



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**GENERACIÓN DE BASE DE DATOS SOBRE PATOLOGÍAS EN
ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR: LUIS MIGUEL CORDERO CORDERO

DIRECTOR: ING. MSC. EDUARDO PALMA ZAMBRANO

CUENCA - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**GENERACIÓN DE BASE DE DATOS SOBRE PATOLOGÍAS EN
ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR: LUIS MIGUEL CORDERO CORDERO

DIRECTOR: ING. MSC. EDUARDO PALMA ZAMBRANO

CUENCA - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Luis Miguel Cordero Cordero portador de la cédula de ciudadanía N° **0103117610**. Declaro ser el autor de la obra: “**Generación de base de datos sobre patologías en estructuras de hormigón**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **23 de diciembre de 2021**



F:

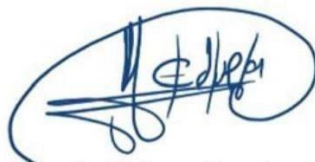
Luis Miguel Cordero Cordero

0103117610

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. M.s.C. Eduardo Palma Zambrano certifico que la presente tesis realizada por el Sr. Luis Miguel Cordero Cordero egresado de la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo realizado de manera personal bajo el tema “**GENERACIÓN DE BASE DE DATOS SOBRE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN**”.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



Ing. M.s.C. Eduardo Palma Zambrano

DIRECTOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, en primer lugar, a mi esposa Yanina, por estar ahí incondicionalmente apoyándome en cada momento, por ser mi inspiración y compañera, por depositar tu confianza en mí, sin ti esto no sería posible.

A mis hijos, Daniela, Luciana y Juanito, en cada momento han estado en mi mente siendo la fuerza para seguir adelante en la lucha por alcanzar esta meta.

A mi mami Miryam, por estar ahí en los momentos más difíciles siempre con una palabra de aliento, gracias infinitas madre de mi vida.

A mis suegros, Ing. Jorge y Dorita por el apoyo, paciencia y cariño que me han brindado durante todo este tiempo, este logro también es de ustedes, les agradezco de corazón.

-Luis Miguel Cordero

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar a este momento.

A mi hermano Jorge por todo el apoyo brindado durante este tiempo, siempre has sido un ejemplo a seguir para mí.

A cada uno de mis familiares que fueron partícipes de este logro, en especial al Ing. Francisco Sigüenza y mi tía Anita Cordero, gracias por estar pendientes en todo momento.

A la Universidad Católica de Cuenca y a cada uno de los docentes de la carrera de Ingeniería Civil por impartir cada conocimiento en este proceso de formación profesional, en especial al Ing. Eduardo Palma, por su trabajo como director de esta investigación, quien de manera muy profesional fue mi guía en el desarrollo de este trabajo.

A cada uno de mis amigos, con quien compartí la vida universitaria, una amistad basada en el respeto y el apoyo, con quienes compartí momentos que llevare siempre conmigo.

-Luis Miguel Cordero.

RESUMEN

En la actualidad existen varios documentos que tratan sobre las patologías que se desarrollan en estructuras de hormigón, toda esta información se encuentra dispersa y no existe un documento que aborde la temática en conjunto por lo que en muchas ocasiones el tiempo necesario para lograr encontrar información que ayude de manera precisa a la identificación de una patología es prolongado.

El objetivo es generar una base de datos de patologías en estructuras de hormigón para una rápida identificación de las patologías que se observen, se plantea una investigación de tipo documental y de campo, la parte del marco teórico se basa en la revisión documental de tipo científico y en la parte de campo se realiza visitas técnicas para la recolección de información fotográfica para la comparación de imágenes como complemento del marco teórico.

En el desarrollo de la base de datos se hace uso de la plataforma NOTION como herramienta de presentación de la información obtenida en donde se muestra la descripción, características, referencias bibliográficas, el acceso a la biblioteca fotográfica, equipos de medición, técnicas de reconocimiento y los tratamientos para cada patología descrita.

Se presenta también el estudio de casos prácticos en donde se hace uso de la base de datos, se obtiene fotografías en las visitas técnicas y se analiza las características que presenta cada patología comparándolas con las características que se describen en el documento, así también se realiza la revisión y comparación fotográfica de los archivos de la biblioteca con lo que se puede identificar las patologías encontradas de manera satisfactoria.

Palabras clave: patología, factores, fisuras, grietas, base de datos.

ABSTRACT

At present several documents deal with the pathologies that develop in concrete structures, all this information is dispersed and no document addresses the subject as a whole so that on many occasions the time needed to find information that accurately helps to identify a pathology is long. The objective is to generate a database of pathologies in concrete structures for quick identification of the pathologies that are observed, a documentary and field research is proposed, the theoretical framework is based on the scientific documentary review, and in the field part, technical visits are made for the collection of photographic information for the comparison of images as a complement to the theoretical framework. In the development of the database, the NOTION platform is used as a tool for the presentation of the information obtained, showing the description, characteristics, bibliographic references, access to the photographic library, measuring equipment, recognition techniques, and treatments for each pathology described. The study of practical cases is also presented, where the database is used, photographs are obtained in the technical visits and the characteristics of each pathology are analyzed and compared with the characteristics described in the document, as well as the review and photographic comparison of the library archives, which can be used to identify the pathologies found adequately.

Keywords: structural pathology, factors, fissures, cracks, database

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
Capítulo I.....	1
Planteamiento del problema.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Descripción del problema.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
Capitulo II	6
Marco teórico	6
2.1 Definición general del hormigón.....	6
2.2 Patologías en las estructuras de hormigón.....	6
2.2.1 Tipos de patologías en estructuras de hormigón.....	6
2.2.2 Factores que inciden en el desarrollo de las patologías en las estructuras de hormigón.....	7
2.2.2.1 Factores físicos.....	7
2.2.2.2 Factores mecánicos	9
2.2.2.3 Factores Químicos.....	12
2.2.2.4 Factores Biológicos	14
2.2.2.5 Factores ambientales	15
2.2.2.6 Factores técnicos (mano de obra).....	17
2.2.3 Clasificación de patologías en estructuras de hormigón.....	22
2.2.3.1 Patologías Físicas	22
2.2.3.2 Patologías físicas de origen biológico.....	24
2.2.3.3 Patologías Mecánicas	27
2.2.3.4 Patologías Químicas.....	43
2.2.3.5 Patologías en el hormigón producidas por defectos constructivos en la obra.....	47
2.2.4 Errores en el proceso de proyecto de una obra	49
2.2.5 Influencia de las patologías en la vida útil del hormigón.	51
2.3 Identificación de patologías en estructuras de hormigón.	54

2.3.1 Técnicas de inspección.	54
2.3.2 Ensayos	56
2.3.2.1 Ensayos no destructivos	56
2.3.2.2 Ensayos semidestructivos.....	61
2.3.2.3 Ensayos destructivos	63
2.4 Tratamiento e intervención de patologías.....	65
2.4.1 Técnicas de limpieza y preparación de superficies	65
2.4.2 Técnicas de reparación para hormigón.	67
2.4.3 Técnicas de refuerzo para hormigón.....	75
2.4.4 Cuadro de técnicas de limpieza, preparación, reparación y refuerzo para hormigón.	80
2.4.5 Desahucio de estructuras	82
2.5 Base de datos	83
2.5.1 Concepto.	83
2.5.2 Tipos de bases de datos.....	83
2.5.3 Componentes de la base de datos.....	86
2.5.4 Tipos de datos	87
Capítulo III	88
Metodología	88
3.1 Tipo de investigación	88
3.2 Recolección de información.	88
3.2.1 Recolección de información bibliográfica	89
3.2.2 Recolección de información en campo.	89
3.3 Generación de la base de datos.....	89
3.3.1 Organización, clasificación y documentación de la información recolectada.....	89
Capítulo IV	93
Resultados generados	93
4.1 Presentación de la base de datos generada	93
4.2 Ejemplos de aplicación.....	93
Capítulo V	110
Conclusiones y recomendaciones.....	110
5.1 Conclusiones.....	110
Referencias Bibliográficas.....	112
INDICE DE ANEXOS.....	115

Índice de figuras.

Figura 1. Desarrollo de factores físicos en el hormigón.....	7
Figura 2. Desarrollo de factores mecánicos en el hormigón.	10
Figura 3. Desarrollo de factores químicos en el hormigón	13
Figura 4. Fisuras capilares o superficiales.....	23
Figura 5. Fisuras de contracción por secado.	24
Figura 6. Bacterias adheridas en el hormigón	25
Figura 7. Hongos (Mohos) adheridos en el hormigón.....	26
Figura 8. Algas, líquenes y musgos adheridos en el hormigón	27
Figura 9. Flecha en viga.....	28
Figura 10. Pandeo en columna	29
Figura 11. Desplome de columnas	29
Figura 12. Alabeo en viga.....	30
Figura 13. Fisuras por dilatación y contracción higrotérmica.....	31
Figura 14. Grieta por contracción plástica en losa	32
Figura 15. Grieta por contracción por secado en losa	33
Figura 16. Grietas por asentamiento diferencial en pared.....	34
Figura 17. Fisura por tracción en la unión de columna con la mampostería.....	36
Figura 18. Fisura por flexión en columna	37
Figura 19. Fisura por cortante	38
Figura 20. Fisuras por adherencia entre hormigón y acero de refuerzo	38
Figura 21. Fisura por torsión en viga de cimentación	39
Figura 22. Fisuras por punzonamiento en losa.....	40
Figura 23. Fisuras por compresión en columna	40
Figura 24. Desprendimiento en columna	42
Figura 25. Erosión mecánica de pavimento.	43
Figura 26. Eflorescencia en pared.....	44
Figura 27. Aluminosis en hormigón armado.....	45
Figura 28. Oxidación y corrosión en armadura de refuerzo.....	46
Figura 29. Carbonatación en losa de hormigón.....	47
Figura 30. Coquera en columna	48
Figura 31. Junta fría en losa	49
Figura 32. Ensayo de humedad (Humidímetro).....	57
Figura 33. Ensayo de esclerometría	58
Figura 34. Ensayo de ultrasonido.....	58

Figura 35. Ensayo por ondas magnéticas	59
Figura 36. Ensayo de grado de corrosión.....	59
Figura 37. Ensayo con microscopio	60
Figura 38. Extensometría	60
Figura 39. Termografía de infrarrojo	61
Figura 40. Arrancamiento pull-out.....	61
Figura 41. Ensayo con fenolftaleína.....	62
Figura 42. Ensayo con penetrómetro	62
Figura 43. Extracción de testigos	63
Figura 44. Toma de muestras de armadura	64
Figura 45. Prueba de carga.....	65
Figura 46. Base de datos parte 1	90
Figura 47. Base de datos parte 2	91
Figura 48. Base de datos parte 3	92
Figura 49. Esquema de uso para la base de datos	93

Índice de tablas.

Tabla 1. Deflexiones máximas calculadas permisibles	28
Tabla 2. Tolerancias para desviaciones horizontales en elementos estructurales	30
Tabla 3. Clasificación de fisuras según el ancho	34
Tabla 4. Anchos de fisura razonables bajo cargas de servicio y condiciones de exposición.....	35
Tabla 5. Cuadro de técnicas de limpieza, preparación, reparación y refuerzo de hormigón.....	80
Tabla 6. Identificación de patología 1. Caso de estudio 1.....	94
Tabla 7. Identificación de patología 2. Caso de estudio 1.....	95
Tabla 8. Identificación de patología 3. Caso de estudio 1.....	96
Tabla 9. Identificación de patología 4. Caso de estudio 1.....	97
Tabla 10. Identificación de patología 1. Caso de estudio 2	99
Tabla 11. Identificación de patología 2. Caso de estudio 2.....	100
Tabla 12. Identificación de patología 3. Caso de estudio 2.....	101
Tabla 13. Identificación de patología 4. Caso de estudio 2.....	102
Tabla 14. Identificación de patología 1. Caso de estudio 3	105
Tabla 15. Identificación de patología 2. Caso de estudio 3.....	106
Tabla 16. Identificación de patología 3. Caso de estudio 3	107
Tabla 17. Identificación de patología 4. Caso de estudio 3	108

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1 Introducción.

El hormigón es uno de los materiales de construcción que más se utiliza gracias a las propiedades que este presenta como trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad, las cuales son características que buscan los profesionales de la construcción en las obras que se realizan.

Las estructuras de hormigón ya sea armado, pretensado y postensado siempre están expuestas a agentes internos y externos como el sol, agua, humedad, hielo, viento, salinidad, hongos, procesos constructivos defectuosos, fallas en los diseños de resistencia entre otros, esto provoca que el hormigón y sus componentes presenten patologías las cuales deterioran el material y disminuyen la vida útil de una obra, pudiendo tener consecuencias desastrosas.

Es importante analizar las patologías que se presentan en una estructura de hormigón por medio de una inspección técnica a cada uno de los elementos constitutivos con el objetivo de identificar la patología que se presenta y tomar las medidas adecuadas para prevenir que el deterioro de los materiales continúe, poder realizar procedimientos en el proceso constructivo que evitan el desarrollo de patologías, determinar el mejor método de intervención con el que se recupere las condiciones de desempeño de la estructura o determinar si la vida útil de una estructura ha concluido.

La investigación se dirige a la creación de una base de datos con las patologías en hormigón que ya están documentadas y sustentadas de manera científica, revisión de normativa vigente, así como la recolección de información en campo por medio de visitas técnicas a obras en donde se aprecia estructuras de hormigón afectadas por patologías, así se

procede a recolectar la mayor cantidad de información bibliográfica y fotográfica para la formación de una base de datos completa y organizada.

Se realiza la base de datos de patologías en estructuras de hormigón como una parte de una base de datos que contiene temas particulares como patologías en estructuras de acero, madera, materiales cerámicos, equipos y técnicas de medición de patologías como un aporte a futuras investigaciones que se desarrollen para el proceso de identificación de patologías por medio de comparación y reconocimiento fotográfico.

1.2 Descripción del problema.

El hormigón durante el paso del tiempo ha mejorado en sus características gracias a los avances tecnológicos e investigaciones realizadas, la aplicación de la normativa existente, tanto desde la fabricación del hormigón hasta la puesta en obra para la construcción pero aún en la actualidad es un material que presenta patologías, las cuales actúan de manera negativa sobre él por lo que a corto o largo plazo es seguro que la vida útil de una estructura formada por hormigón disminuya notablemente al igual que el desempeño para el que fue diseñado.

El hormigón al ser usado en la mayoría de construcciones es un material que está expuesto a todo tipo de agentes internos y externos, siendo indispensable que los profesionales en el campo de la construcción conozcan las patologías que se desarrollan en el hormigón, esto con el fin de poder actuar de una manera precisa y a tiempo, pudiendo identificar cuál es la afectación que presenta una estructura de hormigón y cuáles son las causas que la desencadenan para poder tomar acciones correctivas.

Existe un gran número de profesionales que desconocen la cantidad de patologías que se desarrollan en el hormigón, estas patologías se desarrollan ya sea por fallas en el proceso de diseño, proceso constructivo o la agresividad con la que pueden actuar los factores físicos, mecánicos, químicos, biológicos sobre el hormigón y sus componentes.

