intenciones globales y orientación de una organización tal como se expresan formalmente por la alta dirección.

Procedimiento: Documento escrito que define la forma específica para llevar a cabo una actividad o un proceso.

Proceso. Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales se transforman en entradas por salidas.

Proveedor: Organización, distribuidor o persona que proporciona un producto.

Registro. Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de las actividades desempeñadas.

Representante de la Dirección. (RD). Persona designada por la Alta Dirección, quien independientemente de sus responsabilidades, tiene la responsabilidad y autoridad para asegurar que se establecen, implementan y mantienen los procesos necesarios, para el Sistema de Gestión Integral (SGI) y de informar a la Alta Dirección, del desempeño de dicho Sistema.

Requisito: Necesidad o expectativa establecida generalmente implícita u obligatoria.

Retiro de producto: Retirar un producto no conforme del mercado, comercio, almacenes, el distribuidor central y/o almacenes de los clientes, porque el producto no cuenta con las normas especificadas.

Revisión: Actividad emprendida para asegurar la conveniencia, adecuación y eficacia del tema objeto de la revisión, para alcanzar los objetivos establecidos.

Satisfacción del Cliente. Percepción del cliente, sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos.

Trazabilidad. Capacidad para seguir la historia, la aplicación o la localización de todo aquello que este bajo consideración.

Verificación. Confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados.

4 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

4.1 Requisitos Generales

El Sistema de Gestión de la Calidad (**SGC**) es un sistema establecido, implementado y mantenido para la mejora continua. Este **SGC** incluye los requisitos, políticas y procesos documentados de la organización que reflejan las prácticas estandarizadas a través de toda la compañía. El **SGC** de *La constructora* está conforme con los requisitos de la norma internacional ISO 9001:2008 / NMX-CC-9001-IMNC-2008.

Asegurar la calidad es un esfuerzo multifuncional a través de toda la organización. Es un proceso continuo que involucra:

- la identificación y la documentación de las necesidades del cliente;
- la producción, almacenamiento, manejo y entrega de servicios que cumplan con esas necesidades de forma consistente;
- la retroalimentación de los clientes a cerca del desempeño de la compañía; y
- tomar acciones sobre la retroalimentación y la aparición de nuevas oportunidades para mejorar el desempeño de la compañía.

Desarrollado y aprobado por la gerencia de la compañía, el **SGC** asegura que los clientes reciban el servicio en tiempo y forma, de acuerdo a los requisitos establecidos por *La constructora* para los productos y servicios que provee. El sistema convoca a la adhesión de requisitos de calidad, legales y reglamentarios aplicables, y asegura el cumplimiento de las necesidades y expectativas de los clientes.

En los casos en que *La constructora* opte por subcontratar externamente cualquier proceso que afecte la conformidad del servicio con los requisitos, *La constructora* asegurará el control sobre tales procesos. El tipo y el grado de control serán definidos de acuerdo a lo establecido en el apartado 7.4 de este manual.

4.2 Requisitos de la Documentación

4.2.1 Generalidades

La documentación del **SGC** de *La constructora* incluye:

- a) una **Política de la Calidad y Objetivos de la Calidad**;
- b) el presente manual de gestión de la calidad;
- c) los procedimientos documentados y registros requeridos por la norma ISO 9001:2008 / NMX-CC-9001-IMNC-2008;
- d) los documentos, incluidos los registros necesarios para asegurar la eficaz planificación, operación y control de los procesos.

4.2.2 Manual de Gestión de la Calidad

El presente manual incluye:

- a) El alcance del **SGC** es *Servicios de Construcción y obra civil*.
- b) Referencias de los procedimientos documentados establecidos en el **SGC**; y
- c) Mapeo de procesos.

4.2.3 Control de los Documentos

Los documentos e información requeridos por el **SGC** de *La constructora* son controlados de acuerdo al procedimiento documentado **Control de Documentos**, donde se definen los controles necesarios para:

- a) aprobar los documentos en cuanto a su adecuación antes de su emisión;
- b) revisar y actualizar los documentos cuando sea necesario y aprobarlos nuevamente;

- c) asegurarse de que se identifican los cambios y el estado de la versión vigente de los documentos;
- d) asegurar de que las versiones pertinentes de los documentos aplicables se encuentran disponibles en los puntos de uso;
- e) asegurar de que los documentos permanecen legibles y fácilmente identificables;
- f) asegurar de que los documentos de origen externo, que la organización determina que son necesarios para la planificación y la operación del sistema de gestión de la calidad, se identifican y que se controla su distribución, y
- g) prevenir el uso no intencionado de documentos obsoletos, y aplicarles una identificación adecuada en el caso de que se mantengan por cualquier razón.

4.2.4 Control de los Registros

Los registros establecidos para proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos así como de la operación eficaz del **SGC** de *La constructora* se controlan de acuerdo al procedimiento documentado **Control de Registros** donde se definen los controles necesarios para la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, la retención y la disposición de los registros.

5 RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN

5.1 Compromiso de la Dirección

La alta dirección de *La constructora* toma un liderazgo visible al crear y mantener la política, objetivos y designación de recursos.

La alta dirección aprueba y dirige la implementación del **SGC** como un proceso centrado, enfocado al cliente, el cual promueve la mejora continua.

5.2 Enfoque al Cliente

La constructora es una organización que evalúa todas sus decisiones basadas en el impacto a sus clientes. Nosotros trabajamos de forma cercana con nuestros clientes para entender sus negocios y conocer sus expectativas. Esta relación de trabajo permite a *La constructora* conocer las expectativas de los clientes y anticipar sus necesidades futuras y al mismo tiempo mejorar continuamente la satisfacción del cliente (véanse 7.2.1 y 8.2.1).

5.3 Política de la calidad

La **Política de la Calidad** es establecida por la alta dirección de acuerdo al propósito de la organización y es revisada continuamente mediante las revisiones directivas.

En La constructora es una empresa dedicada a la prestación de servicios de: Procuración y construcción de proyectos, con el propósito de suministrar a sus Clientes, bienes y servicios de Calidad, que cubran sus requerimientos y expectativas con base en los Principios de honestidad y confiabilidad mejorando continuamente el SGC.

Nuestro Sistema de Aseguramiento de la Calidad está contenido en nuestro Manual de Aseguramiento de la Calidad / Principios de Calidad, el cual está disponible para todo el personal operativo y funcional de la empresa.

El Sistema de Aseguramiento de la Calidad se difunde a todos los empleados de la Empresa y cada uno es responsable de aplicarlo en el desempeño de sus funciones.

Esta política rige todas las operaciones de nuestra Empresa, siendo prioritario el estricto apego al cumplimiento del sistema, enfocado a la satisfacción total de nuestros Clientes.

La alta dirección asegura que es comunicada y entendida por todos los empleados de la compañía, de acuerdo a los mecanismos de comunicación establecidos en este manual. Cada empleado juega un papel esencial en el logro de estos objetivos de la calidad, y por consiguiente, en nuestra habilidad de exceder las expectativas de nuestros clientes.

5.4 Planificación

5.4.1 *Objetivos de a Calidad*

La alta dirección de *La constructora* mediante las revisiones directivas, se asegura que los **Objetivos de la Calidad** se establecen anualmente en las funciones y los niveles pertinentes dentro de la organización, son medibles y coherentes con la **Política de la Calidad**.

- 1) Cumplir con los requisitos de costo, plazo de ejecución, seguridad y calidad (especificaciones y normas) acordados con los clientes en el contrato, dándole seguimiento en el plan de calidad de cada proyecto.
- 2) Mantener un sistema de calidad de la empresa documentado y efectivo, orientado al cumplimiento de los requisitos de los clientes.
- 3) Establecer el uso de las normas y procedimientos internos que rigen las operaciones, para asegurar su consistencia en todos los proyectos de la empresa.

5.4.2 *Planificación del Sistema de Gestión de la Calidad*

La alta dirección de *La constructora* planifica y gestiona los procesos del **SGC** de acuerdo a los requisitos de la norma ISO 9001:2008 / NMX-CC-9001-IMNC-2008 y a los **Objetivos de la Calidad** de la compañía.

Cuando se planifiquen e implementen cambios en el **SGC**, la alta dirección revisará previamente los requisitos establecidos en la norma ISO 9001:2008 / NMX-CC-9001-IMNC-2008 y los **Objetivos de la Calidad** de la compañía para asegurar la integridad del **SGC**.

5.5 Responsabilidad, Autoridad y Comunicación

5.5.1 Responsabilidad y Autoridad

La constructora asegura que las responsabilidades y las autoridades son definidas y comunicadas a través de toda la compañía mediante la documentación del SGC. Mediante el **Organigrama** las **Descripciones de Puesto** del personal involucrado en el **SGC**.

5.5.2 Representante de la Dirección

La alta dirección designa al Representante de la Dirección del **SGC**.

El Representante de la Dirección tiene la responsabilidad y autoridad de:

- a) asegurar el establecimiento, implementación y mantenimiento de los procesos necesarios para el **SGC**;
- b) informar a la alta dirección sobre el desempeño del **SGC** y de cualquier necesidad de mejora;
- c) asegurar que se promueva la toma de conciencia de los requisitos del cliente en todos los niveles de la organización, y
- d) autorizar los cambios en cualquier documento del **SGC** debiéndolo reportar en la revisión por la dirección.

5.5.3 Comunicación Interna

La constructora cuenta con diversos mecanismos de comunicación entre los cuales se encuentran, pero no son limitativos y cuando aplique trípticos, minutas, comunicados, pláticas, juntas, reuniones, etc. los cuales se han establecido para:

- a) la comunicación interna entre los diversos niveles y funciones de la organización;
- b) recibir, documentar y responder a las comunicaciones pertinentes de las partes interesadas.

5.6 Revisión por la Dirección

5.6.1 Generalidades

La alta dirección revisa el **SGC**, a intervalos semestrales de acuerdo con los **Política de la Calidad** y los **Objetivos de la Calidad** para asegurar su conveniencia, adecuación y eficacia continua. Es responsabilidad del Representante de la Dirección registrar la información de entrada y de los resultados de la revisión.

5.6.2 Información de Entrada para la Revisión

La información de entrada para la revisión por la dirección incluye lo siguiente:

- a) los resultados de auditorías;
- b) la retroalimentación del cliente;
- c) el desempeño de los procesos y la conformidad del servicio;
- d) el estado de las acciones correctivas y preventivas;
- e) las acciones de seguimiento de revisiones por la dirección previas;
- f) los cambios que podrían afectar al sistema de gestión de la calidad, y
- g) las recomendaciones para la mejora.

5.6.3 Resultados de la Revisión

El resultado de la revisión por la dirección incluye todas las decisiones y acciones relacionadas con:

- a) la mejora de la eficacia del sistema de gestión de la calidad y sus procesos,
- b) la mejora del producto en relación con los requisitos del cliente, y
- c) las necesidades de recursos.

6 GESTION DE LOS RECURSOS

6.1 Provisión de Recursos

La constructora provee los recursos humanos, la infraestructura y el medio ambiente de trabajo necesarios para:

- a) implementar y mantener el **SGC** y mejorar continuamente su eficacia, y
- b) aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos

La asignación de los recursos se realizara de acuerdo a las necesidades de la organización.

6.2 Recursos Humanos

6.2.1 Generalidades

La constructora asegura mediante los requisitos establecidos en el presente manual que su personal es competente para desempeñar cualquier tarea dentro del **SGC** en base a su educación, formación, habilidades y experiencia.

6.2.2 Competencia, Formación y Toma de Conciencia

La constructora mediante el procedimiento documentado de **Recursos Humanos**:

- a) determina la competencia del personal;
- b) cuando es aplicable, proporciona formación o toma otras acciones para lograr la competencia necesaria;
- c) asegura que su personal es consciente de la pertinencia e importancia de sus actividades y de cómo contribuyen al logro de los objetivos de la compañía;
- d) mantiene los registros apropiados de la educación, formación, habilidades y experiencia (véase 4.2.4).

6.3 Infraestructura

La constructora determina, proporciona y mantiene la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto de acuerdo a las necesidades que se presenten y al **Procedimiento de Mantenimiento**.

6.4 Ambiente de Trabajo

La constructora determina y gestiona el ambiente de trabajo necesario para lograr la conformidad de los requisitos del producto. A través de una encuesta anual al personal que se determina anualmente a través del **Cuestionario de Ambiente de Trabajo**.