El problema es poder identificar con exactitud el tipo de patología presente en la estructuras de hormigón, ya sea armado, ciclópeo, pretensado, postensado, al igual que las patologías que se presentan en el mortero que se utiliza en las diferentes obras de construcción, por medio de la revisión bibliográfica y normativa en donde se expone cada una de las patologías que están identificadas y sustentadas científicamente además, de la comparación fotográfica de patologías documentadas y patologías observadas en diferentes obras por medio de visitas técnicas con lo que se crea un universo más amplio para poder analizar, comparar e identificar con mayor facilidad la patología de la que se necesita información.

Con el problema patológico que se desarrolla en las estructuras de hormigón se presenta la necesidad de generar una base de datos en donde se detalla la información sobre cada una de las patologías y el tratamiento para el control y saneamiento de la misma de manera que sea útil para profesionales y estudiantes que se desarrollan en el campo de la ingeniería civil y construcción.

1.3 Justificación.

En la actualidad el hormigón es un material primordial en la construcción gracias a las características y bondades que presenta, es un material que adquiere la forma a la que se le moldea, es de fácil trabajabilidad y con el paso del tiempo adquiere mayor resistencia, es un material al cual se le siguen agregando mejoras tanto en su dosificación como en el manejo y curado. De igual manera es un material que está expuesto a ser víctima de patologías que reducen su resistencia y durabilidad, el hormigón es un material que se va a seguir utilizando en procesos constructivos durante el tiempo en cimentaciones, columnas, vigas, losas, muros de contención, vías y un sin número de obras en las cuales es indispensable su presencia como materia prima.

De aquí radica la importancia de la generación de una base de datos en donde se compile todas las patologías que afectan al hormigón sustentadas en bibliografía científica y

normativa la cual va a ser de gran ayuda para el análisis de las estructuras de hormigón y morteros proporcionando información rápida y de calidad, la base de datos permitiría a estudiantes y profesionales del campo de la construcción el acceso de una manera eficiente a todos los datos recolectados para un mayor conocimiento de las patologías, síntomas y señales características que se presenta el hormigón, y el tratamiento que se debe aplicar a las estructuras.

La base de datos es un punto de partida el cual permite mediante otras investigaciones la creación de un software inteligente que realice la comparación de la información archivada en la base y la información que se obtiene de patologías en obras para su diagnóstico, identificación, prevención y tratamiento.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general

- Generar de una base de datos de patologías en estructuras de hormigón por medio de revisiones bibliográficas e inspecciones en campo para poder identificar la patología que se presenta y darle un tratamiento adecuado.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar revisiones bibliográficas de tesis, manuales, artículos, normativa o cualquier documento que se refiera al tema de investigación para obtener información de carácter científico para el desarrollo del marco teórico sobre patologías presentes en estructuras de hormigón.
- Realizar inspecciones técnicas en campo con la visita a obras en donde se presenten patologías en el hormigón para recolectar información fotográfica de cada una de ellas, las cuales sirvan para complementar la base teórica de datos y la base fotográfica de cada patología.
- Realizar el proceso de recolección, compilación, análisis y clasificación de la información obtenida sobre patologías en estructuras de hormigón por medio de la

plataforma NOTION para el proceso de generación y presentación de la base de datos.

- Realizar un análisis de casos prácticos por medio de la visita a obras, donde se haga uso de la base de datos sobre patologías en estructuras de hormigón, la cual permita identificar la patología y realizar la toma de decisiones más apropiadas para cada caso que se presente.

Capitulo II

Marco teórico

2.1 Definición general del hormigón.

Según ((NEC), 2015), el hormigón está definido como una mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua con o sin aditivo.

2.2 Patologías en las estructuras de hormigón.

Las patologías en estructuras de hormigón corresponden a los daños y fallas que se pueden ocasionar tanto en el hormigón, armadura y acabados según (Toirac Corral, 2004).

2.2.1 Tipos de patologías en estructuras de hormigón.

Las patologías generan síntomas que cambian la presentación natural de un hormigón, se generan manchas, fisuras, grietas, deformaciones, pérdidas de masa entre otras características en elementos estructurales que están expuestos o que son de fácil acceso así como también se producen patologías en elementos que no los podemos ver, estas patologías se dividen en los siguientes tipos según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018):

Patología Congénita. Son patologías que se producen o que nacen en el momento que se está generando un proyecto como tal, en un diseño mal concebido, falla en los cálculos estructurales, estimaciones de carga y condiciones de servicio, incorrecto dimensionamiento de elementos estructurales, un estudio de suelo deficiente etc.

Patología Contraída. Este tipo de patologías son generadas por el uso inadecuado de materiales de construcción, transporte y vertido del hormigón, un control de calidad inadecuado, errores en la colocación de acero de refuerzo, lectura equívoca de planos entre otros.

Patología accidental. Este tipo de patologías se producen cuando una estructura ya es puesta en servicio, cuando se somete a las estructuras a cargas excesivas, explosiones,

impactos, incendios, mantenimiento deficiente o nulo de las estructuras, inundaciones, temblores y terremotos, acción de agentes biológicos por mencionar algunos.

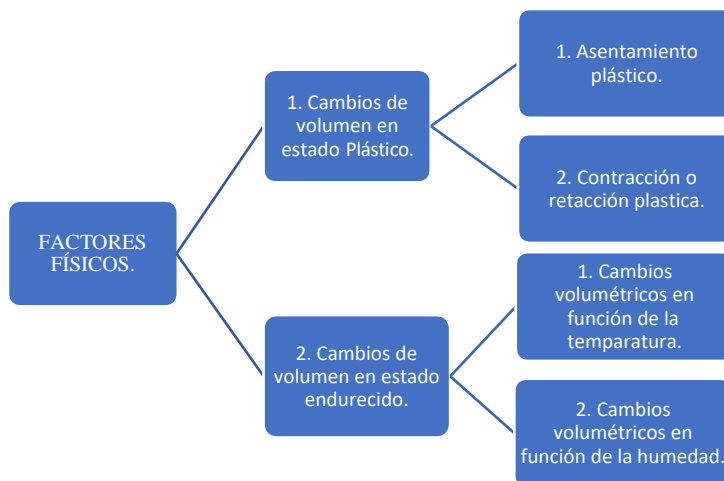
2.2.2 Factores que inciden en el desarrollo de las patologías en las estructuras de hormigón.

2.2.2.1 Factores físicos.

Los factores o acciones físicas se entienden como los cambios producidos por las variaciones de volumen en la matriz de hormigón, las deformaciones intrínsecas y extrínsecas que son deformaciones que dependen del material, comportamiento y deformaciones internas producidas por desplazamientos y pérdida de masa según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

Las patologías por factores físicos se producen según el estado del hormigón en que estas se generan, ya sea en el estado plástico, en el proceso de fraguado o cuando el hormigón ya está endurecido, (Toirac Corral, 2004)

Figura 1. Desarrollo de factores físicos en el hormigón.



Fuente: Autor

Cambios de volumen en estado plástico. Cuando se habla del estado plástico del hormigón se hace referencia a un hormigón fresco, es decir a las 6 primeras horas luego de haber realizado la mezcla en donde se presentan variaciones volumétricas, el hormigón en este estado no tiene la capacidad de soportar ningún tipo de carga por tanto este se fisura, (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

La causa de esta fisuración es la falta de adherencia entre la masa cementante y los agregados de la mezcla a más de que el hormigón no obtiene la resistencia máxima en un periodo de tiempo tan corto, en este estado se producen dos tipos de cambios volumétricos según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018):

1. Asentamiento plástico. Según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018) se produce por la pérdida de agua cuando esta es llevada a la superficie en el momento en que los sólidos de la mezcla se asientan, la parte más susceptible a presentar vacíos es la parte inferior del acero de refuerzo por tanto se producen las fisuras en la parte superior del acero de refuerzo debido a que se produce pequeños asentamientos diferenciales, este tipo de patología tiene las siguientes consideraciones:

- Pérdida de adherencia.
- Pérdida de sección transversal.
- Formación de fisuras.

2. Contracción o retracción plástica. Se produce por el fenómeno de exudación, es decir la pérdida de agua en la matriz del hormigón, el agua que tiene que tiene que reaccionar con el cemento asciende repentinamente por el fenómeno de capilaridad y se evapora generando la contracción plástica por el mal curado del hormigón presentándose fisuras en forma de mapeo según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

Cambios volumétricos en estado endurecido. Según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018) estos cambio volumétricos generan deformaciones internas en el material provocadas por fuerzas internas al momento en el que el hormigón termina de fraguar. Estos cambios volumétricos se dividen en dos grupos:

1. Cambios volumétricos en función de la temperatura. Se producen por variaciones continuas de temperatura en la matriz del hormigón y sus causas son las siguientes:

- Contracción térmica inicial. Producida por un deficiente control de hidratación del hormigón, el agua al reaccionar con el cemento produce un efecto exotérmico pudiendo generarse temperaturas hasta de 70 grados centígrados, al momento que esta temperatura disminuye el hormigón se fisura.
- Dilatación y contracción por temperatura. Se genera cuando hay diferencias de temperatura muy grandes en tiempos muy cortos debido a la dilatación del material por el calor y la contracción del mismo en bajas de temperatura presentándose una sola fisura muy grande o patrones de mapeo.
- Ciclos de hielo y deshielo. El agua contenida en los poros del hormigón se congela al disminuir la temperatura y esto genera que su volumen aumente produciendo esfuerzos de tracción en el hormigón, al momento en que la temperatura aumenta el agua se descongela y esto produce fatiga del material y la fisuración del mismo.
- Ataque al fuego. El fuego en sí no produce cambios en el hormigón debido a que es termo-indiferente, lo que sí sucede es una calcinación de la superficie y la penetración de dióxido de carbono a la matriz y esto en presencia de humedad genera carbonatación lo que si representa un problema.

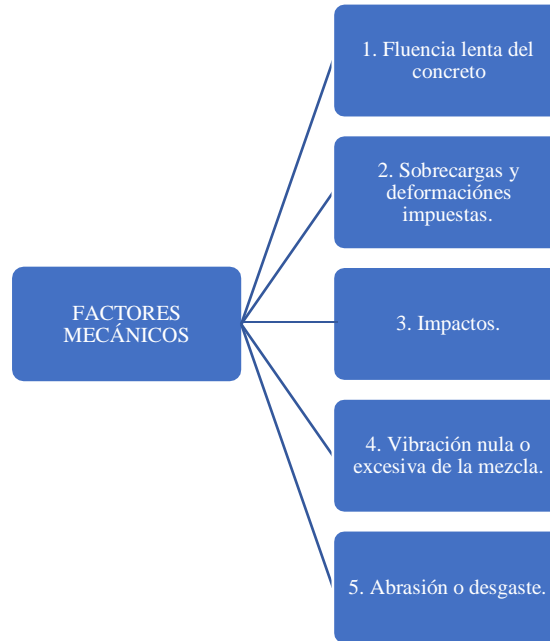
2. Cambios volumétricos en función de la humedad. Cuando se presenta humedad en el hormigón se altera su microestructura con lo que se generan fisuras y a su vez esfuerzos de tracción y compresión elevados.

2.2.2.2 Factores mecánicos

Los factores que inciden en este tipo de patologías son de tipo externo específicamente se refiere a cargas que sobrepasan la resistencia de diseño del hormigón, las

patologías de carácter mecánico obedecen a los siguientes factores como lo indica (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

Figura 2. Desarrollo de factores mecánicos en el hormigón.



Fuente: Autor

Fluencia lenta del concreto o (CREEP). Los elementos estructurales presentan dos tipos de deformaciones en su vida útil, la primera que es una deformación elástica que es aquella en donde al momento de retirar las cargas el elemento vuelve a su posición original y la segunda que es la deformación plástica o CREEP en la cual un elemento es sometido a una carga y la deformación permanece, es decir, no se recupera, (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018)

El CREEP es ocasionado principalmente por las cargas muertas que son aplicadas a los elementos estructurales, generalmente se presentan en vigas con luces amplias y losas extensas. Otros factores que influyen al desarrollo del CREEP son la resistencia del hormigón, su edad y la humedad del ambiente.

Según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018) el CREEP se desarrolla en tres etapas:

CREEP primario, el cual se desarrolla en el primer año el cual es un tipo de deformación que no se puede evitar. Para evitar este tipo de deformación se construyen estructuras con flechas opuestas para que al momento en que se produzca esta deformación el resultado final sea una estructura a elemento nivelado.

CREEP secundario, este se genera entre los 5 y 20 años, deformaciones producidas por cargas sostenidas.

CREEP terciario, son deformaciones excesivas que llevan a la estructura a fracasar.

Para evitar el CREEP secundario y terciario se necesita estimar la deformación que una estructura presentará con el paso del tiempo, este tipo de deformaciones conllevan a la presencia de fisuras en las partes centrales de las luces.

Sobrecargas y deformaciones impuestas.

El hormigón tiene una resistencia que está limitada por su diseño, al momento de pasar este límite el hormigón empieza a presentar fisuras las cuales están relacionadas al tipo de esfuerzo que este soportando, se presenta fisuras inducidas por cargas y fisuras por deformaciones y movimientos excesivos, (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

Fisuras inducidas por cargas. Este tipo de fisuras son las que comúnmente se presentan en las estructuras de hormigón y de hecho las más fáciles de analizar ya que tienen una forma o dirección definida según el tipo de fallo en la estructura, este grupo de fisuras se producen por los siguientes motivos según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

- Subvaloración de cargas.
- Dimensionamiento incorrecto de las secciones transversales de los elementos estructurales.
- Acero de refuerzo insuficiente.
- Diferencia de rigidez entre elementos que comparten momentos.
- Elementos con presencia de aristas.
- Elementos que causan restricción al movimiento.

Impactos. Esfuerzos que se generan por cargas combinadas, siendo estas de gran magnitud y presentándose en un periodo de tiempo corto lo que da lugar a la formación de grietas y fisuras. Para aminorar las consecuencias que provocan las colisiones contra estructuras de hormigón se utiliza el factor de ampliación dinámica. (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

Vibración nula o excesiva de la mezcla. Este proceso es de vital importancia luego del proceso de vertido del hormigón ya que una vibración nula permite que en la matriz del hormigón se generen agujeros conocidos comúnmente como coqueras o ratoneras, estos espacios vacíos generan superficies de falla ya que los elementos del hormigón no se reorganizan de una manera correcta, por el contrario, un exceso de vibrado genera que el agregado grueso se coloque en la parte baja del recipiente que contiene el hormigón y la parte cementante se coloque en la parte superior, a este fenómeno se lo conoce con el nombre de segregación de materiales. (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

Abrasión o desgaste. Producido por la fricción de materiales abrasivos y cavitación presentes principalmente en pisos industriales y capas de rodadura. Algunos factores que juegan un papel importante en evitar este fenómeno son tipo de los agregados, la resistencia a la compresión de hormigón, el curado y acabado que se le da la superficie, (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018)

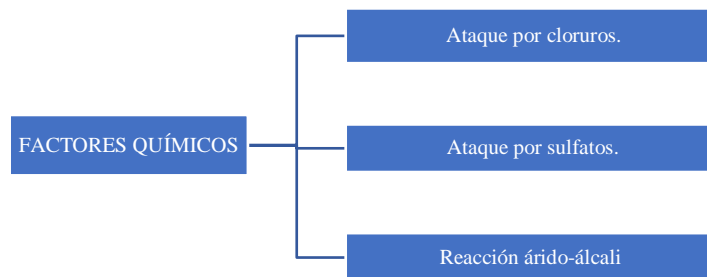
2.2.2.3 Factores Químicos.