El ambiente de trabajo deberá estar relacionado con aquellas condiciones bajo las cuales se realiza el trabajo, incluyendo factores físicos, ambientales y de cualquier otro tipo como pueden ser:

- a) Ruido.
- b) Temperatura.
- c) Humedad.
- d) Iluminación.
- e) Las condiciones climáticas

7 REALIZACION DEL PRODUCTO

7.1 Planificación de la Realización del Producto

La constructora mediante los procedimientos de **Producción** determina:

- a) los objetivos de la calidad y los requisitos del servicio;
- b) los procesos, documentos y recursos específicos;
- c) las actividades de verificación, seguimiento, medición, inspección y ensayo específicas así como los criterios de aceptación durante el proceso en general de elaboración y en el servicio final, y
- d) los registros para proporcionar evidencia de que se cumplen con los requisitos establecidos.

7.2 Procesos Relacionados con el Cliente

7.2.1 Determinación de los Requisitos Relacionados con el Producto

La constructora mediante el procedimiento documentado de **Licitaciones** determina:

- a) los requisitos especificados por el cliente(Contratos),
- b) los requisitos no establecidos por el cliente pero necesarios para el uso especificado o para el uso previsto;
- c) los requisitos legales y reglamentarios aplicables al servicio, y
- d) cualquier requisito adicional que la compañía considere necesario.

7.2.2 Revisión de los Requisitos Relacionados con el Producto

La constructora revisa los requisitos relacionados con el servicio. Es responsabilidad del área de ventas realizar la revisión de los requisitos del producto, antes de comprometerse a proporcionar un producto al cliente para asegurar que:

- a) están definidos los requisitos del servicio;
- b) están resueltas las diferencias existentes entre los requisitos del contrato o pedido y los expresados previamente, y
- c) la compañía tiene la capacidad para cumplir con los requisitos definidos.

El área de licitaciones deberá de registrar y mantener los registros resultados de la revisión y de las acciones originadas por la misma (véase 4.2.4).

7.2.3 Comunicación con el Cliente

La constructora mediante las áreas de licitaciones proporciona servicio al cliente, estableciendo un canal de comunicación para atender las necesidades relativas a:

- a) la información sobre los productos;
- b) las consultas, contratos o atención de pedidos, incluyendo las modificaciones, y
- c) la retroalimentación del cliente, incluyendo sus quejas.

7.3 Diseño y Desarrollo

La constructora no realiza actividades de diseño y desarrollo (véase 1.2).

7.4 Compras

7.4.1 Proceso de compras

La constructora, se asegura que el producto adquirido cumple con los requisitos de compra especificados ver proceso de Compras. El tipo y el grado del control aplicado al proveedor y al producto adquirido, dependen del impacto que pudiera ocasionar el producto adquirido en la posterior realización del servicio.

- a) La constructora, evalúa y selecciona a sus proveedores en función de su capacidad para suministrar productos de acuerdo con los requisitos de la organización. Establece los criterios para su selección, evaluación y re-evaluación.
- b) Mantiene los registros de las evaluaciones y de cualquier acción necesaria que se derive de las mismas, a través del área de compras.

7.4.2 Información de las compras

El área de compras se asegura de la adecuación de los requisitos de compra antes de comunicárselos al proveedor. La información de las compras describe el producto a comprar, incluyendo cuando sea apropiado:

- Requisitos para la aprobación del producto, procedimientos, procesos y equipos.
- Requisitos para la calificación del personal.
- Requisitos del **SGC**.

7.4.3 Verificación de los productos comprados

En *La constructora*, establece e implementan las inspecciones y actividades necesarias, para asegurar que el producto comprado cumple con los requisitos de compra especificados.

Cuando *La constructora*, o el cliente quieran llevar a cabo la verificación en las instalaciones del proveedor, se deberá establecer dentro de la información para la compra las disposiciones para la verificación pretendida y el método para la liberación del producto.

7.5 Producción y Prestación del Servicio

7.5.1 Control de la Producción y de la Prestación del Servicio

La constructora, planea y lleva a cabo la fabricación de sus productos bajo condiciones controladas. La compañía mantiene y controla sus políticas, procedimientos e instrucciones de trabajo como sea necesario y esta información se encuentra disponible para aquellos que realizan la actividad.

7.5.2 Validación de los Procesos de la Producción y de la Prestación del Servicio

La constructora, excluye este punto de la norma debido a que valida el producto en las diferentes etapas del proceso de la producción y de la prestación del servicio (véase 1.2).

7.5.3 Identificación y Trazabilidad

Todos los servicios proporcionados por *La constructora*, son fácilmente identificados mediante los contratos.

El estado de los servicios que están sujetos a requisitos de inspección y evaluación es conocido, fácilmente disponible, y aplica a productos terminados, productos en proceso y materiales recibidos. La información requerida para rastrear e identificar los productos

es generada y registrada para facilitar la trazabilidad del producto desde la aceptación, el empaçado, el almacenamiento y la entrega al cliente.

7.5.4 Propiedad del Cliente

La constructora, identificará, verificará, protegerá y guardará propiedad intelectual. La privacidad y la seguridad de los documentos, particularmente aquellos que contengan información confidencial, será apropiadamente mantenido de acuerdo a requisitos legales y confidenciales de la compañía.

Cuando aplique, *La constructora*, identificará, verificará y protegerá la propiedad o producto del cliente, cuando sea proporcionado para usarlo o incorporarlo a los servicios de *La constructora*, Cualquier propiedad proporcionada por cliente que se encuentre extraviada, dañada, o que no se encuentre en condiciones de ser utilizada es reportada al cliente y los registros son mantenidos.

7.5.5 Preservación del Producto

La constructora, mantener la integridad del servicio, asegurar su identificación, procurar la contención del producto, cumplir con los requisitos del cliente y legales.

7.6 Control de los Equipos de Seguimiento y Medición

El equipo de inspección, medición y prueba utilizado para medir la conformidad del servicio con los requisitos especificados es mantenido, calibrado o ajustado de acuerdo a la **Lista de Dispositivos de Seguimiento y Medición**.

El equipo de medición es:

- Calibrado o verificado a intervalos especificados y comparado con patrones de medición trazables a patrones de medición internacionales o nacionales;
- Ajustado o reajustado según sea necesario;
- Identificado para determinar su estado de calibración;

- Protegido contra ajustes que pudieran invalidar el resultado de la medición; y
- Protegido contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento.

La constructora, evalúa y registra la validez de los resultados de las mediciones anteriores cuando se detecte que el equipo no está conforme con los requisitos. La constructora, tomará acciones apropiadas sobre el equipo y sobre cualquier producto afectado. Los registros de los resultados de la calibración y la verificación son mantenidos.

8 MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORA

8.1 Generalidades

La constructora, ha establecido procesos para la planeación, implementación, monitoreo, medición, análisis y mejora necesarios para:

- a) Demostrar la conformidad con los requisitos del producto,
- b) Asegurándose de la conformidad del SGC,
- c) Mejorar continuamente la eficacia del SGC

Así mismo *La constructora*, mantiene análisis para el desempeño de la conformidad de los **Objetivos de la Calidad**.

8.2 Seguimiento y Medición

8.2.1 Satisfacción del Cliente

La información relacionada con la satisfacción del cliente es determinada de la obtención de datos de diferentes fuentes incluyendo: el proceso de retroalimentación del cliente, encuestas de satisfacción al cliente y llamadas telefónicas. La información de estas fuentes es recopilada por el **RD** y revisada por la gerencia; sirve como base para mejorar continuamente los esfuerzos dirigidos a incrementar la satisfacción del cliente.

8.2.2 Auditoría Interna

La constructora, lleva a cabo auditorías internas al menos cada seis meses para determinar que las actividades de trabajo son consistentes con lo definido en el Sistema de Gestión de la Calidad, y asegurar su efectividad para lograr los objetivos establecidos por la organización.

Las auditorías internas son realizadas para:

- Asegurar que se producen, empaican, almacenan y distribuyen productos de acuerdo los procedimientos establecidos.
- Determinar la efectividad del Sistema de Gestión de la Calidad.
- Asegurar que los productos y servicios cumplen los requisitos de los clientes.
- Identificar oportunidades para la mejora continua.

La constructora, cuenta con un procedimiento documentado de **Auditoría Interna**.

8.2.3 Seguimiento y Medición de los Procesos

Las mediciones relacionadas con los procesos del **SGC** incluyen auditorías internas de calidad y otros indicadores de desempeño claves cuando sea aplicable. La información obtenida de estas mediciones es utilizada para determinar la efectividad del **SGC** e identificar oportunidades para la mejora continua de los procesos.

8.2.4 Seguimiento y Medición del Producto

Las características del servicio son verificadas, inspeccionadas o analizadas de acuerdo a las especificaciones y etapas establecidas en los procedimientos de producción. Los registros de la verificación de la conformidad de los servicios son mantenidos.

8.3 Control de Producto No Conforme

La constructora, se asegurará que el producto que no cumpla con los requisitos establecidos es identificado y controlado para prevenir su entrega no intencionada al cliente. El procedimiento documentado **Control de Producto No Conforme** establece los controles, las responsabilidades y autoridades relacionadas para tratar el producto no conforme.

8.4 Análisis de Datos

La constructora, para demostrar la idoneidad y la eficacia del **SGC** y para evaluar dónde puede realizarse la mejora continua de la eficacia del **SGC** mediante el área de calidad, determina, recolecta y analiza los datos generados del resultado (cuando aplique) de:

- el seguimiento y medición de la satisfacción del cliente;
- auditorías internas y externas;
- el seguimiento y medición de los procesos y del producto;
- las acciones correctivas y preventivas.

8.5 Mejora

8.5.1 Mejora Continua

La constructora, mejora la efectividad del **SGC** a través del uso de la Política de la Calidad, los Objetivos de la Calidad, los resultados de auditorías, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas y las revisiones por la dirección.

8.5.2 Acción Correctiva

La constructora, toma acciones para eliminar las causas de las no conformidades con objeto de prevenir que vuelvan a ocurrir. Las acciones correctivas son apropiadas a los efectos de las no conformidades encontradas.

El procedimiento documentado **Acción Correctiva** establece los requisitos para:

- a) revisar las no conformidades (incluyendo las quejas de los clientes);

- b) determinar las causas de las no conformidades;
- c) evaluar la necesidad de adoptar acciones para asegurarse de que las no conformidades no vuelvan a ocurrir;
- d) determinar e implementar las acciones necesarias;
- e) registrar los resultados de las acciones tomadas; y
- f) revisar la eficacia de las acciones correctivas tomadas.

8.5.3 Acción Preventiva

La constructora, determina acciones para eliminar las causas de no conformidades potenciales para prevenir su ocurrencia. Las acciones preventivas son apropiadas a los efectos de los problemas potenciales.

El procedimiento documentado **Acción Preventiva** establece los requisitos para:

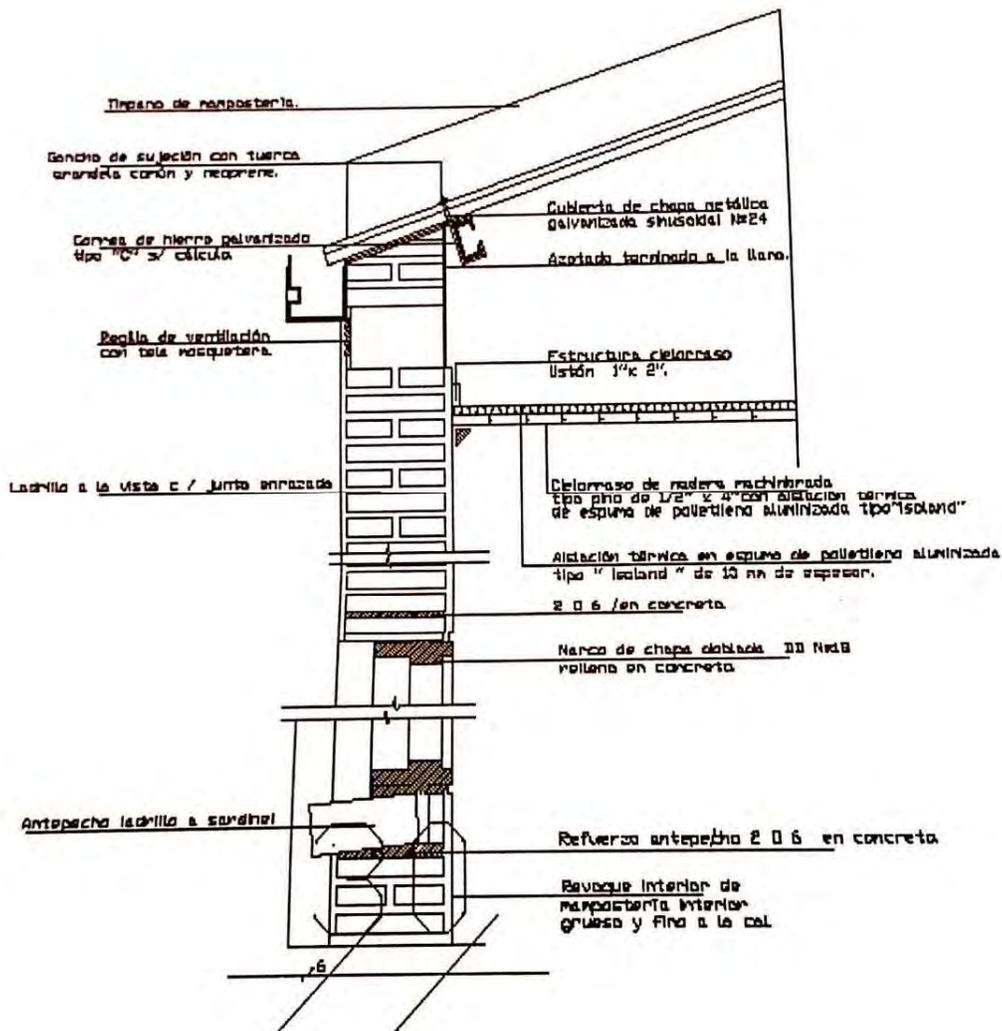
- a) determinar las no conformidades potenciales y sus causas;
- b) evaluar la necesidad de actuar para prevenir la ocurrencia de no conformidades;
- c) determinar e implementar las acciones necesarias;
- d) registrar los resultados de las acciones tomadas, y
- e) revisar la eficacia de las acciones preventivas tomadas.

9 REFERENCIAS

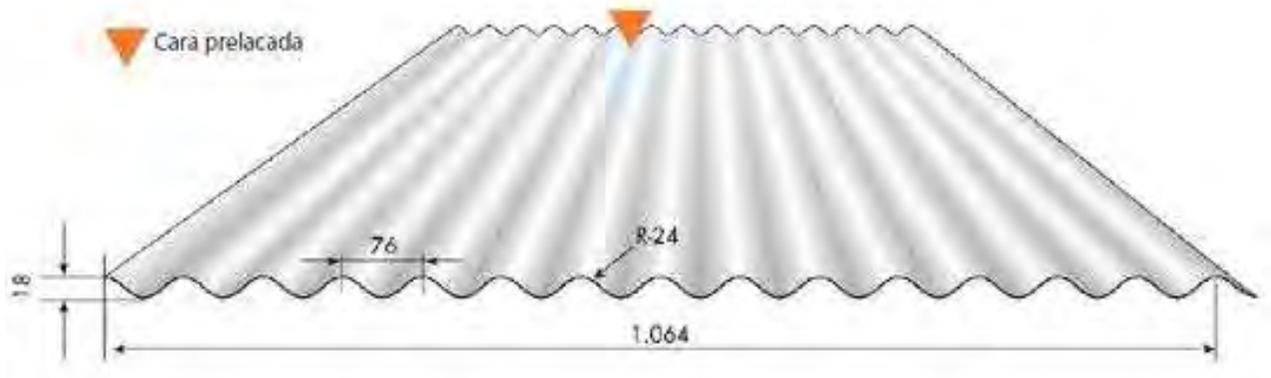
- ISO 9001:2008 / NMX-CC-9001-IMNC-2008. Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos.
- ISO 9000:2008 / NMX-CC-9000-IMNC-2008 Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario.
- Control de Documentos
- Control de Registros
- Auditoría interna
- Control de Producto No Conforme
- Acción Correctiva
- Acción Preventiva
- Licitaciones
- Compras
- Mantenimiento
- Almacén

Apéndice B. Caso práctico, control de calidad en una cubierta metálica

Descripción; aplicar técnicas para la gestión de calidad de un producto, en la cubierta metálica descrita en el siguiente esquema



Se trata de una cubierta metálica, en este caso chapa galvanizada sinusoidal sujeta mediante ganchos roscados + tuercas a correas de acero tipo "C", cuyas dimensiones se determinan según cálculo. A su vez se utiliza una arandela con neopreno, para evitar filtraciones.



Tempestad de ideas desarrollada

DISEÑO

- Cálculo de transmitancia térmica incorrectos.
- Selección de materiales aislantes y espesores incorrectos.
 - Esto incluye que la chapa metálica podría generar alguna deformación, por estar expuesta a radiación solar directamente.
- Falta de verificación de condiciones higroscópicas.
- Cálculo de resistencias erróneas.
 - Esto generaría a largo plazo acciones mecánicas como deformaciones producidas por una carga que según como trabaje el elemento, podrá resultar en una flecha excesiva o pandeo.

MATERIALES

- Elementos de fijación defectuosos.
 - Oxidados, con estrías incorrectas, cabezas de tamaño diferente.
- Chapa de mala calidad.
 - Que la chapa previamente haya sufrido un desgarro laminar imperceptible a simple vista y que posteriormente aparezca el dibujo escalonado en los tramos longitudinales.
- Ladrillos de muro vertical no aptos.
 - con salitre, sobre horneados, económicos, porosos.

- Morteros mal dosificados
 - Morteros que cuenten con materiales finos con gran contracción que genera fisuras, o que cuenten con materia orgánica.

RECEPCIÓN Y ACOPIO

- Acopio incorrecto y desprotegido.
 - A la intemperie, en contacto directo con humedad, lugar de tránsito frecuente.
- Exposición a golpes.
 - Expuesto a rayado, golpes y abolladuras.

CONSTRUCTIVOS

- Errores de montaje.
- Errores de anclaje y sujeción.
 - Si el anclaje es incorrecto con el tiempo puede aflojarse, luego romper su anclaje y así permitir la entrada de aire o agua. Las unidades flojas también pueden vibrar y golpetear con el viento y terminar por producir lesiones.
- Errores en Soldadura.
 - Que se generen grietas, fusión incompleta, penetración incompleta o inclusiones de escoria.
- Errores de nivelación.
- Errores de unión a otros sistemas constructivos.
- Juntas mal ejecutadas.
- Terminaciones de mala calidad.