El ataque por factores químicos que ocurre en el hormigón es el que mayor daño causa a las estructuras y el que mayor dificultad presenta al momento de solucionarlo, la presencia de agua es el factor que desencadena la disolución de los componentes que agreden al hormigón según (Valcárcel, 2014).

El hormigón aumenta su resistencia con el paso del tiempo, pero esto no impide que sufra ataques de medios externos, sabiendo que el hormigón es un material alcalino es vulnerable a sufrir el ataque de sustancias ácidas.

Algunos de los lugares en donde es más probable que suceda este tipo de ataques son los espacios en donde se desarrollan las industrias, áreas mineras en donde se contamina el agua con gran cantidad de minerales, corrientes de agua de zonas montañosas, suelos que contengan sulfuro de hierro, áreas destinadas al paso de vehículos en donde se produce la acumulación de gases sulfurosos.

Figura 3. Desarrollo de factores químicos en el hormigón.



Fuente: Autor

Ataque por cloruros. Producto del contacto de agua de mar o agua proveniente de deshielo con el hormigón, los iones de cloruro contenidos en el agua se introducen por los poros del hormigón cuando estos están parcial o totalmente saturados. Este proceso provoca fisuración irregular de hormigón así como la corrosión generalizada de la armadura según (Vélez, 2010).

Ataque por sulfatos. El ataque por sulfatos es el ataque más perjudicial que desarrollan las sales que forman la etringita (sulfato con aluminio y calcio) ya que ataca directamente al cemento provocando una expansión brusca del material y por tanto su fisuración y disgregación de los materiales dejando sueltos los áridos. Se producen fisuras entrecruzadas y una delaminación curva del hormigón, (Londoño, 2020)

Este proceso comienza cuando se añade yeso al cemento en las plantas procesadoras formando cristales puntiagudos, estos reaccionan con los aluminatos del cemento en las primeras horas posteriores al amasado. Esta reacción se da cuando sulfatos adicionales penetran en el hormigón formando lo que se conoce como formación diferida de

tringita, se presenta luego de algunos años produciendo fisuración, desprendimientos y pérdida de resistencia según (Garzón Pire, 2013).

Este tipo de ataque es típico en lugares en donde existen aguas subterráneas que estén en contacto con cimentaciones, canales, presas, tuberías, suelos con presencia de aguas residuales, suelos que contengan cenizas de altos hornos y escorias, (Porto Quintián, 2005b, p. 1)

Reacción árido-álcali (ASR). Según (Asociación de Fabricantes de morteros, 2019) es una reacción de los áridos silicios con los constituyentes alcalinos del hormigón. La ASR es conocida como el cáncer del hormigón siendo los factores para se produzca esta reacción los siguientes:

- Sílice reactiva.
- Álcalis suficientes.
- Humedad suficiente.

En una primera etapa se forma un gel silicio alcalino cuando los álcalis entran a los poros por medio de la solución acuosa del hormigón, esto a su vez produce un hinchamiento del hormigón provocando fisuras sin un orden específico, pero sí dirigidas hacia el interior del hormigón. Otro tipo de manifestación es la formación de gotas de agua gelatinosas debido al proceso de exudación del hormigón, (Asociación de Fabricantes de morteros, 2019).

2.2.2.4 Factores Biológicos.

La biorreceptividad según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018) es la propiedad de un material que permite que sobre su superficie se desarrollen organismos vivos lo cual genera una contaminación de la matriz del hormigón. Para que se dé el desarrollo de organismos vivos en la superficie del hormigón se deben presentar los siguientes factores:

- Disponibilidad de nutrientes.

- Condiciones ambientales favorables.
- Superficie de colonización.
- Humedad o presencia de agua.

2.2.2.5 Factores ambientales.

Las estructuras de hormigón se encuentran a merced del medio ambiente y su ataque, los ataques ambientales están presentes desde el primer momento en que se fabrica el hormigón ya que la misma temperatura ambiente puede provocar cambios en el material.

Viento y temperatura. Al momento de verter un hormigón para su posterior curado es necesario tratar de garantizar las condiciones más óptimas, el hormigón mezclado al momento que comienza a fraguarse produce calor por la reacción química de sus componentes por lo tanto una temperatura ambiental alta acelera el proceso de fraguado normal y por ende la deshidratación del material, esto acompañado de viento resulta aún más perjudicial para la mezcla ya que acelera aún más el proceso de deshidratación del hormigón por consiguiente la presencia de grietas tempranas por aumento de retracción afectando la resistencia final del hormigón.

Así también cuando el viento azota a estructuras de gran tamaño produce sobrecargas que pueden alterar el correcto funcionamiento de la estructura o en el peor de los casos provocar el colapso de la misma. Otra de las acciones del viento es transportar partículas y a su vez azotarlas hacia las fachadas, así como también crear depósitos sobre ellas lo que provoca desgaste con el paso el tiempo.

Cuando existe baja temperatura del ambiente se corre el riesgo de que se produzca la solidificación del agua contenido en la mezcla en estado fresco, este fenómeno se da generalmente en países en donde las temperaturas están por debajo de los 0 grados centígrados.

Agua de mar y agua blanda. El agua de mar contiene una cantidad considerable de cloruros que atacan al hormigón, se produce una reacción de sulfatos, cloruros y otros constituyentes del cemento. El agente más agresivo de las aguas marinas son las sales de magnesio las cuales producen la degradación del hormigón por cristales que se forman en la superficie, a su vez esto provoca la expansión del hormigón y como consecuencia la fisuración del mismo, (Asociación de Fabricantes de morteros, 2019), el ataque comienza en la superficie y penetra en la estructura con el paso del tiempo poniendo en riesgo la integridad de la estructura, las zonas más vulnerables son aquellas en donde golpea la marea ya que se añade a acción de oleaje lo que elimina más hormigón en mal estado a más del efecto dañino de sequedad y humedad que se da con las altas y bajas de la marea.

Por otra parte, el agua blanda produce un ataque menos agresivo, pero puede dañar las estructuras de hormigón, un ejemplo de esto de en los puentes en donde se genera una capa por condensación en la parte inferior de las losas. El ataque por agua blanda produce daños por lavado de portlandita y la cal libre de la matriz del hormigón, (Infocorrosión, 2018)

Hielo y deshielo. El hormigón al ser un material poroso da oportunidad a que se concentren gotas minúsculas de agua sobre su superficie, el agua al convertirse en hielo se expande y este efecto provoca fuerzas de tensión en el hormigón que con el tiempo se reflejan en fisuras que agrandan los espacios que ocupa el agua, el material se lava al producirse el deshielo aumentando las secciones de las fisuras hasta agrietar el hormigón, según (Moreno, Páez, 2009).

Posteriormente el ataque continúa hacia el acero de refuerzo provocando oxidación y corrosión por sales hasta comprometer muchas veces la estructura si no se realiza un mantenimiento preventivo, el hielo también produce fatiga por sobrecarga cuando este no es un factor que se haya tomado en cuenta al momento del diseño de la estructura, (Moreno, Páez, 2009).

Sol. El sol al calentar los materiales de construcción produce cambios térmicos los cuales a su vez provocan cambios volumétricos y tensiones internas del cual resulta la aparición de fisuras sobre las superficies.

2.2.2.6 Factores técnicos (mano de obra).

Dosificación. Según la resistencia que se desee obtener en un hormigón endurecido se hará la dosificación de materiales a utilizar, se tiene en cuenta la pureza del agua, tamaño y estado (granulometría y contenido de agua) de los agregados, el tipo de cemento a utilizar y la relación agua-cemento. También se da el uso de aditivos, según (Murillo Melo, 2014) estos se usan para mejorar algunas de las propiedades del hormigón como su trabajabilidad, reducir la cantidad de agua, aumentar la resistencia, retardar o acelerar el proceso de fraguado. Una dosificación incorrecta afectará directamente en la resistencia que se desea para el hormigón.

Según (Badilla, s) este proceso es poco controlado en obra por lo que tiene grandes probabilidades de generar problemas o defectos posteriores como fisuración, segregación o falta de resistencia en el material.

Según (ACI 318S-08) la dosificación de los materiales para el concreto debe lograr trabajabilidad y consistencia lo cual permita colocar fácilmente el concreto dentro de los encofrados y alrededor del acero de refuerzo sin segregación ni exudación excesiva.

Mezclado. Según (ACI 318S-08,) todo concreto debe mezclarse hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales y la mezcladora debe descargarse completamente antes que se vuelva a cargar.

El concreto mezclado en obra se debe mezclar de acuerdo con:

- a. El mezclado debe hacerse en una mezcladora de tipo aprobado.
- b. La mezcladora debe hacerse girar a la velocidad que recomienda el fabricante.
- c. El mezclado debe prolongarse por lo menos durante 90 segundos después de que todos los materiales estén dentro del tambor.

- d. El manejo, la dosificación y el mezclado de los materiales debe cumplir con las disposiciones aplicables de ASTM C94M.
- e. Debe llevarse un registro detallado para identifica:
 1. Número de tandas de mezclado producidas.
 2. Dosificación del concreto producido.
 3. Localización aproximada de depósito final en la estructura.
 4. Hora y fecha de mezclado y su colocación.

Cuando el mezclado se realiza por medio de un mixer se obtiene una mezcla homogénea pero el hormigón contiene aditivos retardantes debido al tiempo de transporte a la obra, esto puede ocasionar problemas cuando se desea paletear superficies como losas ya que el hormigón tarda más tiempo en fraguar. Cuando se pide una mezcla a una hormigonera se garantiza de alguna manera la resistencia del hormigón siendo este el método el más recomendado cuando los volúmenes de material son considerables. Según (Badilla, 2012) del método de mezclado que se utilice depende el rendimiento en términos de tiempo, costo y cantidades.

Encofrado. El encofrado del hormigón garantiza que la mezcla obtenga las formas y las dimensiones requeridas en la obra, este procedimiento consiste en la realización de moldes para el confinamiento de la mezcla. Según (Ayala Carabajo, 2010) generalmente se utiliza madera por medio de tablón y cuarterones, encofrados plásticos y metálicos según el requerimiento y necesidad del constructor. Es indispensable que los encofrados estén a medida y asegurados, si este procedimiento tiene irregularidades es inevitable que se presenten problemas entre los cuales tenemos:

- Rotura del encofrado, por consiguiente, el desperdicio del material tanto encofrado como hormigón, pérdida de tiempo y en algunos casos es posible que se ponga en riesgo la seguridad del personal.

- Soplado de encofrado (deformación del encofrado debido a presiones producidas por el hormigón).
- Cambio en las medidas de los elementos estructurales.

Vertido. Según (Sandoval, 2018) en una primera instancia se debe asegurar que los encofrados ofrezcan la seguridad para poder soportar el peso y las presiones generadas por el hormigón para evitar disgregación y segregación del material sobre todo cuando se tiene materiales gruesos en la mezcla.

Según (ACI 318S-08, s. f.) es necesario mantener algunas condiciones para realizar el vertido del hormigón entre las cuales tenemos:

- El hormigón debe colocarse lo más cerca posible de su ubicación final para evitar la segregación debida a su manipulación o desplazamiento.
- La colocación debe realizarse a una velocidad tal que el hormigón conserve su estado plástico en todo momento y fluya fácilmente dentro de los espacios entre el refuerzo.
- No debe colocarse en la estructura hormigón que haya endurecido parcialmente o que se haya contaminado con materiales extraños.
- No debe utilizarse hormigón al que después de preparado se le adicione agua, ni que haya sido mezclado después de su fraguado inicial.
- Una vez iniciada la colocación del concreto, esta debe efectuarse en una operación continua hasta que se termine el llenado del panel sección, definida por sus límites o juntas predeterminadas.
- La superficie superior de las capas colocadas entre encofrados verticales por lo general debe estar a nivel.
- Cuando se requieran juntas de construcción estas se deben realizar según especificaciones.

- Todo concreto debe compactarse cuidadosamente por medios adecuados durante la colocación, y debe acomodarse por completo alrededor del refuerzo y de las instalaciones embebidas, y en las esquinas del encofrado.

Según (Sandoval, 2018) al momento del vertido del hormigón también se deben tener las siguientes consideraciones:

- No se debe lanzar el hormigón con pala a gran distancia para que no se produzca disgregación.
- Cuando se vierta el hormigón por capas, se debe tener en cuenta las alturas de las capas para poder realizar un correcto vibrado de las mismas.
- No se debe verter el hormigón desde alturas mayores a 2 metros por motivos de segregación del material.
- El vertido del hormigón debe estar dirigido de tal manera que no choque contra los encofrados.
- Cuando tenemos la presencia de exceso de armadura se debe colocar una capa de 2 a 3 cm de material exento de árido grueso e inmediatamente la colocación del hormigón ordinario, esto con el fin de evitar coqueras.
- Cuando se realiza el vertido del hormigón en superficies inclinadas se debe tener en cuenta que el material tiende a correrse hacia abajo sobre todo por el efecto del vibrado.

Vibrado. El proceso de vibrado de hormigón se lo realiza conjuntamente al momento del vertido de la mezcla, este procedimiento tiene el objetivo de evitar espacios vacíos por consiguiente la presencia de coqueras en las estructuras de hormigón.

El vibrado consiste en introducir el tubo vibrador en el hormigón alrededor de 3 segundos para que el aire contenido en la mezcla salga hacia la superficie, de esta manera se asegura que el hormigón está bien compactado según (Instituto Mexicano del cemento y del concreto, 2005).

Es importante tener en cuenta que el exceso de vibración provoca segregación del hormigón provocando que los agregados se separen y la mezcla no sea homogénea. Para realizar el proceso de vibrado del hormigón es necesario que se haga una revisión de los encofrados asegurándose de que estos estén dispuestos de una manera adecuada y que ofrezcan la resistencia necesaria para que no se rompan. La falta de vibrado o el vibrado casi nulo también es un factor importante ya que esto hace que la mezcla no se distribuya hacia los espacios de difícil acceso como nudos en donde existe presencia de gran cantidad de armadura de refuerzo.

Curado. Según (Sandoval, 2018) el proceso de curado consiste en asegurar las condiciones necesarias para que el hormigón fragüe de una manera correcta. El material debe estar sujeto a condiciones ambientales favorables en donde se pueda mantener la humedad adecuada en el proceso de endurecimiento del hormigón. El hecho de asegurar una correcta hidratación a la mezcla asegura que el hormigón obtenga la resistencia requerida, se debe evitar temperaturas altas y bajas, vientos que golpean directamente la estructura ya que esto produce una deshidratación rápida del material provocando fisuras superficiales en un tiempo bastante corto.