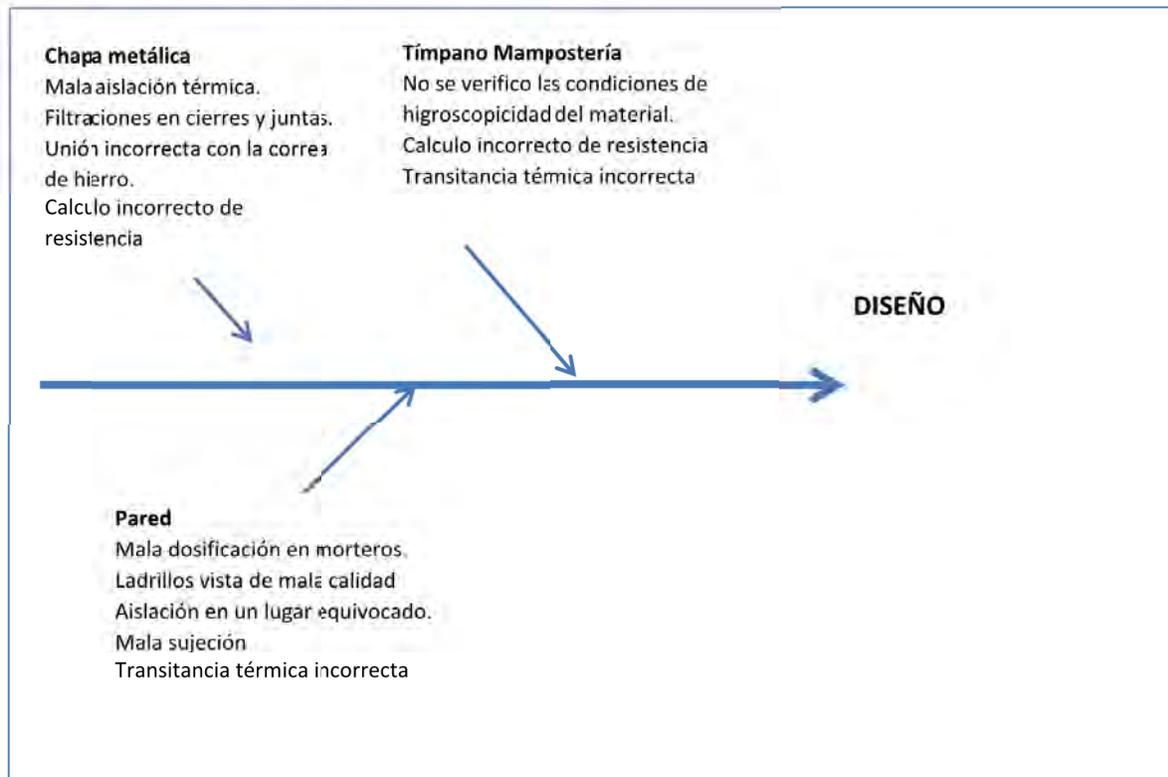


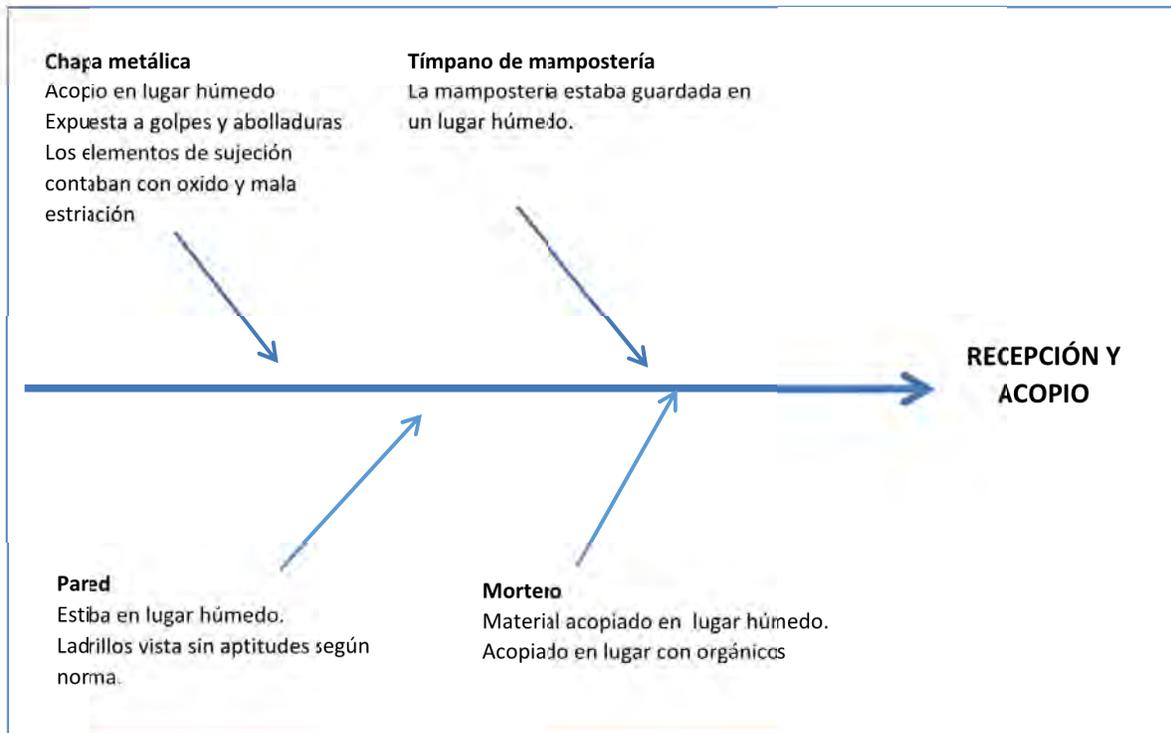
MANTENIMIENTO

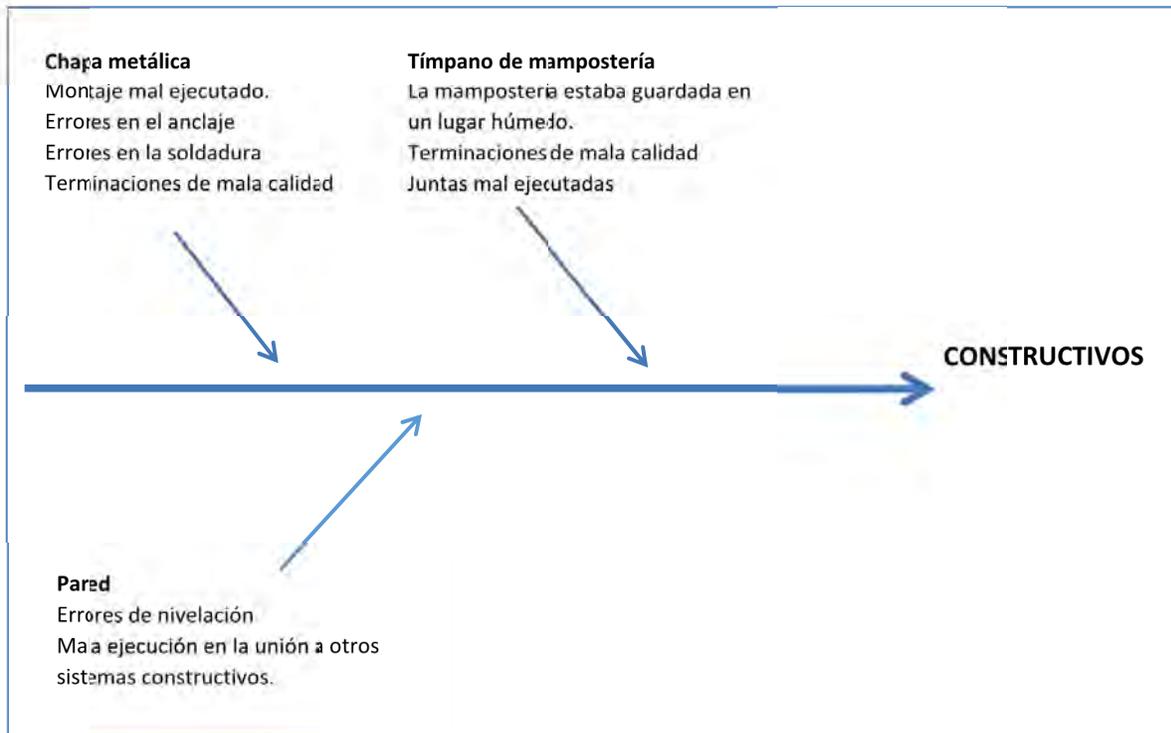
- Falta de mantenimiento
 - Filtraciones debidas a sellador, masillas y juntas deterioradas.

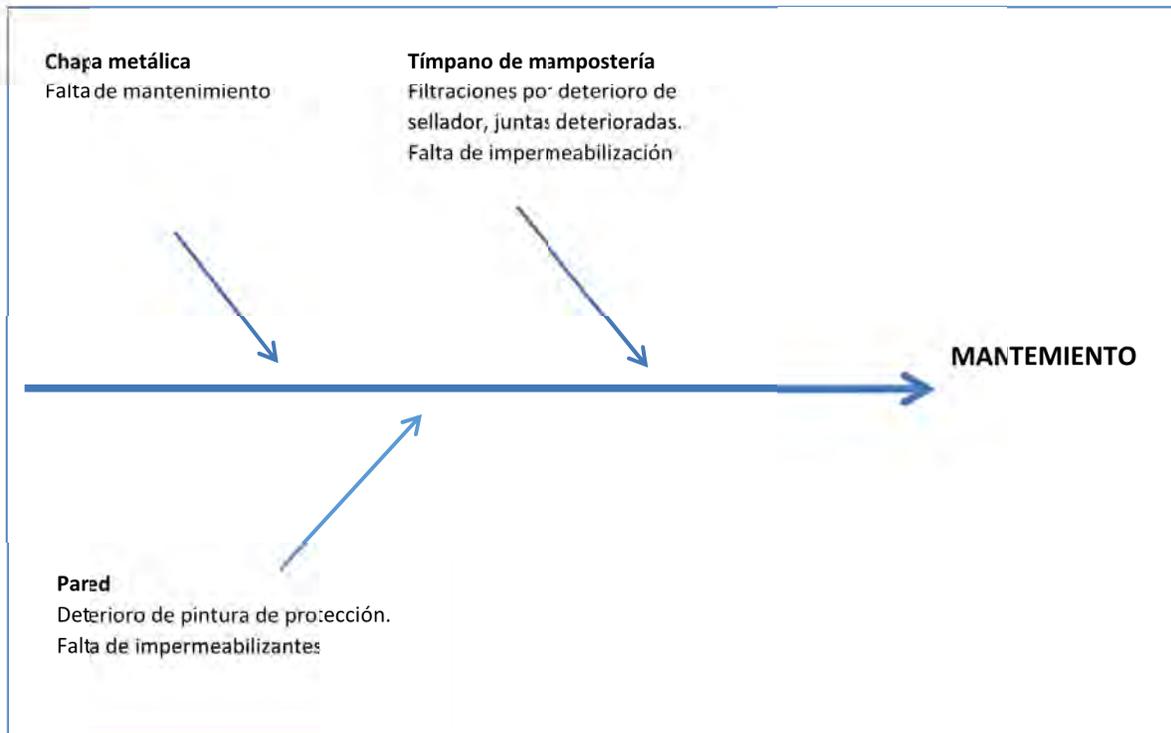
- Falta de pintura, impermeabilizante.

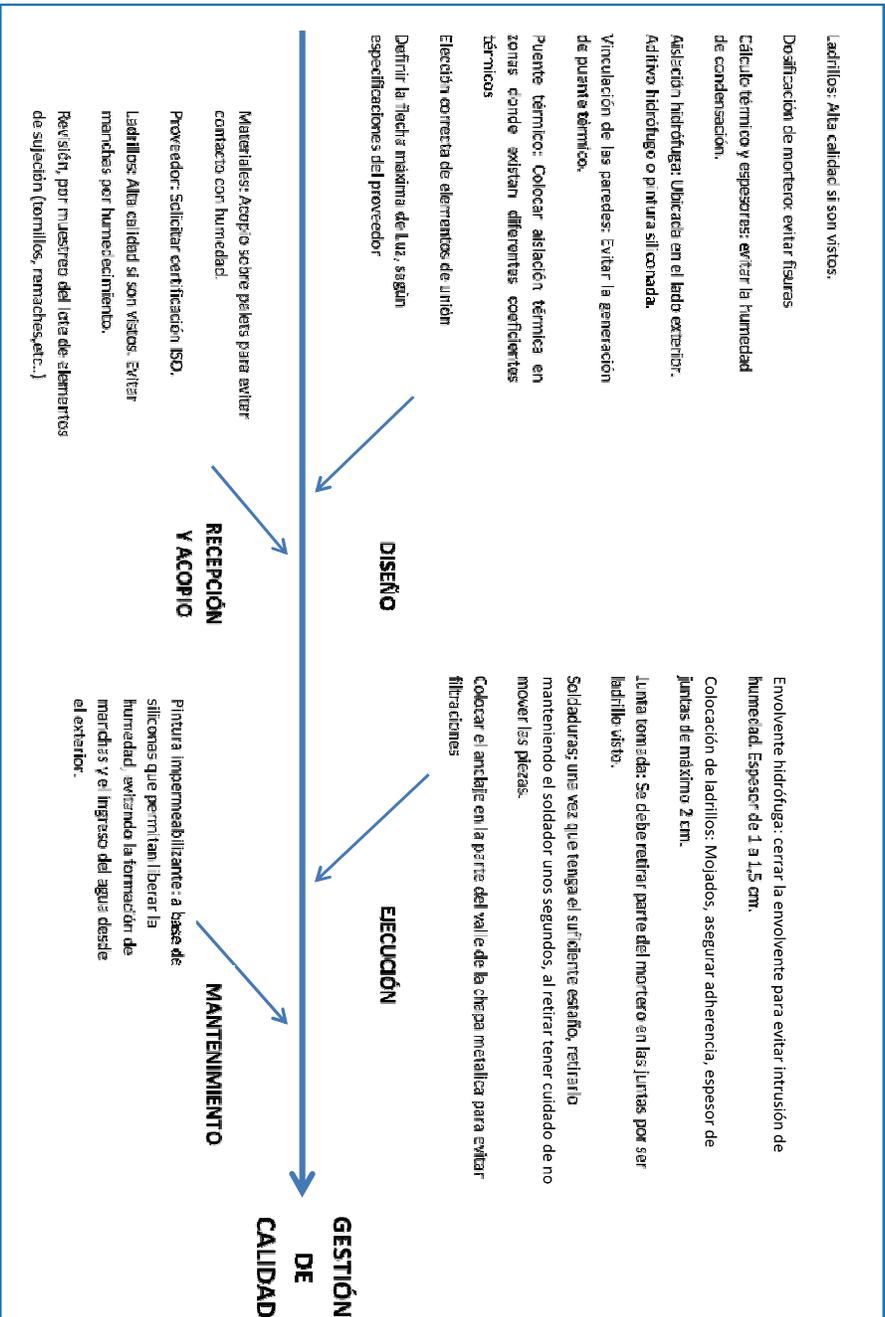
2.7 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO











Apéndice C. Petrografía

Índice

¿Qué es petrografía?.....	148
Estudio Petrográfico.....	148
Observación del agregado.	150
Ejemplo de exámenes petrográficos en agregados.....	150
Petrografía de rocas ígneas.....	150
Petrografía en rocas sedimentarias.	151
Petrografía de rocas metamórficas.....	153
Resultados del estudio petrográfico.	154
Ejemplo de Informe técnico de agregados	155
Petrografía del Concreto.....	159
Normatividad aplicable	160
Previo al Estudio Petrográfico.....	161
Muestreo.....	161
Imágenes de un concreto Sano petrográficamente.	162
Patología Observada en el Concreto.....	163
Indicé de Valoración de Daño (DRI)	165
¿Cómo funciona?	165
¿Qué nos dice?.....	167
Análisis de Espacios Vacíos en Concreto.....	167
Conclusiones	170

¿Qué es petrografía?

La Petrografía es un campo de la petrología que se ocupa de la descripción y clasificación de las rocas mediante la observación microscópica de secciones o láminas delgadas derivadas de las rocas en estudio, se utiliza un microscopio petrográfico, clasificándolas según su textura y composición mineralógica. Este tipo de análisis revela una serie de características y propiedades evaluables en los cristales y la relación que existen entre ellos, lo que va a ayudar a determinar la composición de la roca centrándose principalmente en la naturaleza y origen de la misma.

Una roca no es una agrupación casual de minerales, tales agrupaciones responden a ciertas condiciones de formación y, a través de los minerales se pueden estudiar dichas condiciones, como las propiedades ópticas cuando la luz polarizada pasa o se refleja sobre ellos (Mineralogía Óptica).

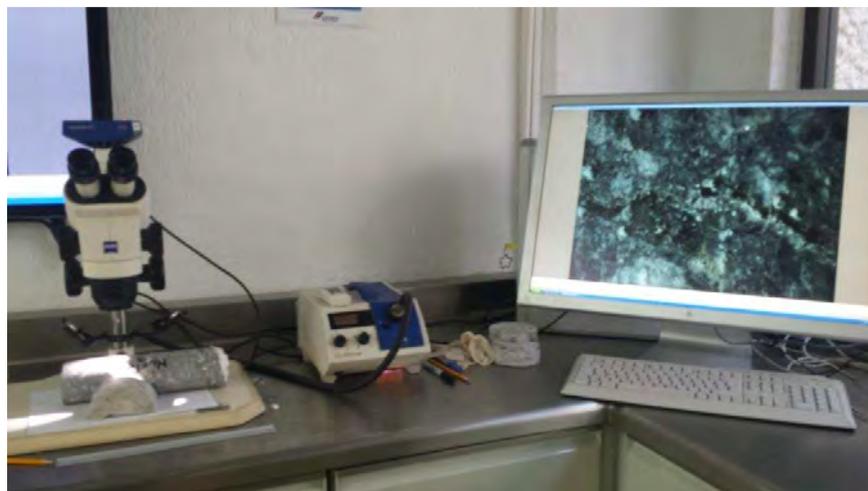
Del gran conjunto de minerales conocidos en la naturaleza sólo un grupo reducido de unos cincuenta, denominados petrogénicos o petrográficos, desempeñan un papel fundamental en la formación de las rocas; los principales son: silicatos los cuales son los componentes más importantes, carbonatos, sulfatos, sulfuros, cloruros, fosfatos, óxidos e hidróxidos, estos componentes son importantes para el objeto de estudio, ya que según la presencia de los mismos, es lo que nos permitirá o no su uso para la elaboración del concreto.

De todos los minerales que forman una roca, se diferencian los componentes primarios y los secundarios; los primarios incluyen a los esenciales que dan nombre a la roca y se presentan de una manera constante y los accidentales o accesorios que su presencia no es tan indispensable para la clasificación de la roca; los minerales secundarios son aquellos que se originan por la transformación o alteración de minerales primarios.

Estudio Petrográfico.

Un estudio petrográfico requiere, en primer lugar, del examen físico de la roca (descripción megascópica) que nos brinde información sobre el aspecto, textura, color, dureza, tamaño de grano o granularidad de la roca.

Si bien el examen megascópico a simple vista el cual se realiza con lupa de afloramientos y rocas proporciona información, la mayoría de los datos más precisos, necesarios para un estudio petrográfico, se obtienen con el empleo del microscopio petrográfico.



La descripción microscópica consiste en determinar la composición mineralógica, los rasgos de textura, con lo que será posible obtener información de donde se originó la roca; también se determina la forma y color de los cristales, tipo u origen de cada mineral (primarios o secundarios), la textura, la relación mutua entre los minerales y asociaciones minerales, así como la matriz o cementante en caso que esté presente. Cada tipo de roca tiene características microscópicas específicas muy importantes en una

clasificación. Cabe señalar que ambos análisis en conjunto (megascópico y microscópico) brindan los parámetros necesarios para describir y clasificar acertadamente una roca.

2.8 Observación del agregado.

Cuando los constituyentes son tan pequeños que no son apreciados a simple vista se dice que la roca presenta textura afanítica, y cuando los cristales pueden ser apreciables a simple vista o con lupa se le denomina fanerítica.



2.9 Ejemplo de exámenes petrográficos en agregados

2.9.1 Petrografía de rocas ígneas.

La petrografía de rocas ígneas se apoya en su textura. Las texturas de las rocas ígneas dependen de las condiciones de su origen. Algunas están compuestas totalmente por cristales (holocristalinas), otras por vidrio (holohialinas), otras contienen vidrio y cristales (hipocristalinas o merocristalinas), y otras de cristales incipientes extremadamente pequeños (microlitos), cuando la mayoría de los minerales de una roca son aproximadamente equidimensionales o iguales la textura será granular. Toda esta gran variedad de rasgos texturales determinan el origen, por ejemplo: muchas de las rocas holocristalinas de grano medio a grueso son intrusivas y muchas vítreas y afanitas son volcánicas. Las rocas piroclásticas cenizas y tobas pueden distinguirse porque presentan una textura, también llamada piroclástica, donde se distinguen vidrios, cristales y fragmentos de roca principalmente.

HIPOABISALES
(porfídica)



VÍTREAS
(holohialina)



PIROCLÁSTICAS



PLUTÓNICAS
(holocristalina)



VOLCÁNICAS
(microlítica)



2.9.2 Petrografía en rocas sedimentarias.

En la petrografía de rocas sedimentarias se observa el tipo de componente que se presenta en la textura y puede ser de dos clases según su origen: alogénicos o detríticos originados fuera del área de depósito y los autígenicos o químicos originados por precipitación química, ya sea dentro de la cuenca de depósito,

o posteriormente con el depósito sedimentario mismo. Muchas rocas sedimentarias son mezclas de estos dos componentes, realmente son pocas las rocas puramente detríticas o puramente químicas. La descripción y clasificación de las rocas sedimentarias comunes está en función de sus constituyentes: dos típicamente alogénicos y dos típicamente autigénicos.

Alogénicos:

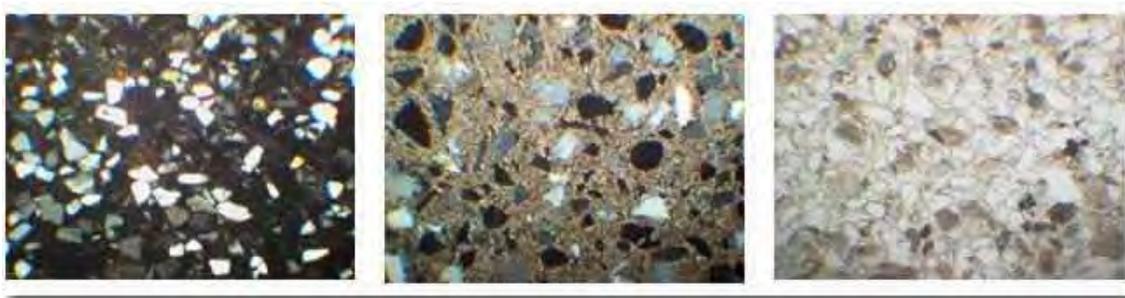
- Arena, limo y guijarros. Granos detríticos que están formados principalmente de cuarzo, otros silicatos y fragmentos de roca.
- Arcilla y limo fino. Pequeños granos detríticos que están formados principalmente de arcilla e incluyen otros minerales de grano fino tales como sericita, clorita y pequeños fragmentos de cuarzo.

Autigénicos:

- Carbonatos de calcio. Principalmente calcita y dolomita.
- Pedernal. Sílice precipitada en forma de ópalo, calcedonia o cuarzo microgranular.

Por lo tanto, las texturas de las rocas sedimentarias se dividen en dos grandes grupos: las clásticas y las no clásticas. A las clásticas pertenecen las rocas detríticas; sus partículas, pueden tener cualquier tamaño, forma o composición y pueden estar empaquetados en cualquier estilo, ya sean sueltos, apretados o rodeados por una matriz o cemento. En cambio, las texturas no clásticas pertenecen a las rocas químicas y están formadas de numerosos cristales entrelazados y tan amoldados entre sí, que no tienen poros intergranulares, van desde tamaños muy pequeños a más grandes, presentando también una gran variedad de formas y límites, que pueden ser lisos, irregulares o redondeados.

EJEMPLOS DE TEXTURAS SEDIMENTARIAS



DIFERENTES TEXTURAS CLÁSTICAS O DETRÍTICAS EN ARENISCAS



TEXTURA CRISTALINA EN CALIZA

TEXTURA MICROCRISTALINA
EN CALIZA

CALIZA ORGANICA

2.9.3 Petrografía de rocas metamórficas.

En la petrografía de rocas metamórficas se observa una textura que resulta del crecimiento de los cristales (recristalización), generalmente causada por diferentes especies minerales que compiten entre sí por el espacio, no en un medio fundido, como las rocas ígneas, sino en un medio sólido. Lo anterior provoca que las diferencias en las propiedades de cada mineral se reflejen en los detalles texturales de la roca. Los rasgos más característicos de una textura metamórfica son citados en los siguientes términos:

- Cristaloblástica o granoblástica. Cualquier textura que resulta del crecimiento de cristales durante el metamorfismo.
- Porfidoblástica. Cuando grandes cristales están asociados con granos mucho más pequeños de otros minerales.

En ambos casos se implica el desarrollo durante la recristalización metamórfica, con la cual se destruye parcialmente una textura preexistente.

- Esquistosidad (foliación). Este término se aplica a cualquier estructura paralela, de origen metamórfico, que causa una fisibilidad más o menos planar en una roca. Pizarrosa. Cuando la fisibilidad planar de los cristales es menos acentuada. Gnéisica. Cuando la foliación es todavía menos notable que la anterior, la presentan las rocas irregularmente bandeadas de grano grueso.



Resultados del estudio petrográfico.

Posterior a la observación de la roca, se determinara:

- Su origen, características texturales (textura y color)
- Composición mineralógica (la matriz con la que está compuesta el agregado)
- Grado de meteorización/alteración (descomposición de los agregados y/o las rocas, que ocurre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera)
- Grado de fracturamiento (pérdida de la continuidad entre dos partes del cuerpo rocoso)
- Clasificación litológica (especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante.
- Aplicación (Condiciones del material)
- Color, dureza
- Calidad física, química
- Porosidad, Textura superficial
- Adherencias, Contaminación

2.10 Ejemplo de Informe técnico de agregados

INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE AGREGADOS DEL BANCO TOTOLAPAN

1. Antecedentes

El análisis petrográfico de agregados para concreto, consiste en determinar las propiedades físicas y químicas de las rocas que tienen relación con la calidad y aprovechamiento para ser empleadas como agregado para concreto, en el se describen y clasifican los componentes de la muestra para determinar cantidades relativas con el fin de evaluar las propiedades que se relacionan con la calidad del material, la muestra se ensaya de acuerdo a la metodología descrita en la norma **NMX C – 111- ONNCCE-2004 y NMX C-265-ONNCCE-2010**.

2. Datos del cliente

Nombre del Cliente:

Dirección:

3. Datos de la muestra

Identificación	Descripción
1	Estado de la muestra: Bueno Procedente del Banco: xxx Muestreo realizado por: Joel Pérez Tipo de Muestra: Grava 20 mm Proyecto/Obra/Plaza: Central de ciclos Fecha de muestreo: 02-mar-2016

	Recepción: 02-mar-2016
--	------------------------

4. Métodos de ensayo

NMX - C - 265 – ONNCCE - 2010 "Análisis Petrográficos de Agregado para Concreto".
(incluir acreditación y alcance)

5. Equipo Utilizado

Microscopio estereoscópico Carl Zeiss Stemi 2000-C No Serie 0000041191

Microscopio petrográfico Carl Zeiss Axio Imager A1m No Serie 3519000707

Cámara AxioCam MRc . No Serie 2 48 06 0789 r3.

6. Resultados

Laboratorio de Petrografía
Análisis Petrográfico de Grava
NMX - C - 265 - ONNCCE
"Análisis Petrográficos de Agregado para Concreto".

Fecha:	02 de febrero de 2016	Clave:	[Redacted]
Tipo de Material:	Grava 20 mm	Consecutivo:	PAG 139
Nombre del Banco:	Beko	Envió:	[Redacted]
Origen del Material:	Ejido San José	Ensayó:	[Redacted]

Litología del material: **Basalto**

Modo de Fragmentación Natural Triturada Mixto

Litologías Identificadas

Litología:	Basalto	Porcentaje:	100%
Color:	Gris	Dureza:	6

Forma:	<input type="radio"/> Equidimensional	<input checked="" type="radio"/> Prismática	<input checked="" type="radio"/> Tabular	<input type="radio"/> Laminar
Redondez:	<input type="radio"/> Redondeada	<input type="radio"/> Subredondeada	<input checked="" type="radio"/> Subangulosa	<input checked="" type="radio"/> Angulosa
Textura Superficial:	<input type="radio"/> Lisa	<input type="radio"/> Careada	<input checked="" type="radio"/> Áspera	<input type="radio"/> Porosa
Sanidad:	<input checked="" type="radio"/> Buena	<input type="radio"/> Regular	<input type="radio"/> Mala	
Adherencias:	<input type="radio"/> Sí	<input checked="" type="radio"/> No	Tipo:	[Redacted]
Porosidad:	<input type="radio"/> Sí	<input checked="" type="radio"/> No	Distribución:	[Redacted]
Calidad Física:	<input checked="" type="radio"/> Buena	<input type="radio"/> Regular	<input type="radio"/> Mala	
Calidad Química:	<input checked="" type="radio"/> Inocua	<input type="radio"/> Potencialmente Deletérea	<input type="radio"/> Deletérea	

Nota 1: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada, es responsabilidad del personal encargado del muestreo que las muestras enviadas sean representativas.

7. Conclusiones

La muestra de grava del Banco Beko, presenta buena calidad física, químicamente el material se considera inocuo por lo que es apto para su uso en concreto.

“Según norma NMX C 265 El resumen de los datos petrográficos debe ser claro e inteligible para el ingeniero que tiene la responsabilidad de decir si el agregado es adecuado para emplearse en el concreto” NMX-C-265-ONNCCE-2010 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - AGREGADOS PARA CONCRETO - EXAMEN PETROGRAFICO - METODO DE PRUEBA BUILDING INDUSTRY - AGGREGATES FOR CONCRETE -PETROGRAPHIC EXAMINATION - TEST METHOD.