Según (Sandoval, 2018) el curado por humedad consiste en regar con agua las superficies vistas, este procedimiento se debe realizar por lo menos 7 días siendo lo recomendable 28 días donde el hormigón alcanza la resistencia requerida, se puede hacer uso de láminas de plástico, telas humedecidas controlando que se mantengan hidratadas. En zonas calurosas se realiza el curado por menos durante dos semanas o se puede hacer el uso de aditivos que no permitan la deshidratación del material, en nuestro medio generalmente se utiliza antisol el cual es colocado horas después del vertido.

Cuando se realizan moldes del hormigón el curado se lo hace por medio de estanqueidad el cual consiste en sumergir la pieza de hormigón por completo en agua. Este proceso se lo puede realizar también cuando se funden pisos en donde no se cuente con una

cubierta y el clima sea hostil. Se coloca una barrera en la parte perimetral de la losa y se vierte el agua hasta que esta forme un espejo con el líquido cubriendo el área a curar.

Según se menciona en el (ACI 318S-08, s. f.) a menos que el curado se realice con vapor a alta presión, presión atmosférica, calor y humedad, u otro proceso aceptado, en concreto debe mantenerse a una temperatura por encima de los 10 °C y en condiciones de humedad por lo menos los 7 primeros días luego de la colocación excepto para hormigones de alta resistencia. El hormigón de alta resistencia inicial debe mantenerse por encima de los 10 °C y en condiciones de humedad por lo menos los 3 primeros días excepto cuando se realice el curado por medio de vapor a alta presión, presión atmosférica, calor y humedad

2.2.3 Clasificación de patologías en estructuras de hormigón.

Las patologías en estructuras de hormigón están relacionadas a los factores que las provocan como se describe a continuación:

2.2.3.1 Patologías Físicas.

Las patologías físicas son todas aquellas en que la patología se produce a causa de cambios de humedad y temperatura, la causa física más común es la humedad y esta se produce por exceso de agua en un material o elemento. Según (Gaviria Ruiz & Restrepo Duque, 2017) se distinguen 5 tipos de humedad.

- Humedad de obra. Es aquella que ocurre cuando se está realizando un proceso constructivo y se da la evaporación de agua contenida en cierto material.
- Humedad capilar. Es el agua que procede del suelo y asciende por los elementos verticales.
- Humedad de filtración. Es la humedad procedente del exterior y que penetra en las estructuras a través de cubiertas o fachadas.
- Humedad de condensación. Es la producida por el exceso de vapor de agua desde ambientes con mayor presión del que se presenta.

- **Humedad accidental.** Es aquella que se produce por rotura de tuberías en donde la humedad es focalizada.

Ciclos de humedecimiento-secado. Cuando la matriz del hormigón es porosa se produce un fenómeno de saturación interna, en un inicio el agua atrapada en los poros genera esfuerzos de tracción por empuje hasta que esta se seca y luego se produce un efecto de contracción. Este proceso genera fisuras a nivel superficial con características típicas, fisuras finas, extensas y con signos de humedad según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

Fisuras capilares o superficiales. Este tipo de fisuras son el producto de un mal curado en el lapso de tiempo que tiene que transcurrir para que el hormigón alcance su resistencia final que son 28 días, este tipo de fisuras son irregulares y no presentan un patrón definido a más de ser fisuras delgadas ya que el hormigón se encuentra en estado endurecido según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

Este tipo de fisuras también es muy común que se presenten en los enlucidos de paredes generalmente debido a que la mezcla se encuentra seca y los bloques no se hidratan al momento de ser colocados, esto produce que el bloque absorba el agua de la mezcla para enlucido lo que se deriva en la fisuración de la capa de revestimiento de la mampostería.

Figura 4. Fisuras capilares o superficiales



Fuente: Autor

Fisuras por dilatación y contracción. Este tipo de fisuras se generan cuando se produce un cambio repentino de humedad cuando los poros de la mezcla están saturados de agua y se secan rápidamente produciéndose una disminución de volumen lo cual genera esfuerzos de tracción, las fisuraciones se ubican en las esquinas y se pueden controlar por medio de acero de refuerzo o mallas electrosoldadas. Este tipo de fisuras son más comunes en pisos y pavimentos, pero se pueden presentar en cualquier elemento de hormigón. (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

Figura 5. Fisuras de contracción por secado.



Fuente: Autor

2.2.3.2 Patologías físicas de origen biológico.

Cuando hablamos de patologías físicas de origen biológico nos referimos a la generación de bacterias, hongos, algas, líquenes y musgos sobre la superficie del hormigón. El medio ambiente está cargado de esporas y este es el primer ingrediente que se necesita para su desarrollo (Pasquel consultores, s. f.), el Clinker utilizado para la fabricación del cemento contiene óxido de calcio representando los nutrientes para el desarrollo de algunas plantas (Alcaraz Marín, 2012), esto se da cuando la temperatura ambiente es óptima, así mismo la matriz del hormigón es porosa la cual proporciona una superficie en donde los microorganismos se crean y finalmente el agua que es un factor que llega por medios externos como la lluvia la cual cumple la función de humedecer la matriz del hormigón,

todos estos factores presentes generan una contaminación biológica afectando la microestructura del hormigón por medio de bacterias, hongos, algas, líquenes y musgos. Se clasifica a las bacterias, hongos, algas, líquenes y musgos como patologías físicas de origen biológico ya que uno de los factores para su desarrollo es la presencia de agua y humedad.

Bacterias. Se generan en la superficie del hormigón alimentándose del calcio contenido en la mezcla, estas bacterias producen ácido sulfúrico el cual desgasta la superficie provocando una disminución en la sección de los elementos estructurales haciéndolos así más susceptibles a los ataques de tipo mecánico y físico, según (Cruz Biel, 2016) en el hormigón que se encuentra en contacto con el agua se desarrollan las cianobacterias, usualmente se encuentran en las tuberías de hormigón de aguas residuales ya que el contacto se realiza durante un tiempo largo, se encuentran en las paredes de las tuberías y degradan el hormigón.

Figura 6. Bacterias adheridas en el hormigón



Fuente: Autor

Hongos. Según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018) los hongos pueden alterar la superficie del concreto ya que producen esfuerzos de tracción hacia la matriz del hormigón generando fisuras que proporcionan espacios para el ingreso de agentes químicos reduciendo la vida útil del hormigón y generando afectaciones de tipo mecánico.

En si los hongos no representan un problema a las características mecánicas del hormigón, más bien representan un problema de tipo estético ya que provocan manchas sobre la superficie del hormigón. los más comunes son los mohos y levaduras según (Cruz Biel, 2016).

Los hongos representan un problema grave para la salud cuando están en contacto con agua que es de consumo humano.

Figura 7. Hongos (Mohos) adheridos en el hormigón



Fuente: Autor

Algas, líquenes y musgos. Casi siempre se generan en medios acuáticos aun que se pueden desarrollar en otras superficies con la suficiente cantidad de agua y luz solar. Las algas, líquenes y musgos causan algunos efectos en el hormigón como esfuerzos de tracción suministrados al hormigón armado durante su crecimiento, producen un alto consumo de calcio generando una baja del en la matriz del hormigón provocando la pérdida gradual de la capa protectora del hierro.

Según (Pipiraite, 2018) los líquenes como tal son elementos formados por algas y hongos, donde cada uno tiene una función que hace posible el desarrollo de especies vegetales. Las algas generan la fotosíntesis con lo que aportan los hidratos de carbono necesarios, y lo hongos suministra los elementos minerales para producir una base para la

vida vegetal, los líquenes son los responsables de la vegetación en las estructuras de los edificios.

También se pierde la sección eficaz de canales de riego reduciendo el rendimiento hidráulico además de su acción erosiva sobre las paredes de los canales según (Cruz Biel, 2016).

Figura 8. Algas, líquenes y musgos adheridos en el hormigón



Fuente: Autor

2.2.3.3 Patologías Mecánicas.

En este tipo de patologías predominan las sobrecargas, factores de movimiento como separación entre materiales o elementos constructivos. Según (Gaviria Ruiz & Restrepo Duque, 2017) se distinguen 5 tipos de lesiones de tipo mecánico.

Deformaciones. Son cambios que presentan los elementos estructurales los cuales son producidos por esfuerzos entre las cuales tenemos:

Flechas. Producidas por flexión de elementos horizontales afectados por cargas verticales. Según (Bilbao Alba, s. f.) este tipo de patología se la ha considerado normales desde siempre pero en la actualidad generan muchos problemas puesto que ahora las estructuras y construcciones modernas tienden a ser muy flexibles favoreciendo a las deformaciones excesivas siendo las deformaciones instantáneas como las diferidas mayores a las consideradas tradicionalmente en estructuras de hormigón.

Las principales causas de este problema según (Porto Quintián, 2005d) son:

- No calcular deformaciones.
- Considerar la misma deformación relativa en vigas grandes y pequeñas.
- No prever la transmisión de cargas en el elemento afectado.
- No igualar deformaciones en vigas que forman juntas de dilatación.

Según (ACI 435R-95, 2003) las deflexiones máximas calculadas permisibles son las siguientes:

Tabla 1. Deflexiones máximas calculadas permisibles

Tipo de miembro	Deflexión a considerar	Limitación de deflexión
Techos planos que no soportan o no están unidos a elementos no estructurales que puedan resultar dañados por grandes deflexiones.	Deflexión inmediata por carga viva L	$\frac{L^3}{180}$
Pisos que no soportan o no están sujetos a elementos no estructurales que puedan resultar dañados por grandes deflexiones	Deflexión inmediata por carga viva L	$\frac{L^3}{360}$
Construcción de techo o piso que soporta o fija elementos no estructurales que puedan resultar dañados por grandes deflexiones	La parte de la deflexión total que se produce después de la fijación de elementos no estructurales (suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas sostenidas y la deflexión inmediata debida a cualquier tensión adicional load) [†]	$\frac{L^3}{480}$
Construcción de techo o piso que soporta o fija elementos no estructurales que no es probable que se dañen por grandes deflexiones.		$\frac{L^3}{240}$

Fuente: (ACI 435R-95, 2003)

Figura 9. Flecha en viga



Fuente: <https://n9.cl/x33uz>

Pandeos. Producidas por exceso de compresión en elementos verticales según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018). Los pandeos se producen por secciones insuficientes, armaduras insuficientes, esbeltez no prevista en los cálculos, exceso de carga en pilares esbeltos, mayor altura de la considerada en los cálculos, las cargas actúan sobre el

elemento y al tener secciones y/o armaduras insuficientes sufren compresión más allá de su resistencia y por tanto la deformación del elemento.

Figura 10. Pandeo en columna



Fuente: <https://n9.cl/x33uz>

Desplomes. Según (Gaviria Ruiz & Restrepo Duque, 2017) producida por empujes horizontales en elementos verticales. Los desplomes también son causados en el procedimiento constructivo cuando no se realiza una revisión de que los elementos estén aplomados o en otros casos cuando los tablonos de los encofrados se encuentran deformados. Otro factor que produce el desplome de los elementos estructurales son las fuerzas sísmicas y los asentamientos diferenciales, estos últimos provocan que los elementos estructurales, (columnas) se dirijan hacia el sitio del asentamiento perdiendo su verticalidad.

Figura 11. Desplome de columnas



Fuente: Autor

Alabeos. Cuando los esfuerzos horizontales y verticales producen torsión en los elementos según (Gaviria Ruiz & Restrepo Duque, 2017). Este fenómeno se lo puede distinguir en vigas que soportan cargas que no están centradas en ellas, de igual manera en columnas que soportan cargas horizontales debido asentamientos, las columnas pueden sufrir torsión o desplomes. También es usual que los elementos estructurales sufran torsiones cuando estos se cargan prematuramente, en el caso de vigas que se carguen con paredes cuando el hormigón no haya alcanzado su resistencia, esto ocasiona que las paredes no queden aplomadas.

Figura 12. Alabeo en viga



Fuente: Autor

Según (ACI 117M-10, 2010) se manejan tolerancias para desviaciones horizontales en elementos estructurales:

Tabla 2. Tolerancias para desviaciones horizontales en elementos estructurales.

Desviación horizontal	
Elementos verticales, medidos en la parte superior de la base del elemento o en el nivel de soporte más bajo	+ 25 mm
Otros elementos	+ 25 mm
Ubicación del borde de todas las aberturas	+ 13 mm
Cortes de sierra, juntas y empotramientos debilitados en losas.	+ 20 mm

Fuente: (ACI 117M-10, 2010)

Grietas. Las grietas se definen como aberturas que se extienden de forma longitudinal en una estructura o en uno de sus elementos, es importante mencionar que cuando estas aberturas son superficiales se denominan fisuras mas no grietas. Según (Gaviria Ruiz & Restrepo Duque, 2017) se distinguen 5 motivos por las cuales se presentan las grietas.

- Exceso de carga. Estas grietas se producen cuando una estructura soporta mayor carga para la que fue diseñada por lo tanto estas estructuras o elementos deben ser reforzados.

Dilataciones y contracciones higrótérmicas. Este tipo de grietas afectan a fachadas y cubiertas, este tipo de patología también se presenta cuando los elementos no cuentan con juntas de dilatación.

Figura 13. Fisuras por dilatación y contracción higrótérmica



Fuente: Autor

Contracción plástica. Grietas que se presentan cuando se produce una rápida evaporación del agua cuando se realiza en el vertido o colocación del hormigón. La contracción plástica es inusual que se presente en columnas, pero se presenta con fisuras abiertas y horizontales.

Otras causas según (Porto Quintián, 2005d) son:

- Uso de hormigones con exceso de cemento.
- Recubrimiento mínimo del acero de refuerzo.
- Cemento de fuerte retracción.

- Cuantías de acero mínimo.
- Exposición de las caras de los elementos estructurales a soleamiento sin un curado adecuado.
- Temperaturas altas del hormigón en climas cálidos en el momento del fraguado.
- Vientos con velocidades mayores a 8 km/h que peguen directamente en las estructuras.

Figura 14. Grieta por contracción plástica en losa



Fuente: Autor

Contracción por secado. Se producen cuando la evaporación del agua contenida en el hormigón depende de factores como la humedad del aire, la temperatura ambiente, el viento al pegar directa o indirectamente sobre la estructura y la relación agua cemento. Según (Sotomayor, s. f.) las grietas de contracción por secado nunca se pueden eliminar en la mayor parte de las estructuras, el acero colocado por contracción y temperatura reduce las fisuras pero no para que estas sean imperceptibles, así mismo el uso de fibras ayuda a la absorción de esfuerzos de tracción y reduce la fisuración significativamente

Figura 15. Grieta por contracción por secado en losa



Fuente: <https://n9.cl/v0b95>

Asentamiento diferencial. Este tipo de grietas se producen ya sea por fallo del terreno o por fallo de las cimentaciones, cuando existe una diferencia considerable en los niveles de cimentación producido por el asentamiento del suelo. Según (Gómez Echavarría & Palacios Ramírez, 2011) las causas de los asentamientos son:

- Errores en el proyecto o ejecución de las fundaciones.
- Cargas no previstas.
- Deformación excesiva del suelo de fundación.
- Fundación sobre pozos mal segados, rellenos mal ejecutados.
- Fundación de la misma estructura sobre diferentes tipos de suelo.
- Alteraciones por construcciones vecinas.
- Suelos expansivos.