1. Anexo fotográfico



Muestra de agregado de grava del banco

Petrografía del Concreto.

La Petrografía del Concreto por lo general es necesaria cuando el concreto no se ha desempeñado según las expectativas. En ocasiones el informe petrográfico se ha asociado a un proceso de litigio, razón por la que se le concede un nivel de importancia adicional. A diferencia de los métodos simples de ensayo como la resistencia a la compresión, tracción, la petrografía no tiene un procedimiento único, cuyos resultados no contiene datos sencillos o comparables con resultados de otros ensayos.

La petrografía utiliza un conjunto de técnicas, principalmente basadas en microscopía óptica. Se selecciona cuidadosamente el sitio donde se toman los testigos, y después del primer análisis magoscopico se determinara si es necesario una muestra más detallada, llevando una parte del testigo a lapidar para que aparezca la creación de una muestra de 0.03 micrometros, para poder aplicar un estudio detallado en el microscopio petrográfico y de reflexión de rayos.



Ilustración 1 Muestras de Concreto



Ilustración 2 Láminas de concreto



Ilustración 3 Microscopio Petrografico

2.11 Normatividad aplicable

La Norma ASTM C856 “Práctica Estándar para Examen Petrográfico al Concreto Endurecido”, describe las técnicas que se pueden utilizar para este estudio. La información que se puede obtener incluye el tipo de agregados y si éstos han tenido alguna reacción, el contenido de aire incluido, 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.

2.12 Previo al Estudio Petrográfico.

Es importante que previo a realizar el estudio petrográfico de algún concreto es de vital importancia tener el diseño de la mezcla, para poder tener un parámetro al momento de analizar, como lo son:

- Tipo de agregado
- El tamaño máximo nominal del agregado
- El cemento utilizado para su elaboración
- Inclusión de aire
- Aditivos utilizados
- Inclusión de fibras
- Recomendaciones para el curado del concreto (curado rápido, hielo, vapor, etc...)

También es necesario que tengamos acceso a documentos tales como especificaciones de proyecto, y requisiciones de entrega de concreto, puedan ser de mucha utilidad.

Las fotografías pueden ser útiles; también son necesarios croquis especialmente cuando se intenta encontrar las causas de una determinada manifestación que se encuentre localizada en algún sector de la estructura. 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.

2.12.1 Muestreo

En el muestreo, lo correcto es que el ingeniero o técnico especialista con experiencia, decida dónde y cómo se tomarán las muestras para su análisis. Se suelen tomar pocas muestras que sean representativas del problema. Se deben considerar algunas pautas para la toma de muestras, como el asegurarse de tomar una muestra que incluya el problema que nos preocupa y otra en un área comparable, que se encuentre libre del problema.

Por ejemplo, si se están investigando las causas del agrietamiento en el concreto, se debe tomar una muestra del material en la grieta y otra de una zona cercana, que se encuentre libre del daño; comparando los resultados de una y otra zona, y revisando toda la información disponible se podrán llegar a obtener resultados potencialmente útiles.

Las muestras se tomarán directamente de la estructura o de partes de esta, y no de segmentos fracturados encontradas en campo, que muchas veces representan el área más débil o donde los esfuerzos fueron los

máximos obtenidos, pero no necesariamente representativos del material típico. Adicionalmente, la zona alrededor de las grietas puede sufrir desprendimientos o contaminaciones, de ahí que se recomiende el estudio de especímenes, que se encuentren lo más sanos posible.

Es necesario asegurarse de que las muestras sean lo suficientemente grandes como para hacer las pruebas necesarias. No es recomendable utilizar para el análisis petrográfico las muestras que ya han sido utilizadas para ensayos de resistencia a compresión.

Es importante etiquetar y envolver adecuadamente las muestras. Se debe asegurar la muestra para que no se dañe en el traslado.

2.12.2 Imágenes de un concreto Sano petrográficamente.

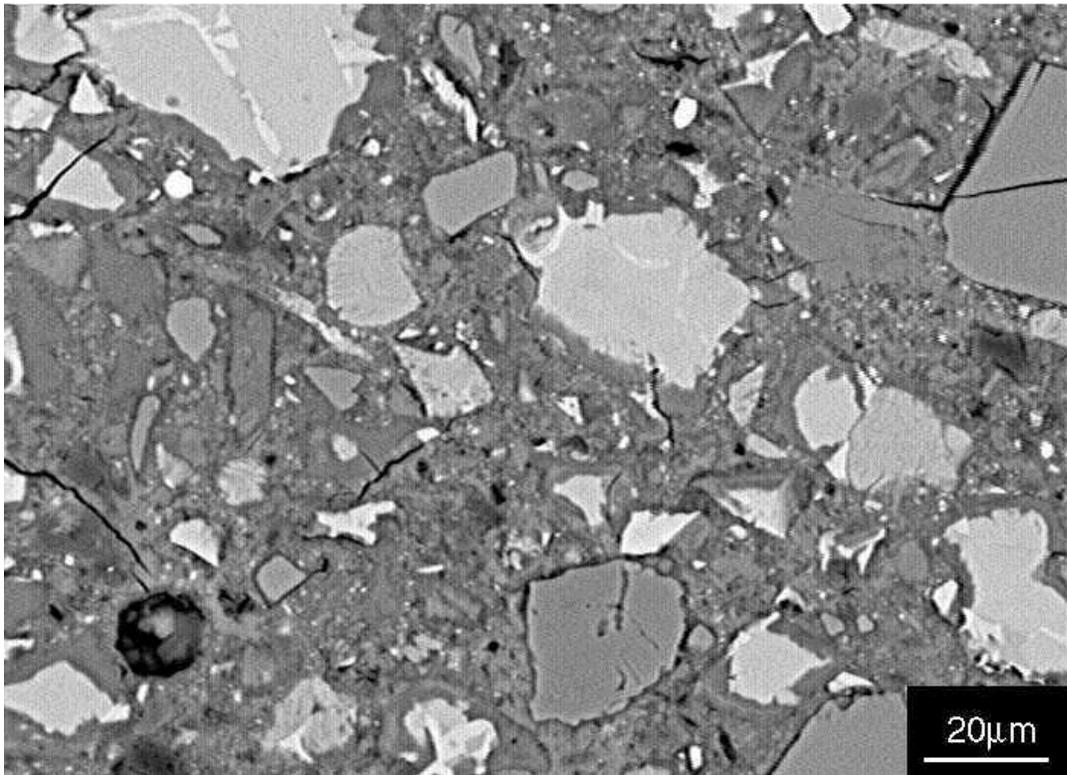


Ilustración 4 Petrográfico acercamiento 80 x

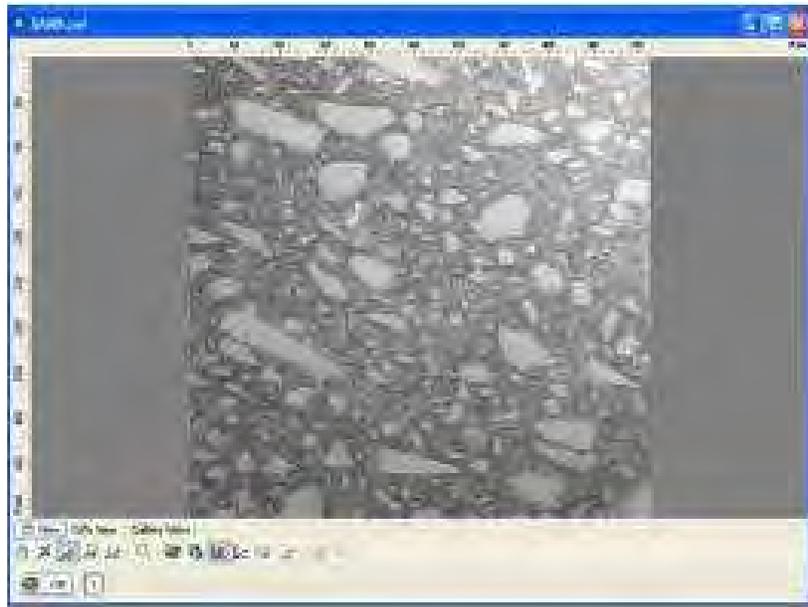


Ilustración 5 Microscopia de tomada con AxoVIsion

En esta microscopia se observa un concreto en estado sano.

El agregado cumple con las normas; se observa que no son partículas escamosas ni excesivamente alargadas, se encuentra distribuido de manera correcta, ya que hay partículas de los distintos tamaños nominales a lo largo de la muestra, lo que significa que no hubo segregación del material.

La pasta de igual manera se observa sana, la coloración a lo largo de la muestra es homogénea lo que significa que la colocación fue adecuada, no hubo un exudado excesivo, no se modificó la cantidad de agua de diseño, la vibración y compactado fue el idóneo, porque no hay muestra de espacios vacíos en la muestra.

2.13 Patología Observada en el Concreto

La muestra testigo, muestra agrietamiento aleatorio, en el análisis magoscopico muestra que algunas grietas parten de oquedades del concreto, se realizó un laminado de la muestra para poder observar con mayor detalle las oquedades, al realizar dicho acercamiento se ve que dentro de las oquedades se encuentra una contaminación con materia orgánica, este fallo fue realizado en la obra, en el momento de construcción los encofrados no fueron verificados y tuvieron desprendimientos, los cuales quedaron en las oquedades, generando grietas debido a la expansión térmica del material.



Ilustración 6 Testigo de Concreto con acercamiento de 65 x



Ilustración 7 Testigo de concreto con acercamiento de 80 x



Ilustración 8 Laminado de Concreto con acercamiento de 120 x

2.14 Indicé de Valoración de Daño (DRI)

El índice de valoración de daños (DRI por sus siglas en inglés) es un método petrográfico desarrollado para evaluar la extensión del daño en el concreto causado principalmente por la reacción álcali-sílice (ASR por sus siglas en inglés).

El DRI se encuentra dentro del Volume 24, Issue 2 ASTM “The Damage Rating Index Method for ASR Affected Concrete—A Critical Review of Petrographic Features of Deterioration and Evaluation Criteria”

Es una herramienta que permite analizar más a fondo la extensión del daño en el concreto por ASR. El DRI se aplica a probetas extraídas en campo de las estructuras afectadas, para poder así emitir una evaluación de la causa del deterioro.

Esta prueba también ha sido útil para determinar que secciones o elementos estructurales sufrirán ASR más que otros, al igual que los esfuerzos mecánicos en aeropuertos, estructuras retenedoras de agua, etc.,

2.14.1 ¿Cómo funciona?

Una muestra de concreto se extrae de la estructura y se prepara para la evaluación petrográfica. El espécimen de concreto generalmente se corta axialmente en dos, proporcionando una superficie máxima de área. Posteriormente la superficie se pule y se segmenta en cuadrados de (1cm x 1 cm)



Ilustración 9 Muestra preparada para DRI

Posteriormente se procede a observar la muestra en el estereomicroscopio, se recomienda como mínimo analizar 200 cuadros para que el análisis sea válido. Este número puede ser mayor en caso de que la muestra de concreto contenga mayores partículas de agregado.

Se observan las siguientes características en cada uno de los cuadros y se multiplican por un factor de ponderación, el cual representa la importancia relativa de cada una de las características en el proceso de ASR

Características	Abreviación	Factor de ponderación
Grietas en agregado grueso	CCA	X 0.75
Grietas en agregado grueso + gel	C+GCA	X 2.0
Grietas abiertas en agregado grueso	OCCA	X 4.0
Agregado grueso desprendido	CAD	X 3.0

Bordes con reacción	RR	X 0.5
Grietas en la pasta	CCP	X2.0
Grietas + gel en la pasta	C+GCP	X 4.0
Gel en los espacios Vacíos	GAV	X 0.5

2.14.2 ¿Qué nos dice?

A pesar de que no hay valores arbitrarios que nos indiquen la severidad del ataque por ASR, los valores mayores a 50 sugieren que se lleven medidas para contrarrestar la misma.

2.15 Análisis de Espacios Vacíos en Concreto.

Un análisis auxiliar basado en ASTM C 457: "Método de prueba estándar para determinación microscópica de los parámetros del sistema de vacío de aire en el concreto endurecido", o la prueba realizada según EN 480-11 "determinación de las características de vacío de aire en el concreto endurecido".

Los parámetros del sistema de espacios vacíos en concreto endurecido determinada por los procedimientos descritos en este método de prueba, se relacionan con la susceptibilidad de la porción de la pasta de cemento del concreto al daño por congelación y descongelación. Por lo tanto, este método de prueba puede utilizarse para elaborar datos para estimar la probabilidad de daño debido a la congelación y descongelación cíclica o explicar por qué ha ocurrido. El método de ensayo también puede utilizarse como complemento para el desarrollo de productos o procedimientos destinados a mejorar la resistencia del concreto a la cíclica de congelación y descongelación

Se puede utilizar equipos como el Rapid Air 457 el cual analiza la matriz cementante automáticamente, marcando los espacios vacíos, para una medida posterior.

De no contar con el equipo previamente mencionado se procede a realizar un análisis manual con un estereoscopio, apoyados con un software el cual nos ayudara a obscurecer la microscopia, para poder resaltar los espacios vacíos de la pasta y los agregados, se debe tener cuidado que al medir los espacios vacíos que estemos midiendo en la escala en la que fue tomada la microscopia, para tener un valor correcto del área que ocupan los vacíos



Ilustración 10 Equipo Rapid Air

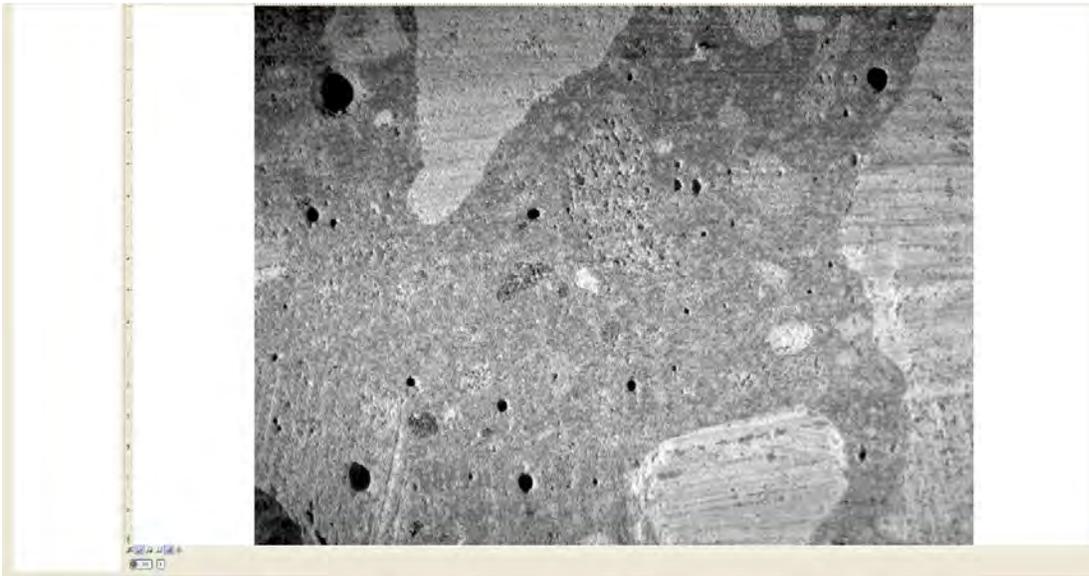


Ilustración 11 Observación previa al análisis de espacios vacíos

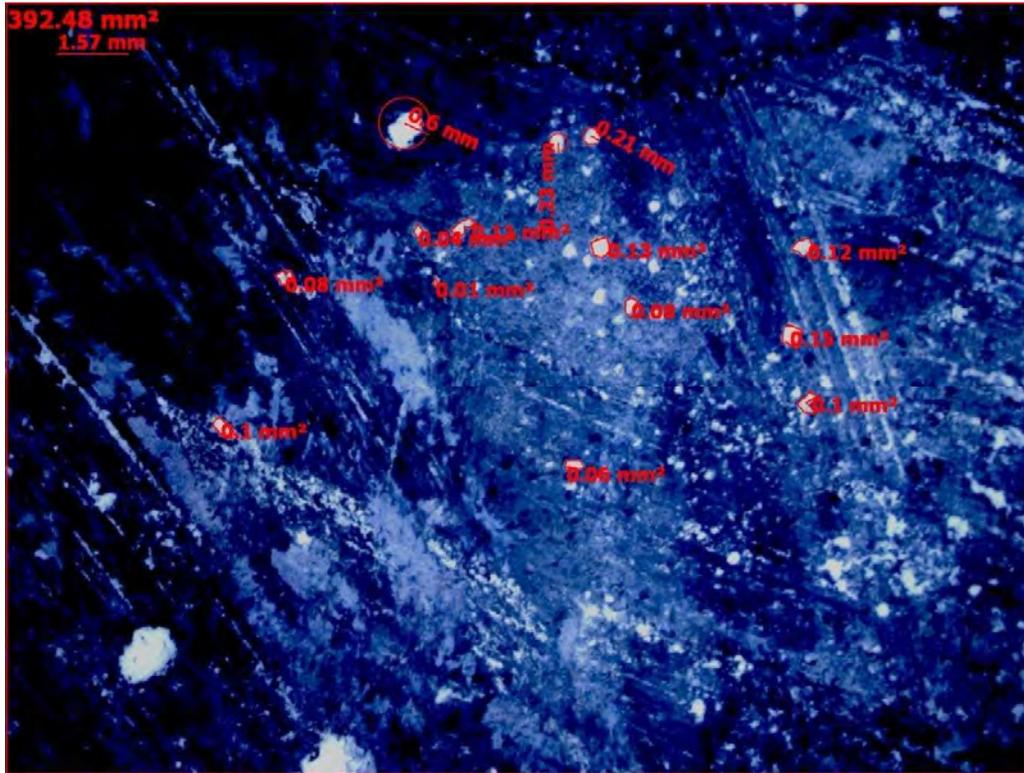


Ilustración 12 Void Analysis con Rapid Air

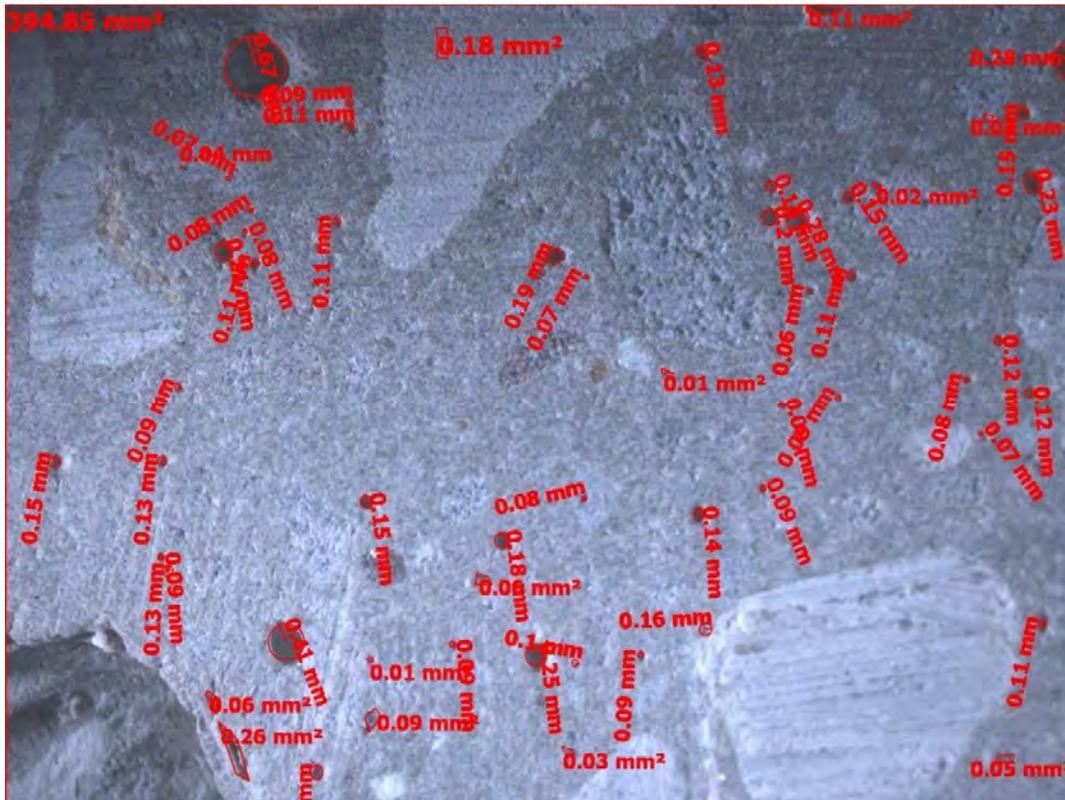


Ilustración 13 Void Analysis con Estereoscopio

Como podemos observar ambos análisis nos marca los espacios vacíos que se encuentran en las muestras analizadas, varía la precisión con la que nos marca el área afectada por vacíos, pero es una diferencia despreciable. Con este análisis podremos finalmente emitir el informe de cómo se afecta el concreto actualizado por los congelamientos y descongelamientos cíclicos. Para que se tomen las medidas necesarias de protección.

2.16 Conclusiones

Es importante tener en cuenta que la petrografía de concreto se trata de un estudio costoso y generalmente es demorado, en el que se necesita tener la mayor cantidad de información posible, ya que en la medida que el especialista o petrografo disponga de más información, el informe técnico emitido al final del estudio será más completo y provechoso.

De la misma forma en que una persona no debe acudir a su médico para un diagnóstico sin comentarle antes acerca de los síntomas que está sufriendo, no se deberá enviar jamás una muestra a un petrografo, sin que se proporcione más información al respecto de esta. La información que se le deberá dar al petrografo incluye los síntomas observados como pueden ser agrietamiento, descamación 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 el colado y aparición del daño.

Apéndice D. Plan de Inspección y Pruebas

ACTIVIDAD	PRUEBA/INSPECCIÓN	ORGANISMO	NORMATIVA O ESPECIFICACION DE PRUEBA	SECCIÓN PARALELA DE LA ZONA	FRECUENCIA	DOCUMENTACIÓN GENERAL	RESPONSABLE	REGISTROS	MATERIAL DE RELLENO	MEJORAMIENTO SUPERFICIAL DEL TERRENO	MOVIMIENTO DE TIERRAS										
											CONTEO VOLUMEN Y VOLUMEN FEDERAL/TOPOGRAFIA	SECCION 31000	EQUIPACION DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	N/A							
4	Relleno con material producido de excavación	compactación	MA-1000-1-08 MA-1000-3-10	F	1 prueba (3 240 ml.) patrones y cast (75m ³) W/O 1 prueba (calda m ³) muestras nunc de sustanciar/Dim de longitud	Informe de trabajo de Banco de Pruebas para Terrenos	Laboratorio de control de calidad	SCT	SCT	SCT	MA-1000-1-08 MA-1000-3-10	F									
		Interc. de compactación	MA-1000-1-07	F	1 prueba (3 240 ml.) patrones y cast (75m ³) W/O 1 prueba (calda m ³) muestras nunc de sustanciar/Dim de longitud	Informe de trabajo de Banco de Pruebas para Terrenos	Laboratorio de control de calidad														
		compactación	MA-1000-1-06 MA-1000-3-11	E	1 prueba (3 240 ml.) patrones y cast (75m ³) W/O 1 prueba (calda m ³) muestras nunc de sustanciar/Dim de longitud	Informe de trabajo de Banco de Pruebas para Terrenos	Laboratorio de control de calidad														
	Mejoramiento superficial del terreno	compactación	MA-1000-1-06 MA-1000-3-10	F	1 prueba (3 240 ml.) patrones y cast (75m ³) W/O 1 prueba (calda m ³) muestras nunc de sustanciar/Dim de longitud	Informe de trabajo de Banco de Pruebas para Terrenos	Laboratorio de control de calidad	SCT	SCT	SCT	MA-1000-1-06 MA-1000-3-10	F									
		compactación	MA-1000-1-07	F	1 prueba (3 240 ml.) patrones y cast (75m ³) W/O 1 prueba (calda m ³) muestras nunc de sustanciar/Dim de longitud	Informe de trabajo de Banco de Pruebas para Terrenos	Laboratorio de control de calidad														
		compactación	MA-1000-1-08 MA-1000-3-10	F	1 prueba (3 240 ml.) patrones y cast (75m ³) W/O 1 prueba (calda m ³) muestras nunc de sustanciar/Dim de longitud	Informe de trabajo de Banco de Pruebas para Terrenos	Laboratorio de control de calidad														
	Pruebas in Situ para material de Relleno	Humedad optima en prueba de compactación	ASTM	D-1556	E-2	1 prueba (3 240 ml.) patrones y cast (75m ³) W/O 1 prueba (calda m ³) muestras nunc de sustanciar/Dim de longitud	Informe de prueba	Laboratorio de control de calidad	SCT	SCT	SCT	MA-1000-1-09 MA-1000-3-10	F								
		Humedad optima en prueba de compactación	ASTM	D-1556	E-2	1 prueba (3 240 ml.) patrones y cast (75m ³) W/O 1 prueba (calda m ³) muestras nunc de sustanciar/Dim de longitud	Informe de prueba	Laboratorio de control de calidad													
		Humedad optima en prueba de compactación	ASTM	D-1556	E-2	1 prueba (3 240 ml.) patrones y cast (75m ³) W/O 1 prueba (calda m ³) muestras nunc de sustanciar/Dim de longitud	Informe de prueba	Laboratorio de control de calidad													
	CONTEO VOLUMEN Y VOLUMEN FEDERAL/TOPOGRAFIA	SECCION 31000	EQUIPACION DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	N/A	N/A	1 por año o evento	CMT100	Inspector de Calidad	SCT	SCT	SCT	MA-1000-1-09 MA-1000-3-10	F								
														CONTEO VOLUMEN Y VOLUMEN FEDERAL/TOPOGRAFIA	SECCION 31000	EQUIPACION DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	N/A	N/A	1 por año o evento	CMT100	Inspector de Calidad