Desde otro punto de vista según (Bilbao Alba, s. f.) los problemas por asentamiento no se deben atribuir al terreno ya que es responsabilidad de los técnicos realizar los estudios pertinentes para obtener información necesaria sobre las características del suelo, por lo tanto la aparición de fisuras por asentamiento se debe atribuir únicamente a la estructura ya que es ésta la que no se adapta correctamente a las condiciones del suelo.

En las intervenciones técnicas que se realizan cuando se muestran fisuras por asentamiento las correcciones se realizan a la estructura de cimentación y en pocos casos se interviene el terreno con técnicas de consolidación.

Figura 16. Grietas por asentamiento diferencial en pared



Fuente: Autor

Fisuras. Las fisuras son aberturas de menor tamaño que se presentan principalmente en los acabados de las superficies. Los planos de falla dependen del tipo de esfuerzo al que están sometidos los elementos estructurales. Para poder diferenciar una grieta y una fisura se realiza la medición de la abertura que se presenta en la superficie del hormigón, según (Sotomayor, s. f.) se clasifican como indica la siguiente tabla:

Tabla 3. Clasificación de fisuras según el ancho

Clasificación por ancho (e)		Nivel de repercusión en la estructura
Microfisuras	$e < 0,05\text{mm}$	Nivel muy bajo
Fisuras	$0,1 < e < 0,2$ mm	Nivel bajo. Tener cuidado con ambientes marinos u otros agresivos donde pueda desencadenarse la corrosión del acero
Macrofisuras	$0,2 < e < 0,4$ mm	Nivel moderado. Podría existir repercusiones estructurales. Se requiere estudio de vulnerabilidad para el diagnóstico y alternativas de reparación y/o reforzamiento en caso lo amerite.

Grietas	0,4 < e < 1 mm	Nivel alto. Podría existir disminución de la capacidad sismorresistente. Se requiere estudio de vulnerabilidad para el diagnóstico y alternativas de reparación y/o reforzamiento en caso lo merite.
	e > 1 mm	Nivel muy alto. Posible reducción significativa de la capacidad sismorresistente. Se requiere estudio de vulnerabilidad para el diagnóstico y determinar la posibilidad de salvar la estructura. Dependiendo de los danos encontrados, se debe evaluar la evacuación y apuntalamiento de la edificación.

Según (ACI 224R-01, 2001) se considera anchos de fisuras razonables bajo cargas de servicio y condiciones de exposición a los siguientes valores

Tabla 4. Anchos de fisura razonables bajo cargas de servicio y condiciones de exposición.

Condiciones de exposición.	Ancho de fisura en mm
Aire seco.	0,41
Humedad, aire húmedo, suelo.	0,30
Productos químicos des congelantes.	0,18
Agua de mar y rocío de agua de mar, humedecimiento y secado.	0,15
Estructuras para retención de agua	0,10

Fisuras por tracción pura. Este tipo de fisuras se genera cuando a un elemento estructural se le somete a una carga en su eje es decir que se produce cuando al hormigón se lo hace trabajar a tracción según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018)

Otra forma en la que se presentan las fisuras por tracción se da cuando existen asentamientos diferenciales y no existen vigas que soporten las cargas que genera el peso de las columnas y la mampostería el cual se dirige hacia el punto de asentamiento, esto provoca fisuras por tracción en la unión de la columna con la mampostería, por esta razón se

recomienda que las paredes tengan viguetas y la mampostería este unida con chicotes a las columnas, de esta manera se generan elementos que disminuyan el efecto de tracción. Las causas para que se produzca este tipo de patología según (Porto Quintián, 2005d) son las siguientes:

- Aumento del esfuerzo axial al que está sometido el elemento estructural.
- Asentamiento de zapatas.
- Excavaciones en terrenos colindantes.
- Omisión o falta de vigas.
- Acortamiento de las cabezas de pilares inferiores en la estructura.

Figura 17. Fisura por tracción en la unión de columna con la mampostería



Fuente: Autor

Fisuras por flexión. Este tipo de fisuras se producen por fuerzas de tracción que actúan sobre un elemento estructural y no existe suficiente acero de refuerzo según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018). La fisura se genera en la parte central de la luz del elemento de forma vertical hasta alcanzar el eje neutro de la sección del elemento. Las fisuras por flexión en columnas se presentan en las cabezas de los pilares, se presenta como una fisura abierta en la cara traccionada y se cierra al alejarse de la misma. Según (Porto Quintián, 2005a) las causas son las siguientes:

- Aumento de esfuerzo flector por asentamiento.

- Empujes horizontales no previstos.
- Diseño inadecuado de armadura, hormigón y cargas de sollicitación.
- Falta de anclaje en las patas de columnas y uniones viga-columna.

Figura 18. Fisura por flexión en columna.



Fuente: Autor

Fisuras por cortante. Las fisuras por cortante se generan cerca de los apoyos de los elementos estructurales de forma diagonal a 45 grados, debido a un exceso de esfuerzo de cortante o la falta de suficiente acero de refuerzo. Este tipo de fisuras pueden presentar una falla súbita por lo que no se dispone de mucho tiempo para realizar una corrección en los elementos afectados según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018). Según (Porto Quintián, 2005d) las causas que producen este tipo de patología son:

- Deslizamiento de cimentaciones.
- Diseño inadecuado de armaduras, secciones de los elementos y hormigón.

Empuje horizontal superior al calculado.

Figura 19. Fisura por cortante



Fuente: Autor

Fisuras por adherencia. Estas fisuras se producen por la pérdida de adherencia entre el acero de refuerzo y en hormigón, estas fisuras se prolongan verticalmente partiendo desde el acero recorriendo por el hormigón con lo cual se pierde la trabajabilidad como conjunto entre los dos materiales según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

Figura 20. Fisuras por adherencia entre hormigón y acero de refuerzo



Fuente: Autor

Fisura por torsión. Este tipo de fisuras se presentan únicamente cuando ocurre un sismo, en donde se produce un momento en el eje centroide del elemento estructural, aquí se produce un esfuerzo de cortante sobre las paredes del elemento en cuestión según (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018). Según (Porto Quintián, 2005a) las causas de la presencia de fisuras por torsión son las siguientes.

- Sección insuficiente de los elementos estructurales.

- Armadura transversal y longitudinal insuficiente.
- Hormigón de menor resistencia.
- Cálculos erróneos.

Figura 21. Fisura por torsión en viga de cimentación



Fuente: Autor

Fisuras por punzonamiento. Este tipo de fisuras ocurren en las uniones de elementos estructurales cuando uno de estos es de menor tamaño en relación al otro, aquí se aplica una carga de gran magnitud en un punto específico siendo el caso típico la unión de una columna con una losa. Dependiendo de la cuantía de acero transversal existente la capacidad de aviso será mayor o menor (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018).

Según (Porto Quintián, 2005d) las causas de esta patología son las siguientes:

- Escaso espesor de forjado.
- Exceso de carga.
- Armadura transversal insuficiente.
- Hormigón de menor resistencia.

Figura 22. Fisuras por punzonamiento en losa



Fuente: (Zarzosa, 2016)

Fisuras por compresión. Generalmente se presentan en columnas debido a esfuerzos de compresión axial que soporta el elemento estructural, este tipo de fisura se presentan en dirección vertical (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018). Según (Porto Quintián, 2005d) las causas de esta patología son las siguientes:

- Ausencia de estribos en el pilar o columna.
- Diseño incorrecto de sección, armadura o del hormigón.
- Exceso de cargas.
- Sismos.

Figura 23. Fisuras por compresión en columna



Fuente: Autor

Fisuras debidas a deflexiones y movimientos excesivos. Generalmente cuando se realiza un diseño de una estructura no se toma en cuenta la posibilidad de que esta sufra asentamientos y cuando esto sucede la estructura comienza a sufrir fenómeno de momento, la estructura presenta fisuras como consecuencia del asentamiento, (Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018) menciona que estos asentamientos pueden ser:

- Asentamientos en el centro de la luz (arcillas).
- Asentamientos diferenciales (arena-arcilla).
- Asentamiento solo en una parte de la estructura por diferencia en el terreno de fundación (roca-arcilla).
- Asentamiento diferencial en un costado de la estructura (arcilla).
- Asentamiento diferenciado desde el centro hacia los costados de la estructura (arcillas).

Desprendimientos. Los desprendimientos se originan cuando el material de recubrimiento se separa del material de soporte cuando los dos no se adhieren de una manera correcta, debido a esto se pueden producir lesiones como humedades, deformaciones y grietas. Las causas de esta patología según (Porto Quintián, 2005d) son:

- Áridos reactivos que reaccionan con el agua formando sulfatos.
- Aditivos empleados de forma incorrecta.
- Uso de cementos expansivos con exceso de cal.
- Posible entumecimiento del hormigón.
- La estructura se encuentra en un ambiente químico que ataca desde afuera.

Figura 24. Desprendimiento en columna



Fuente: Autor

Erosiones mecánicas. Este tipo de patología se presenta principalmente en los pavimentos ya que se produce la pérdida o desprendimiento del material superficial por esfuerzos mecánicos como los golpes o rozaduras. De igual manera se presentan fisuras longitudinales y transversales, roturas en las esquinas, deterioro de juntas, levantamientos localizados, descenso de banquetas en los paños afectados, las causas más comunes para la presencia de estas anomalías según (Calo, 2018) son las siguientes:

- Pérdida de soporte por erosión.
- Paños con ángulos agudos.
- Transferencia de cargas deficiente.
- Fisuraciones por fatiga.
- Flexiones de juntas o capas inferiores.
- Asentamientos diferenciales.
- Deterioro de losas por fisuraciones tempranas.
- Incrustaciones de materiales.
- Espesores y sellos insuficientes.
- Hormigón debilitado por falta de compactación.
- Curado deficiente.

- Acción del clima.
- Mala adherencia entre hormigones viejos y nuevos.
- Corrosión de armaduras.

Figura 25. Erosión mecánica de pavimento.



Fuente: Autor

2.2.3.4 Patologías Químicas.

Como su nombre lo indica son patologías que se producen por fenómenos o procesos de carácter químico debido a la presencia de sales, ácidos o álcalis los cuales reaccionan con el hormigón produciendo la descomposición o deterioro del material afectando su integridad y disminuyendo la vida útil del mismo. Según (Gaviria Ruiz & Restrepo Duque, 2017) las patologías químicas se encuentran divididas en 4 grupos.

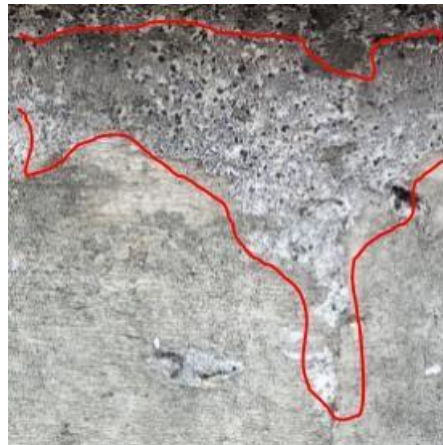
Eflorescencias. Según (Mansilla Torres, 2003) se genera cuando el agua contenida en los capilares del hormigón la cual se encuentra cargada de sales e hidrato de cal se presenta en la superficie, estas sales al igual que el hidrato de cal al entrar en contacto con el gas carbónico del aire se transforma en carbonato de calcio. Este tipo de patología es fácil de identificar ya que se presenta a manera de manchas blancas sobre la superficie del hormigón debido a la cristalización de las sales. Las causas de la aparición de eflorescencias en los materiales de construcción según (Gómez & Rashid, 2018) son los siguientes:

- Composición de los materiales de construcción, contenido de cal.

- Viento y lluvia el cual permite el ingreso de agua a los materiales utilizados.
- Condensación a nivel intersticial en hormigones y fachadas.
- Aguas utilizadas en las mezclas con contenido de sales, (aguas de pozos).
- Acumulación de cristales en estructuras que están en contacto directo con el suelo.

La medición o identificación de esta patología se realiza con inspección visual, pero se realizan ensayos de humedad y resistencia del hormigón previo a las reparaciones correspondientes.

Figura 26. Eflorescencia en pared



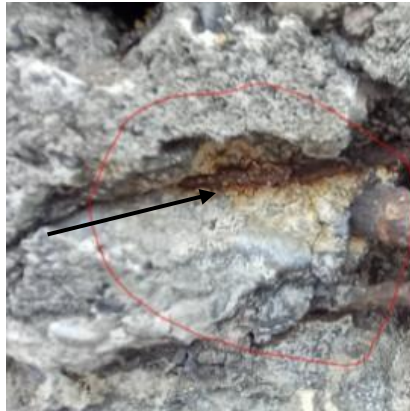
Fuente: Autor

Aluminosis. Esta patología se presenta cuando los aluminatos del cemento provocan cambios en la estructura del hormigón volviéndolo poroso y disminuyendo considerablemente su resistencia y durabilidad, este fenómeno es el antecesor de la corrosión en las armaduras de refuerzo al igual que el fenómeno de oxidación según (Ingenieros Asesores, 2018). Las causas principales para esto se produzcan son:

- Uso de cementos aluminosos.
- Conversión de los aluminatos del cemento.
- Temperatura elevada y humedad.
- Carbonatación del cemento.

- Elementos sometidos a ambientes costeros, baños, cocinas etc.

Figura 27. Aluminosis en hormigón armado



Fuente: Autor

Oxidación y corrosión. La oxidación se produce cuando el metal entra en contacto con el oxígeno del aire produciendo la oxidación del material. El fenómeno de la corrosión se produce luego de la oxidación de las armaduras, cuando la armadura se corroe aumenta su volumen y esto provoca la fisuración y caída del recubrimiento, posteriormente se produce la pérdida de la sección en el acero y se producen las fallas estructurales.

Este fenómeno produce la pérdida de las partículas de la superficie del metal, la corrosión se origina por agua, componentes orgánicos y por gases atmosféricos (Gaviria Ruiz & Restrepo Duque, 2017) otros factores por los cuales se produce la corrosión según (Porto Quintián, 2005d) son:

- Empleo de áridos inadecuados.
- Armaduras con recubrimientos mínimos.
- Hormigón no compacto y con exceso de agua.
- Hormigón poroso.
- Proceso de vibrado mal ejecutado.
- Ausencia de anticorrosivos en las superficies metálicas.
- Ambientes agresivos con presencia de cloruros como zonas marinas e industriales.

Figura 28. Oxidación y corrosión en armadura de refuerzo



Fuente: Autor

Carbonatación. La carbonatación del hormigón se produce cuando reacciona el CO_2 atmosférico con el hidróxido de calcio produciendo carbonato de calcio, este proceso se hace más agresivo según la ubicación de una estructura de hormigón dependiendo de los niveles de dióxido de carbono de la atmosfera.

El proceso de carbonatación no solo afecta al hormigón en estado de pasta si no también lo afecta en estado sólido. Lo que se produce en este fenómeno es que el acero se encuentra embebido en el hormigón, pero sufriendo las mismas consecuencias que se presentan cuando está expuesto a la atmosfera, es decir sin protección química según (Alonso, 1988)

El descenso de la alcalinidad se produce principalmente por reacción de los compuestos de carácter básico de la fase acuosa del hormigón, hidróxidos de sodio, potasio y calcio, con los componentes ácidos de la atmósfera, dióxido de carbono (CO_2) y de azufre (SO_2), para formar carbonatos, sulfatos y agua, a este descenso de alcalinidad se lo denomina carbonatación según (García, 2011). Las causas para que se genere esta patología según (Reyes Vázquez, 2019) son:

- El uso de cementos aluminosos, aplicados en la década de los 70 y 80 en la construcción de vigas y viguetas.
- Emplazamiento de obras en zonas costeras.