Mo.	UNIDAD	ACTIVIDAD	PRUEBA/INSPECCIÓN	ORGANISMO	NORMA O ESPECIFICACION DE PRUEBA	SECCION- PARADIGMA DE LA NORMA	FRECUENCIA	DOCUMENTOS A GENERAL	RESPONSABLE
2	Materiales para bases y sub bases	Pruebas de rutina en bancos de material	Granulometría en malizas	SCT	MA-MMP-404-02Z	E	1 prueba/30m ³ en producción	Informe de Estudios de Bancos de préstamo para Pavimentos	Laboratorio de control de calidad
			Equivalente de arena	SCT	MA-MMP-404-02A	F	1 prueba/300m ³ en producción	Informe de Estudios de Bancos de préstamo para Pavimentos	Laboratorio de control de calidad
			CBR en condiciones saturadas	SCT	MA-MMP-1-15-18	E	1 prueba/3000m ³	Informe de Estudios de Bancos de préstamo para Pavimentos	Laboratorio de control de calidad
			Limites de consistencia (límite líquido, índice plástico)	SCT	MA-MMP-401-017	F	1 prueba/3000m ³	Informe de Estudios de Bancos de préstamo para Pavimentos	Laboratorio de control de calidad
			Ferrocianuro albarpapas y fijadas, partículas ultrazidas	SCT	MA-MMP-404-005	F	1 prueba/3000m ³	Informe de Estudios de Bancos de préstamo para Pavimentos	Laboratorio de control de calidad
			Disgates o los aplines (residual sólido por metro al 30%)	SCT	MA-MMP-403-006	E	1 prueba/3000m ³ o 1 prueba/Banca-frente	Informe de Estudios de Bancos de préstamo para Pavimentos	Laboratorio de control de calidad
			Massa volumétrica seca SUECA	SCT	MA-MMP-108-03	E-F	1 prueba/3000m ³	Informe de Estudios de Bancos de préstamo para Pavimentos	Laboratorio de control de calidad
			masa volumetrica maxima en compactacion A150/170	SCT	MA-MMP-401-010	E	1 prueba/95m ³ /cuerpo	Informe de prueba	Laboratorio de control de calidad
			Humedad optima en prueba de compactacion estandar	SCT	MA-MMP-401-010	F	1 prueba/95m ³ /cuerpo	Informe de prueba	Laboratorio de control de calidad
			Grado de compactacion en caso construida (resultado 100% minimo)	SCT	MA-MMP-401-011	F	1 prueba/95m ³ /cuerpo	Informe de prueba	Laboratorio de control de calidad
			Granulometria	SCT	MA-MMP-401-02B	E	1 prueba/800 metros lineales despues de tendido y compactado	Informe de prueba	Laboratorio de control de calidad
			Inspeccion de Relleno y Compactacion	Seccion 312800	Especificacion Movimiento de tierras	N/A	1 por dia y/o elemento	IDPNC/800	Laboratorio de control de calidad

No.	UNIDAD	ACTIVIDAD	PRUEBA/INSPECCIÓN	ORGANISMO	NORMA O ESPECIFICACIÓN DE PRUEBA	SECCION PARABASTO O LA NORMA	FRECUENCIA	DOCUMENTOS A GENERAL	RESPONSABLE
	Concreto	PRUEBAS IN SITU Y LABORATORIO PARA CONCRETO HIDRAULICO	Determinación del comportamiento en el concreto fresco	INIX	MINOC-315	5.1.1	1 prueba por día de concreto	Informe de prueba	Inspector de Calidad, Laboratorio de calidad
			Determinación de la resistencia del concreto fresco	INIX	MINOC-315	5.1.2	1 prueba por día de concreto	Informe de prueba	Inspector de Calidad, Laboratorio de calidad
			Determinación del contenido de aire	INIX	MINOC-315	5.2.6	1 prueba por día de concreto	Informe de prueba	Inspector de Calidad, Laboratorio de calidad
			Determinación de la temperatura del concreto	INIX	MINOC-315	5.2.8	1 prueba por día de concreto	Informe de prueba	Inspector de Calidad, Laboratorio de calidad
			Determinación de la resistencia a compresión simple (cilindros)	INIX	MINOC-315	5.3.1	3 pruebas cada 40 m ³ de concreto a 7, 28, 3, 28 días, y a 28 días o por día de cobado	Informe de prueba	Inspector de Calidad, Laboratorio de calidad
			Determinación del módulo de elasticidad	INIX	MINOC-315	5.3.2	3 determinaciones por día como mínimo por proveedor por resistencia de concreto por especificaciones del cliente	Informe de prueba	Inspector de Calidad, Laboratorio de calidad
			Medida de permeabilidad de concreto 500	INFR BILLO	482	6	1 por tipo de concreto	Informe de prueba	Inspector de Calidad, Laboratorio de calidad
			Área de cado	SECCION 031000	Especificación de colocación de concreto	NA	3 por día de cobado y 6 por tipo de elemento	A/C-400	Inspector de Calidad
			Liberación de Colocación de Concreto	SECCION 031000	Especificación de colocación de concreto	NA	1 por elemento cobado	LCC-100	Inspector de Calidad
			Inspección de curia	SECCION 031000	Especificación de colocación de concreto	NA	1 por curia a cubrir	LCC-100	Inspector de Calidad
	Colocación de curia	SECCION 031000	Especificación de colocación de concreto	NA	1 por curia cubierta	LCC-100	Inspector de Calidad		

Apéndice E Formato de Inspección Patológica, Inventario de Daños

Nombre del Evaluador Técnico: _____

Profesión: _____

Fecha: _____

1. Ubicación y Descripción de la Edificación.

Zonificación propuesta de la ciudad para efectuar la evaluación: _____

Dirección: _____

Colonia: _____ Delegación: _____

CP: _____ Entre que calles / Referencia: _____

Persona contactada: _____ Teléfono: _____

Uso del Inmueble:

Casa habitación Departamentos Comercios Oficinas públicas

Oficinas privadas Industrias Estacionamiento Bodegas

Educación Recreativo Centro de reunión

Otro: _____

Contamos con Antecedentes históricos del inmueble: _____

Número de niveles sobre el terreno (incluyendo azotea): _____

Número de sótanos: _____

Número de ocupantes: _____

Tipo de inspección: Inspección exterior únicamente Inspección interior y exterior

2. Lesiones presentes en la edificación.

Poca importancia o leves

a.- Manchas

b.- Suciedades

c.- Microfisuras

Si No No se

Mediana Importancia o severa

- | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| d.- Humedad | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e.- Hongos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f.- Grietas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g.- Corrosión de armaduras | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| h.- Fisuras | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| i.- Grieta en concreto | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| j.- Concreto con aparición de Moho | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| k.- Moho en oquedades de Pared de Concreto | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| l.- Agrietamiento | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| m.- Eflorescencia | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| n.- Delaminación | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| o.- Desprendimientos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Mucha importancia o severas y extensas

- | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| p.- Derrumbe total | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| q.- Derrumbe parcial | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| r.- Edificación separada de su cimentación | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| s.- Asentamiento diferencial o hundimiento | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| t.- Inclinación notoria de la edificación o de algún entrepiso | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| u.- Daños en elementos estructurales (columnas, vigas, muros) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| v.- Daño severo en elementos no estructurales | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| w.- Daños en instalaciones eléctricas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| x.- Daños en instalaciones hidrosanitaria | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

3. Origen de las lesiones

Lesiones Mecánicas Lesiones Químicas Lesiones por elementos biológicas

4. Clasificación Global.

Una vez evaluado el Estado de la Edificación, se le aplicará una calificación, dependiendo de esta calificación se llevará a cabo o no un seguimiento, para un diagnóstico, o si será necesario algún tipo de Ensayo Destructivo o Ensayo No Destructivo.

Edificación Segura Edificación Insegura Necesidad de Seguimiento
Riesgo Bajo Riesgo Alto Ensayos para llegar a un diagnóstico

Observaciones: _____

Firma: _____

8. Bibliografía

- A.C., I. M. (Marzo de 2017). *Construcción y Tecnología en Concreto*. Ciudad de México, Ciudad de México, México .
- Alcudia, F. S. (1998). *Patología de la edificación, El lenguaje de las grietas*. Madrid: Fundación Escuela de la Construcción.
- Barreriro, P. D. (2014). *Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado en Colombia*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Blevot, J. (1977). *Patología de las Construcciones de Hormigón Armado*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A.
- Canovas, M. F. (2000). *Patología y Terapéutica del hormigón armado*. Madrid .
- CYT. (1995). *Construcción y Tecnología, Reparación de superficies de concreto*. *Revista Construcción y Tecnología*, 6-16.
- Dleguez, P. (2016). *Introducción, Patología de la Construcción*. Buenos Alres : Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Alres.
- E., B. (1983). *Obras de Concreto Durables para Alcantarillados*. *Revista IMCYC*, 15-34.
- Emmons, P. H. (2005). *Manual Ilustrativo de reparación y mantenimiento del concreto, Análisis de problemas, Estrategias y Técnicas de reparación*. Ciudad de México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- Gerónimo Lozano Apolo, A. L. (1993). *Curso de tipología, patología y terapéutica de las humedades*. Gijón: Consultores Técnicos de Construcción C.V.
- IMCYC. (2006). *Problemas, Causas y Soluciones*. *El concreto en la Obra*, 36.
- Juan Monjo Carrió, L. M. (1998). *Patología y Técnicas de Intervención en Estructuras Arquitectónicas*. Madrid.
- María Mercedes Florentín Saldaña, R. D. (2009). *Patologías Constructivas, en los Edificios, Prevenciones y Soluciones*. (P. A. Decano, Ed.) Paraguay, Asunción: Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte, Universidad Nacional de Asunción.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

- Neville, A. M. (1996). *Tecnología del Concreto*. México D.F: Trillas.
- NRMCA. (2009). Agrietamiento por Contracción Plástica. *El Concreto en la Práctica, ¿Qué, Por qué y cómo?*, 3.
- Pytlowany, G. (2016). *Sistema de Aseguramiento de la Calidad* . Buenos Aires: Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
- Ríos, C. (1989). La exudación del Concreto. *Construcción y Tecnología*, 8.
- Tatiana Figueroa, R. P. (2008). Patologías, Causas y Soluciones del Concreto Arquitectónico en Medellín. *Revista EIA, ISSN 1794-1237, Número 10 p, 121-130*.
- Treviño, E. L. (1998). *Patología de las EStructuras de Concreto Reforzado*. Nuevo Leon : Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Zanni, E. (s.f.). *Patología de la Construcción y restauración de obras de Arquitectura*. Brujas.