- Amasado del hormigón con temperaturas mayores a los 20 °C.
- Aguas de amasado alcalinas con temperaturas mayores a los 25 °C.
- Presencia de CO₂ (anhídrido carbónico).
- Edificaciones que se pueden encontrar a menos de 200 km respecto a humedades o nieblas marinas.

Todos estos factores producen:

- Disminución de la resistencia del hormigón.
- Aumento de la porosidad del hormigón, carbonatación.
- Pérdida de adherencia del acero con el hormigón.
- Aparición de fisuras que comienzan en la armadura y recorren el hormigón afectado.

Figura 29. Carbonatación en losa de hormigón



Fuente: Autor

2.2.3.5 Patologías en el hormigón producidas por defectos constructivos en la obra

Coqueras. Las coqueras se forman cuando pequeñas burbujas de aire, agua, aceite del encofrado quedan atrapadas en el proceso de hormigonado provocando la generación de espacios vacíos que no son llenados por el hormigón, otro de los factores que producen coqueras son los mismos áridos de la mezcla, piedras de gran tamaño que quedan atrapadas en el acero de refuerzo provocando un tapón al paso de la mezcla de hormigón, de

aquí radica la importancia de una correcta revisión de los encofrados, la distribución del acero de refuerzo, un correcto uso en el tamaño de los agregados, el vibrado del hormigón y la consistencia que tenga la mezcla según (Monjo Carrio, 2001)

Figura 30. Coquera en columna



Fuente: Autor

Juntas frías. Este tipo de patologías principalmente se generan cuando las estructuras no se pueden construir monolíticamente debido a su tamaño, muros con alturas y longitudes considerables, losas, vías por mencionar algunas. Se opta por una planificación considerando el tiempo que se va a tomar en fundir dichas estructuras. Según (Murillo Melo, 2014) se hace necesario el uso de juntas de construcción para garantizar que las estructuras, a pesar de no ser fundidas monolíticamente, mantengan su impermeabilidad y por ende su integridad estructural.

La junta de construcción se forma en la unión de dos hormigones con diferente edad, para este caso es indispensable la utilización de aditivos para que los dos hormigones se unan de forma correcta y no se genere una sección débil en la estructura.

Figura 31. Junta fría en losa



Fuente: Autor

2.2.4 Errores en el proceso de proyecto de una obra

Es necesario determinar también si las lesiones son producidas en el proceso de proyecto de una estructura ya que este tipo de errores son muy comunes, este punto es muy importante ya que el jefe de una obra podrá detectar posibles fallos estructurales. Para abordar este apartado se distinguen dos grupos cometidos en la fase de proyecto según (Rodríguez, 2004)

Errores técnicos. Son los errores por consecuencia de mala redacción de un proyecto en el diseño, cálculo, especificaciones técnicas etc.

- Errores de concepción general de una estructura ya sea en el diseño y construcción.
- Modelado de cálculo erróneo.
- Estimación incorrecta de cargas y sobrecargas.
- Estimación incorrecta de las cargas dinámicas y vibraciones externas.
- Estimación incorrecta de la flecha diferida de los elementos.
- Detalles constructivos mal concebidos o mal diseñados.
- Errores de acotación, escala, simbología etc.
- Errores en especificaciones de elementos y materiales.

Errores de expresión. Son aquellos errores cometidos por el personal al momento de la puesta en limpio del proyecto.

- Errores de terminología. Comprenden los errores en especificaciones de materiales, métodos de construcción, control de calidad, referencias en las normativas.
- Errores en las acotaciones. Cuando no se toma en cuenta procesos de replanteo en obra y se colocan medidas incorrectas al momento de acotar un plano. La falta de cotas en los planos también conlleva a cometer grandes errores al suponer una medida que podría ser incorrecta.
- Errores de escala. Se da cuando se expresa una medida en el plano que no concuerda con la realidad en obra, de igual manera ocasiona problemas cuando no colocan las escalas de elementos pequeños como varillas cuando no se dibujan diámetros reales trayendo posteriormente problemas de hormigonado y vibrado.
- Errores de símbolos y abreviaturas. Cuando no se utiliza la simbología y abreviaturas correctas no se puede dar una lectura correcta del plano.
- Errores de detalles. Generalmente este tipo de errores se dan cuando se realiza un mal diseño de una estructura ya que los detalles son colocados de manera incorrecta o simplemente se omiten detalles que son importantes para el personal que realiza la lectura de un plano.
- Errores en modificación de proyectos. Este tipo de errores se dan sobre todo en el transcurso de la construcción de una obra ya que se realizan cambios generalmente con el afán de mejorar o distribuir de una mejor manera tanto los elementos constructivos como los espacios ya establecidos, cuando son cambios pequeños generalmente se los pasa por alto, pero con el transcurso de la realización de la obra provocan problemas grandes y abecés muy costosos.
- Errores por planteamiento incorrecto de cálculo. Este tipo de errores provoca que el desempeño y funcionamiento de un elemento o de la estructura en general sea completamente diferente al solicitado.

- Errores debidos a disposiciones incorrectas de armaduras. La mala disposición de las armaduras y el incorrecto cálculo de cuantías son motivos claros para que una estructura sufra lesiones, este tipo de error puede darse en la definición de un proyecto como en la ejecución del mismo.
- Juntas de dilatación. El cálculo inadecuado de una junta de dilatación trae como consecuencia directa la fisuración de la estructura y en los elementos que soporta dicha estructura.
- Errores de colocación de pilares. Es fundamental contar con un cuadro de pilares claro y detallado ya que es frecuente el error de cambiar la dimensión o la disposición de los pilares trayendo consecuencias desastrosas.

2.2.5 Influencia de las patologías en la vida útil del hormigón.

Los ambientes a los que está sometida una estructura juegan un papel muy importante en la degradación de los materiales ya que cada ambiente encierra una gran cantidad de factores que atacan a los elementos estructurales ya sea de manera agresiva o no, otros factores que influye en la generación de patologías y por consiguiente la disminución de la vida útil de una estructura son sin duda el proceso constructivo que se realiza, los materiales que se utilizan ya que de esto también depende la resistencia que presente la estructura al ataque de factores externos que la dañen.

Según (Traversa, 2004) los mecanismos de degradación del hormigón armado son conocidos y existen las tecnologías para atenuarlos o eliminarlos, existe una gran cantidad de estructuras que se ven degradadas antes de cumplir el ciclo de vida útil para el que fueron diseñadas por causas que se atribuyen a la fase de proyecto de la obra, materiales utilizados y la construcción.

Obviamente la presencia de patologías en las estructuras disminuye la vida útil de una obra ya que producen daños internos y externos que comprometen la integridad del

proyecto, pero en un contexto general se puede evitar, controlar y eliminar los procesos patológicos.

Por lo tanto, la durabilidad y la vida útil de una estructura están directamente condicionados por el diseño correcto y la calidad del hormigón, el proceso de ejecución de la obra, diseño estructural, distribución arquitectónica y la ingeniería para la elección correcta de una estructura que vaya acorde a las solicitaciones independientemente del material que se utilice (acero, hormigón, madera) (Traversa, 2004).

Según el (ACI 365.1R-00, 2002) la durabilidad hace referencia a la capacidad de mantener las condiciones de servicio de un elemento, ensamble, construcción sobre un tiempo determinado, las condiciones de servicio es la capacidad para realizar la función o funciones para lo que diseña y construye.

La vida útil del componente o material de construcción es el periodo de tiempo después de la instalación o ubicación durante el cual todas las propiedades exceden los valores mínimos aceptables cuando se mantienen de manera rutinaria. Se ha definido tres tipos de vida útil, vida de servicio técnico, es el tiempo en servicio hasta que se alcanza un estado no aceptable definido como desconche del hormigón, seguridad por debajo de lo aceptable o falla de los elementos. Vida útil funcional, es el tiempo en servicio hasta que la estructura ya no cumple con los requisitos funcionales o se vuelve obsoleta debido a un cambio en los requisitos funcionales como las necesidades de mayor espacio libre y la vida útil económica que corresponde al tiempo en servicio hasta que el reemplazo de la estructura o parte de ella es económicamente ventajosa que mantenerla en servicio, (ACI 365.1R-00, 2002)

El diseño de vida útil incluye el diseño arquitectónico y estructural, la selección y el diseño de materiales, los planes de mantenimiento y los planes de garantía y calidad para una estructura futura con base en la proporción de la mezcla, incluida la selección de los componentes del concreto, las propiedades conocidas de los materiales, el entorno de

servicio esperado, detalles estructurales, métodos de construcción, el historial de carga proyectado y la definición del final de la vida útil, (ACI 365.1R-00, 2002)

Según (ACI 365.1R-00, 2002) están desarrollando metodologías que predicen la vida útil de las estructuras de hormigón existentes para lo cual se requiere información sobre el estado actual del hormigón, tasas de degradación, cargas pasadas y futuras, con base en las predicciones de vida restante se puede tomar decisiones sobre el rehabilitar o reemplazar la estructura. El final de la vida útil se puede definir como:

1. La seguridad estructural es inaceptable debido a la degradación del material el hecho de que se supere la carga de diseño.
2. Degradación severa del material como la corrosión del acero de refuerzo.
3. Los requisitos de mantenimiento superan los recursos disponibles.
4. La estética se vuelve inaceptable.
5. La capacidad funcional de la estructura ya no es suficiente para la nueva demanda.

El proceso de deterioro físico y químico con el tiempo o la reducción de la durabilidad generalmente depende de la presencia y transporte de sustancias nocivas a través del hormigón y de la magnitud, frecuencia y efecto de las cargas aplicadas, la relación entre los conceptos de durabilidad y desempeño, el transporte combinado con el calor, la humedad, productos químicos tanto dentro del hormigón como en el intercambio con el entorno circundante, ataques químicos los cuales implican la alteración de la pasta de cemento lo que puede afectar secciones transversales estructurales enteras, (ACI 365.1R-00, 2002).

La formación retardada de etringita, ataque por sulfatos, generan fisuración en el hormigón, ataque por ácidos, altas concentraciones de hidróxido de sodio y potasio provocan que las capas de hormigón se desintegren, agregados que contengan cal, la corrosión del acero de refuerzo, ataque por hielo y deshielo, ataques físicos, cristalización de

sales, abrasión, erosión y cavitación, diseños de carga, factores de carga y resistencia son factores que se deben tomar en cuenta en el momento del diseño de un hormigón y de su colocación en obra, con el estudio de todos estos componentes y el uso adecuado de la normativa se podría asegurar que el hormigón cumpla con la vida útil para la que es diseñado con un aumento de este tiempo hasta en un 30% en las condiciones más desfavorables como es el ataque por corrosión de las armaduras.

También en la actualidad se realizan pruebas y estudios en donde se somete al hormigón a todos estos factores para que se produzca desgastes acelerados controlados con el objetivo de poder determinar en qué tiempo el hormigón presenta características de daño o avance patológico y determinar el tiempo de vida útil según las características del hormigón.

2.3 Identificación de patologías en estructuras de hormigón.

2.3.1 Técnicas de inspección.

Es importante realizar una inspección de la obra con el fin de poder identificar anomalías, procesos patológicos que se estén desarrollando y daños que se puedan evitar con un correcto procedimiento. Para esto el personal técnico que vaya a realizar la inspección debe tener completo conocimiento de todo lo que concierne a la obra desde la concepción del proyecto hasta posibles inspecciones y mantenimientos que se hayan realizado, para esto se hace una primera revisión de:

Examen de la documentación existente. Hace referencia a la recopilación de toda la información del proyecto, principalmente planos y cálculos para poder verificar si la obra cumple con las especificaciones que se dan, hacer una revisión de documentación en donde se haya hecho los respectivos controles de calidad si se los realizo, según (Monjo Carrio, 2001) la usual falta de información o dificultad para encontrarla al abordar la intervención en una estructura existente implica tener que reconstruir todo lo que se desconoce a partir de una inspección posterior.

Inspección visual. Con la inspección visual lo que se busca es conocer los materiales de construcción utilizados, así como las dimensiones de los elementos estructurales, registrar de una manera detallada los daños o posibles daños que se presenten. Esto permite al personal técnico determinar un plan de acción que sea efectivo para la conservación de la estructura. En este punto se realizan mediciones básicas de desplomes, flechas, desniveles, colocación de testigos de ser necesario, esto con el objetivo de realizar una comprobación del estado estructural en posteriores inspecciones.

Según (Monjo Carrio, 2001) es conveniente realizar planos de plantas, secciones, alzados en donde se ponga en conocimiento todos los daños detectados como la presencia de fisuras y grietas, deformaciones, corrosión, oxidación o cualquier tipo de ataque que esté presente en la estructura, la realización de fotos y videos que nos permita tener una visión global de los daños que presenta la estructura pudiendo así reducir los procesos patológicos y sus causas, de esta manera obtenemos una directriz de hacia dónde van encaminados los ensayos que se realicen posteriormente.

Luego de la inspección visual y la recolección de datos se realiza un informe preliminar en donde consta la información obtenida por medio de un análisis ordenado y las conclusiones que adopta el personal técnico para un posible plan de acción, en donde se especifique las técnicas y procedimientos a realizarse con respecto a los procesos patológicos presentes y así establecer las acciones necesarias para eliminar las causas y realizar la reparación de los daños.

Inspección técnica. La inspección técnica comprende un conjunto de ensayos establecidos y planificados posteriores a la inspección visual y luego de la revisión del respectivo informe preliminar, con la realización de estos ensayos y pruebas se obtienen datos que no se obtienen con inspecciones visuales y que permiten al equipo técnico ahondar en los procesos patológicos presentes en las estructuras (Barriga Cáceres & Bustamante Bances, s. f.).

Al momento existe una gran variedad de instrumentación y ensayos los cuales deben ser realizados por personal técnico capacitado con facilidad de poder interpretar los datos obtenidos y de esta manera no se realicen conclusiones erróneas sobre los procesos a seguir con la intención de frenar y eliminar los procesos patológicos, sus causas y posteriores consecuencias. (Monjo Carrio, 2001)

Con el buen criterio y la experiencia que presente el técnico especialista se adoptaran las medidas, técnicas y procedimientos oportunos para realizar cualquier tipo de tratamiento y reparación que la estructura lo necesite con el objetivo de que la estructura recupere sus funciones para las cuales fue diseñada según (Monjo Carrio, 2001).

2.3.2 Ensayos

Los ensayos se realizan con el objetivo de determinar características de los materiales de construcción (ensayos no destructivos) generalmente este tipo de ensayos se los hace en conjunto es decir, no se realiza un solo ensayo para determinado problema ya que esto puede ocasionar que se tenga una visión parcial del problema que se analiza, con un conjunto de ensayos se amplía la información necesaria para el equipo profesional lo que muchas veces supone la realización de ensayos más complejos (ensayos destructivos) lo que implica la destrucción parcial de la estructural o el debilitamiento de un elemento estructural que estos procesos ocasionan, (Vallejo García, 2017)

2.3.2.1 Ensayos no destructivos.

Los ensayos no destructivos son aquellos en donde no se genera ningún tipo de debilitamiento del elemento estructural de estudio entre los cuales tenemos:

Ensayos de humedad. Este ensayo se utiliza para medir la humedad superficial de los materiales mediante el contacto de dos agujas lectoras las cuales generan una pequeña corriente eléctrica en la superficie, este tipo de ensayo se realiza con el objetivo de verificar la humedad contenida antes y después de algún tratamiento que se vaya a realizar a las

superficies o la previa colocación de nuevos revestimientos. Se utiliza un Humidímetro en el ensayo

Figura 32. Ensayo de humedad (Humidímetro)



Fuente: <https://bit.ly/3ldICZ3>

Esclerometría. Es un ensayo que se realiza para obtener la resistencia aproximada del hormigón por medio de golpes que se realizan con el esclerómetro a la superficie analizada, se debe tener en cuenta que en este resultado juegan algunos factores como dosificación del hormigón, el tipo de árido utilizado, rugosidad de la superficie, humedad y sobre todo el nivel de carbonatación del hormigón, según (Monjo Carrio, 2001) este valor obtenido no es real ya que la carbonatación del hormigón produce un endurecimiento de la superficie, para obtener un valor más real se debe quitar alrededor de 2 mm de superficie que comprende la carbonatación para realizar esta técnica.

Se recomienda realizarla en hormigones con edad hasta de tres meses y se utiliza más bien para conocer la resistencia del hormigón en diferentes partes de los elementos estructurales. Con este ensayo se obtiene la uniformidad del hormigón según para determinar su calidad según (Balzamo, 2020)

Figura 33. Ensayo de esclerometría



Fuente: <https://bit.ly/3rbi0M4>

Ultrasonido. Este ensayo se lo realiza con el objetivo de obtener el módulo de elasticidad del hormigón y a partir de esto la resistencia a la compresión del material, permite también tener una idea clara de la homogeneidad del hormigón así como saber sobre la presencia de fisuras y coqueas en las estructuras (Badilla, 2012).

Según (Monjo Carrio, 2001) esto se logra atravesando el elemento estructural con ondas ultrasónicas y midiendo el tiempo que estas tardan en llegar desde el aparato emisor hasta el receptor, a diferencia del ensayo con el esclerómetro su resultado no se ve influenciado por procesos de carbonatación ni otros factores presentes en el elemento estructural.

Figura 34. Ensayo de ultrasonido



Fuente: <https://bit.ly/30Wot2Z>

Ondas magnéticas o método de reflexión electromagnética. Este ensayo se realiza por medio de un pachómetro el cual por medio de ondas magnéticas nos permite saber

la ubicación y disposición de la armadura de refuerzo, así como también saber un estimado de los diámetros utilizados. Este método se vuelve algo ineficiente cuando existe una gran cantidad de acero de refuerzo en las armaduras y cuando la superficie de recubrimiento tiene espesores altos según (Balzamo, 2020)

Figura 35. Ensayo por ondas magnéticas



Fuente: <https://bit.ly/314aJmG>

Grado de corrosión. Debido a que el acero de refuerzo obtiene protección del hormigón por medio de su recubrimiento no se sabe a ciencia cierta si la armadura presenta un proceso de corrosión por lo que se realiza una prueba de medida del grado de corrosión, el cual consiste en acceder mediante un corte o cala del hormigón hasta el acero de refuerzo conectando un electrodo en un sitio específico y el otro electrodo se desliza por la superficie del elemento midiendo el potencial eléctrico de la estructura según (J. Moreno, 2018)

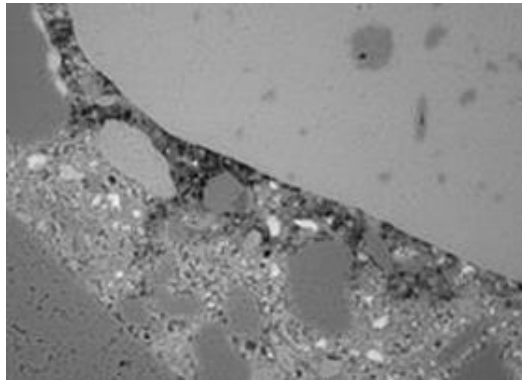
Figura 36. Ensayo de grado de corrosión



Fuente: <https://bit.ly/3p5N3Gq>

Examen con microscopio. Este ensayo se lo realiza para poder medir las microfisuras presentes en el hormigón las cuales no son visibles. Se utiliza un microscopio petrográfico. El microscopio también es utilizado para poder identificar bacterias que se estén desarrollando en las superficies de hormigón.

Figura 37. Ensayo con microscopio



Fuente: <https://bit.ly/3cPZMXY>

Extensometría. Según (Monjo Carrio, 2001) la extensometría permite la medición en lesiones, su variación dimensional así como el seguimiento de la variabilidad en grietas y fisuras. Además, nos permiten realizar un seguimiento en la cuantificación de la variación de la fisura a través del tiempo o de la temperatura. Entre la instrumentación para estos ensayos tenemos cuentahílos, deformómetros, fisurómetros y extensómetros eléctricos.

Figura 38. Extensometría



Fuente: <https://bit.ly/311VpXy>

Termografía de infrarrojos. Según (Reyes Vázquez, 2019) este ensayo no destructivo consiste en realizar mediciones de pérdidas o ganancias térmicas en los

elementos analizados, detectando así zonas con pérdidas de aislamiento, puentes térmicos. Por otro lado, permite una fácil y rápida interpretación de los resultados, únicamente mirando las imágenes captadas por la cámara.

Figura 39. Termografía de infrarrojo



Fuente: <https://bit.ly/3FUoKIL>

2.3.2.2 Ensayos semidestructivos.

Arrancamiento o pull-out. Con este ensayo se tiene como objetivo obtener la resistencia a la tracción y consistencia del hormigón. Se coloca un elemento que quedara anclado al hormigón ya sea al momento de realizar el vertido del material o realizando un corte circular en superficies endurecidas la cual se ancla por medio de resina epoxi a una pieza metálica.

El procedimiento consiste en tirar del elemento embebido en el hormigón hasta que se rompa o se arranque de la superficie midiendo la fuerza a tracción y deduciendo su resistencia mediante la utilización de ábacos según (Monjo Carrio, 2001)

Figura 40. Arrancamiento pull-out



Fuente: <https://bit.ly/32vo33L>

Ensayo con fenolftaleína. Por medio de este ensayo podemos saber la profundidad a la que ha avanzado un proceso de carbonatación en un elemento estructural, en donde se coloca fenolftaleína en un corte que se realiza de manera perpendicular en la superficie de análisis, esta sustancia reacciona tornándose de color violeta ante ambientes alcalinos pudiéndose medir el espesor de la carbonatación.

Figura 41. Ensayo con fenolftaleína



Fuente: <https://bit.ly/3DWo0vP>

Penetrómetro. Se realiza para medir la resistencia a la compresión del hormigón mediante la penetración de un clavo con medida que se dispara a través de una pistola calibrada, también permite determinar los efectos del fraguado sobre las características de endurecimiento del hormigón según (Santilli, 2017)

Figura 42. Ensayo con penetrómetro



Fuente: <https://bit.ly/3xqVAHE>

2.3.2.3 Ensayos destructivos.

Extracción de testigos. Este procedimiento consiste en la extracción de piezas cilíndricas de elementos estructurales mediante sondas circulares para ser sometidos a pruebas de laboratorio con el objetivo de poder conocer la porosidad, grado de humedad, profundidad de fisuras y resistencia a compresión. Es imprescindible que, al momento de la extracción de los testigos, estos huecos sean rellenados con un material lo suficientemente resistente para que sustituya al material extraído ya que en muchos casos esto supone un debilitamiento del elemento estructural. Se recomienda realizar por lo menos dos extracciones de testigos por cada elemento estructural analizado para poder obtener datos representativos en el estudio según (Labson, 2013)

Figura 43. Extracción de testigos.



Fuente: <https://bit.ly/30ZRvy8>

Extracción de muestras de armadura. Para poder saber la resistencia de las armaduras de refuerzo se procede al corte de una sección que esté descubierta para el posterior ensayo a tracción, caso contrario de realiza una inspección con un pachómetro para ubicar la armadura, se descubre el acero eliminando la protección de hormigón y asegurándose que la longitud del acero de refuerzo sea la adecuada para poder realizar el ensayo de tracción, se procede al corte de la muestra y este se reemplaza por varilla del

mismo diámetro el cual debe ser unido por medio de resina epoxi o soldadura según (Porto Quintián, 2005c)

Figura 44. Toma de muestras de armadura



Fuente: <https://bit.ly/3HYKRJq>

Pruebas de carga. Según (Monjo Carrio, 2001) esta es la manera más directa de estudiar el comportamiento de la estructuras para lo cual se las somete a un estado de carga para el que ha sido calculado en el caso de estructuras nuevas. En el caso de que sea antigua se debe tener en cuenta el uso que se le va a dar a la estructura o edificio sometándolo a cargas mayores a las de diseño, cuando la estructura está deteriorada o haya estado sometida a algún tipo de factor que disminuya su resistencia como terremotos, choques, explosiones o incendios.

Es importante mencionar que las cargas deben colocarse de manera progresiva y así mismo estas deben ser retiradas ya que no se puede medir con exactitud las sollicitaciones a las que está sometida la estructura. Con este proceso se puede sacar conclusiones a partir de las deformaciones, flechas y giros que presente la estructura al momento de realizar las pruebas, este procedimiento al ser bastante delicado debe ser realizado únicamente por personal capacitado (Monjo Carrio, 2001)

Figura 45. Prueba de carga



Fuente: <https://bit.ly/3r95eOc>

2.4 Tratamiento e intervención de patologías

Las estructuras de hormigón no están exentas de sufrir incidencias durante su vida útil, esto hace necesario que se tenga que realizar intervenciones y tratamientos con el objetivo de devolver al hormigón su aspecto, capacidad de carga y en otros casos incrementar esta capacidad. Según el tipo de patología y el avance que ésta presente en la estructura analizada se presentan opciones de intervención para realizar una reparación o refuerzo de la estructura (Rodríguez, 2006). También se realizan técnicas de mantenimiento, limpieza y preparación de las superficies afectadas por patologías. A continuación, se presentan técnicas de limpieza y preparación de hormigón Tlp, técnicas de reparación Tr y técnicas de refuerzo de hormigón Trf.

2.4.1 Técnicas de limpieza y preparación de superficies.

Las técnicas de limpieza se realizan de forma superficial, muchas veces no se les da la importancia suficiente, pero son procedimientos necesarios y representan la primera fila de las intervenciones a las estructuras de hormigón. Entre las técnicas de limpieza y preparación de superficies según se tiene:

Tlp1 Limpieza con chorro abrasivo.

La limpieza con chorro abrasivo consiste en la impulsión de un chorro abrasivo seco o húmedo por medio de aire comprimido hacia la superficie a tratar, esto produce un desgaste y desprendimiento de revestimientos, lechadas y adhesivos en mal estado proveyendo de una superficie libre de impurezas. Este procedimiento se recomienda para tratar superficies que presentan eflorescencias, (Graco, 2021).

Tlp2 Rectificador.

Técnica realizada por medio de discos abrasivos que se colocan paralelos a la superficie dejando patrones circulares en ella, se recomienda este procedimiento para dejar lisas o pulidas las superficies a más de retirar la lechada y corregir protuberancias, (Graco, 2021).

Tlp3 Grabado al ácido.

Este procedimiento debe ser realizado por personal capacitado debido al peligro que implica el manejo de ácidos, estos ácidos tienen la función de disolver el cemento exponiendo los agregados finos y dejando las superficies rugosas propicias para la aplicación de selladores, imprimación o capas finas de terminado, (Graco, 2021).

Tlp4 Raspado con agujas.

Los raspadores de aguja provocan un terminado craterizado en la superficie tratada por medio del golpeteo de varillas de acero, la acción es provocada por neumáticos o hidráulicos y se recomienda esta acción para el tratamiento de eflorescencias, (Graco, 2021).

Tlp5 Granallado.

Este procedimiento usa acero granallado que impacta sobre la superficie en tratamiento con un efecto de pulverizado, limpiando la superficie y dándole un terminado áspero al igual que la limpieza con chorro abrasivo, (Graco, 2021).

Tlp6 Chorro de agua.

Consiste en la limpieza de superficies por medio de un chorro de agua a muy alta presión, se aplica de la misma manera que el chorro abrasivo y la técnica de granallado, este procedimiento es capaz de eliminar los agregados, (Graco, 2021).

T1p7 Escarificación.

Esta técnica se la realiza solo en superficies horizontales, esta consiste en el golpeteo de la superficie por medio de arandelas metálicas que están ancladas a un tambor giratorio, este procedimiento da una terminación estriada a la superficie, (Graco, 2021).

T1p8 Rotomoldeo.

Este proceso se puede realizar en superficies horizontales y consiste en un tambor giratorio equipado con dientes grandes o pequeños dependiendo de la necesidad, el impacto provocado en la superficie produce estrías y surcos fracturando el hormigón, este proceso se realiza en vías de hormigón armado, (Graco, 2021).

T1p9 Raspado.

Esta técnica produce superficies gruesas e irregulares gracias a la acción de demoler las superficies de hormigón provocado por pistones con cabezas puntiagudas, recomendado para el tratamiento de camineras, veredas o estructuras bajas, (Graco, 2021).

T1p10 Martilleo.

Para este procediendo se hace uso de martillos neumáticos o martillos buriladores dependiendo si la superficie es horizontal o vertical respectivamente, se golpea la superficie del hormigón por medio de puntas a cabezas de cincel desprendiendo grandes trozos de superficie afectada, se utiliza también este procedimiento para buscar fallas constructivas en materiales como tuberías embebidas en el hormigón, (Graco, 2021).

2.4.2 Técnicas de reparación para hormigón.

En la actualidad existe una variedad de técnicas para la reparación del hormigón las cuales se describen a continuación según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

Tr1. Aplicación manual de mortero de reparación estructural.

Esta técnica es utilizada para la reparación de fisuras que se producen en el mortero de albañilería, se utiliza para la reparación de lesiones localizadas en donde no se vaya a hacer uso de un volumen alto de material. El mortero de reparación puede ser fabricado a base de cemento o resina epóxica y está dado específicamente para esta aplicación respetando las dosificaciones que se presentan en las fichas técnicas o envases del material.

Para la aplicación de morteros de reparación con base cemento es necesario el uso de puente adherente entre el sustrato y el mortero de reparación con el objetivo de que la unión de los materiales sea la más adecuada, (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

Aplicación.

1. En una primera instancia se debe quitar el material superficial hasta obtener una superficie rugosa y libre de impurezas, si el acero se encuentra corroído se debe sustituir las piezas dañadas y en mal estado, el mortero debe aplicarse de manera que no se generen burbujas de aire y el acero quede protegido.
2. En el caso de la reparación de fisuras se debe retirar el mortero pegado y humedecer la superficie antes de colocar el nuevo mortero, se debe tomar en cuenta que la superficie puede ser limpiada con aire a presión y luego debe ser humedecida, pero estar libre de agua. Para la reparación localizada el mortero se aplica por capas siendo la primera la que se tiene que aplicar a mano y debe ser presionado hacia la superficie, hay que tener presente que si la mezcla contiene exceso de agua está tiende a correrse. Cuando existen grietas en muros de mampostería se debe aplicar el mortero por las dos caras de la pared hasta completar el espesor a sellar. Realizar el curado de forma adecuada de la superficie.
3. Control de calidad.

Tr2. Hormigón vaciado en sitio. (Expansivo, fluido, tradicional).

Esta técnica se la emplea cuando el volumen de hormigón afectado es reemplazado por hormigón nuevo, de igual manera se emplea en el recrecido de algún elemento estructural según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018). El tipo de hormigón a utilizar dependerá de las necesidades en sitio.

Aplicación.

1. La preparación de la superficie se la realiza por medio de picado hasta conseguir una superficie sana sin irregularidades. Se debe aplicar puente adherente en todas las zonas de contacto del hormigón nuevo con el viejo asegurándose de que la superficie esté limpia libre de polvo y material suelto.
2. Se debe realizar el vertido del hormigón de forma adecuada por medio de capas y a una altura entre 1 y 2 metros verificando que se llenen todos los espacios en los encofrados que se coloquen, evitar las oquedades y segregación del material.
3. Control de calidad.

Tr3. **Hormigón preempacado.**

Según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018) esta técnica se utiliza en lugares en donde se tiene que volver a hormigonar y la zona de reparación es de difícil acceso. La técnica consiste en la colocación de agregado grueso previo a la instalación de encofrados para llenar los espacios vacíos por medio de boquillas que sirven como acceso para la inyección de la mezcla.

Aplicación.

1. Preparación de la superficie.
2. Colocación de armaduras si es necesario y la instalación de tuberías de inyección.
3. Colocación del agregado grueso.
4. Colocación de encofrado o moldes.
5. Preparación de la mezcla.

6. Inyección de la mezcla en zona de reparación.
7. Terminaciones de las superficies.
8. Control de calidad.

Tr4. Hormigón o mortero proyectado.

Esta técnica consiste en el lanzamiento del hormigón o mortero por medio de alta presión sobre la superficie a tratar con la característica de que el material es capaz de autoportante. Se puede utilizar acelerador de fraguado, el proceso se realiza de la siguiente manera según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

Aplicación.

1. Preparación de la superficie.
2. Colocación de acero de refuerzo si es necesario, este debe estar anclado a la superficie.
3. Colocación del mortero u hormigón proyectado por medio de capas hasta alcanzar el espesor necesario. Si la aplicación es vertical se realizará desde la parte más baja, si es horizontal se realiza desde un extremo hacia el otro.
4. Si se producen vacíos o escurrimientos del material, este debe ser retirado y debe volverse a proyectar. Se recomienda que la superficie a proyectar no sea mayor a 300 mm x 300 mm según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)
5. Dar la terminación al material superficial.
6. Realizar el curado de la superficie teniendo en cuenta que no debe sobrepasar los 60 min posteriores al proyectado.
7. Control de calidad.

Tr5. Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica.

La inyección de fisuras y/o grietas tiene como objetivo devolver el monolitismo a la estructura pudiendo aplicarse desde fisuras de 0,05 mm, el proceso se realiza de la siguiente manera según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

Aplicación.

1. Se debe usar un sello de superficie que permite la adherencia al adhesivo de inyección con el objetivo de confinar las grietas, la aplicación del adhesivo se recomienda que se coloque con equipo de inyección automatizado en punta con el cual se pueda medir las cantidades de los componentes en la mezcla.
2. Preparación de la superficie. Se realiza una traza a lo largo de fisuras o grietas con discos abrasivos realizando una abertura de 5 cm de ancho la cual debe estar completamente libre de impurezas.
3. Sellado de grietas e instalación de boquillas. Se procede a la instalación de las boquillas de inyección generalmente a una distancia del espesor del elemento, el material que se utiliza para el sellado de fisuras y anclaje de las boquillas es una masilla epóxica.
4. Inyección de grietas. Una vez que se haya endurecido la masilla epóxica se procede a la inyección de las fisuras siendo realizado este procedimiento de manera ininterrumpida desde un extremo de la fisura hacia el otro.
5. Posteriormente se debe realizar la extracción de testigos para verificar la calidad del trabajo realizado.
6. Control de calidad.

Tr6. Inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento.

Esta técnica es utilizada para la reparación de fisuras desde 1.5 mm por medio de lechada o mortero base cemento, el proceso se realiza siguiendo el procedimiento a continuación según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

Aplicación.

1. Se debe realizar el sellado de la superficie previamente cortada con disco abrasivo y limpiada con escoba o brocha.
2. Sellado de grietas e instalación de boquillas. Se procede a la instalación de las boquillas de inyección generalmente a una distancia del espesor del elemento, el material que se utiliza para el sellado de fisuras es la lechada o mortero de inyección.
3. Inyección de grietas. Una vez que se haya endurecido la masilla epóxica se procede a la inyección de las fisuras siendo realizado este procedimiento de manera ininterrumpida desde un extremo de la fisura hacia el otro. Se debe realizar una revisión constante de la consistencia de la lechada o del mortero.
4. Una vez endurecida la lechada o el mortero se debe retirar las boquillas de inyección a más de realizar la extracción de testigos para verificar la calidad. Se recomienda también realizar una prueba con probetas o cubos de 5 x 5 cm.
5. Control de calidad.

Tr7. Reemplazo de armaduras dañadas utilizando barras de traslape.

Esta técnica se utiliza para realizar la reparación de armaduras que hayan perdido su continuidad o que hayan superado el límite de fluencia, el proceso se realiza de la siguiente manera según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

Aplicación.

1. Preparación de la superficie. Se debe retirar todo el hormigón dañado dejando despejadas las barras.
2. Instalación del suple. Tanto el suple como la barra a conectar deben estar limpias, la limpieza se lo realiza por medio de aire a presión. Se coloca el suple en

la posición final respetando los largos de traslape y el amarre con alambre a una distancia máxima de 10 cm.

3. Relleno con hormigón o mortero vaciado en sitio. El hormigón debe tener como mínimo la misma resistencia del hormigón existente.

4. Control de calidad.

Tr8. Reemplazo de armaduras dañadas utilizando conectores mecánicos.

Según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018) esta técnica permite realizar una reparación y restitución de la continuidad de varillas de acero tradicional por medio de conectores en donde se insertan las varillas por medio de las siguientes conexiones:

- Conector mecánico relleno con mortero especial sin retracción.
- Conector mecánico con perno de apriete.
- Conector mecánico con rosca

Dependiendo del tipo de conector que se utilice se requieren los siguientes equipos:

- Demoledor.
- Esmeril angular con disco para corte de acero y grata.
- Revolvedor mecánico de baja revolución.
- Máquina de inyección de lechada de mortero.
- Llave de torque.
- Compresor.
- Taladro.
- Para los conectores con rosca se requiere materiales que permitan adecuar las puntas de las varillas.

Aplicación.

1. Preparación de la superficie. Se debe retirar todo el hormigón dañado dejando despejadas las barras a conectar.

2. Instalación del conector dependiendo del tipo que se utilice.
3. Relleno con hormigón vaciado en sitio.
4. Control de calidad por medio de inspección visual.

Tr9. Reposición de albañilería.

Técnica por la cual se realiza la reparación o reemplazo de paños o unidades de ladrillo o bloque debido a la afectación parcial o total en muros, el proceso se realiza de la siguiente manera según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

Aplicación.

1. Preparación de la superficie. Se debe remover todos los elementos sueltos y que estén en mal estado asegurándose de retirar también el mortero de unión y polvo.
2. Reposición de la albañilería. Se debe colocar el mortero en la cara superior y caras laterales del ladrillo o bloque y se coloca sobre una capa de mortero previamente colocada para la cara inferior, se presiona el bloque hasta que se ajuste a tape el agujero. Se debe hidratar los bloques para que no absorban el agua del mortero de pega. En el caso de que sea necesario se debe unir los bloques a los elementos estructurales mediante anclajes o chicotes.
3. Control de calidad.

Tr10. Vinculación de elementos de hormigón a la albañilería.

Esta técnica consiste en la vinculación de cadenas, viguetas, pilaretes, con el objetivo de estabilizar muros que presenten fisuras tanto horizontales como verticales, el proceso se realiza de la siguiente manera según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

Aplicación.

1. Preparación de la superficie. Se debe despejar y picar en V el desarrollo de la grieta que se produce entre el elemento de hormigón armado y la albañilería

2. Anclajes de vinculación. El elemento de hormigón armado se debe perforar diagonalmente en un diámetro y profundidad especificada por el proyectista, para dar cabida a los anclajes de vinculación.
3. Limpieza y aplicación de mortero estructural. Se debe limpiar rigurosamente la zona intervenida mediante escobilla o aire comprimido. Se debe aplicar puente adherente en los calados de ladrillo y picado en V de la grieta. Finalmente, se debe aplicar manualmente mortero de reparación estructural en la zona de calado de los ladrillos y donde se realizó el picado en V de la grieta.
4. Control de calidad.

2.4.3 Técnicas de refuerzo para hormigón.

Trf1. Planchas de acero adheridas exteriormente.

Esta técnica se utiliza para el reforzamiento de elementos estructurales, colocando planchas metálicas sobre ellos uniéndolos con masilla epóxica, según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018) se realiza el siguiente procedimiento:

Aplicación.

1. Preparación de superficies. Las superficies de los elementos de hormigón deben estar libres de lechada, no deben presentar contaminantes que estén adheridos y las superficies metálicas de las planchas deben estar libres de óxido. Se hace uso de lijas y de discos abrasivos para la preparación superficial.
2. Preparación del adhesivo. El adhesivo debe ser preparado según especificaciones técnicas detalladas.
3. Colocación de las planchas de acero. Según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018) el procedimiento es el siguiente:
 - Cuando se haya usado imprimación epóxica como protección, se debe lijar la superficie de la plancha de acero. En caso de arenado en obra, eliminar polvo y otros elementos adheridos.

- Colocar una capa delgada de adhesivo, compatible con la rugosidad de la superficie, aproximadamente de 1 a 2 mm.
- Presionar la plancha metálica contra la superficie del sustrato mediante la utilización de algún dispositivo que permita mantener una presión uniforme, tales como: pernos u otros

4. Control de calidad.

Trf2. Fibra de carbono embebida.

Según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018) este proceso de reforzamiento consiste en la inserción de elementos (placas o varillas) de fibra de carbono de manera superficial los cuales serán unidos por medio de adhesivo epóxico.

Aplicación.

1. Verificación previa. Se debe verificar los espesores de recubrimiento con el objetivo de que se permita la colocación de los refuerzos.
2. Preparación de la superficie. Se debe realizar calados en la superficie los cuales deben permitir la colocación de las varillas o placas de fibra de carbono.
3. Preparación del adhesivo. La mezcla debe realizarse según las especificaciones que se den.
4. Colocación de las varillas o placas de fibra de carbono. Para la colocación de las varillas o placas se sigue el siguiente procedimiento según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).
 - Se debe limpiar el elemento de refuerzo para eliminar impurezas presentes.
 - Después de obtener una mezcla homogénea, el adhesivo se debe introducir en cartuchos para la aplicación con pistolas u otro método apropiado en los calados del hormigón, en la cantidad necesaria para asegurar que el refuerzo quede totalmente embebido.

- La fibra se debe insertar completamente en el calado y posteriormente se debe retirar el exceso de adhesivo.
- En caso de que el calado no quede completamente lleno se podrá rellenar con el mismo adhesivo u otro material técnicamente aprobado por el proyectista.

5. Control de calidad.

Trf3. Fibra de carbono adherida exteriormente.

Según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018) este método es realizado con el objetivo de restituir o incrementar la resistencia de los elementos estructurales, el procedimiento siempre debe estar respaldado por una memoria técnica en donde se especifique los cálculos realizados y parámetros técnicos que se hayan tomado en cuenta para su realización.

Aplicación.

1. Preparación de la superficie. La superficie debe estar libre de lechadas, resaltos, limpia y seca
2. Resistencia mínima el sustrato. La resistencia a tracción debe ser dictaminada por un profesional o por una ficha técnica.
3. Preparación del adhesivo. La mezcla debe realizarse según las especificaciones que se den.
4. Aplicación del sistema. Según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018) se debe tener las siguientes consideraciones:
 - Se debe controlar la temperatura ambiente antes de ejecutar el refuerzo. Por lo general el rango de aplicación aceptado es entre 5 °C y 35 °C. Sin embargo, esto debe verificarse con la ficha técnica del producto.
 - Se debe controlar la humedad del sustrato, la cual no debe superar el 4 %.
 - Se debe verificar la temperatura del ambiente, cuidando que esta se encuentre como mínimo 3 °C sobre la temperatura de condensación.

- Verificar el pot life de los adhesivos de acuerdo con la ficha técnica. Los adhesivos que superen su tiempo de pot life, deben ser rechazados y descartados.
- Esperar el tiempo de fraguado que la ficha técnica de cada material indique antes de aplicar las cargas definitivas al elemento.
- Se recomienda proteger el refuerzo contra los efectos de los rayos UV. Asimismo, en sectores con riesgo de impacto, fuego o vandalismo se recomienda la aplicación de algún mortero o estuco.
- La aplicación del refuerzo puede realizarse con platinas, refuerzo con tejido, aplicación en seco o húmedo.

5. Control de calidad.

Trf4. Inserción de elementos de hormigón armado en albañilería.

Esta técnica se la realiza con el objetivo de reforzar o confinar muros de albañilería por medio de pilares, correas, pilaretes según sea la necesidad, según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018) se realiza el siguiente procedimiento:

Aplicación.

1. Preparación de la superficie. Despejar el área mediante la demolición de la albañilería, en el caso de inserción de pilares, al demoler la albañilería se debe procurar dejar un endentado entre el elemento de hormigón armado a incorporar y el muro de albañilería existente, en el caso de cadenas se debe hacer en tramos, secciones parciales u otro método que especifique el proyectista para asegurar la estabilidad del elemento en intervención según lo menciona (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)
2. Instalación de la armadura de acero. Las barras de acero de los nuevos elementos de hormigón armado, deben ser ancladas a los elementos de hormigón armado existentes, ya sean fundaciones, cadenas o pilares. Este anclaje debe realizarse mediante anclajes de acero. mediante

3. Hormigonado. El hormigonado se debe realizar como se indica en la técnica de hormigón vaciado en sitio previamente descrita.
4. Curado y desmolde. Posterior al fraguado por tiempo necesario del hormigón se procede a retirar los moldes.
5. Control de calidad.

Trf5. Anclajes de acero.

Esta técnica de reparación y/o refuerzo consiste en el anclaje de barras de acero en estructuras de hormigón y albañilería mediante la aplicación de un adhesivo epóxico o la unión mediante mallas de acero (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

Aplicación.

1. Ejecución de la perforación. En el área a perforar el sustrato debe encontrarse sano, limpio y libre de material suelto o deteriorado.
2. Dimensiones de la perforación. Las profundidades de perforación y los diámetros de las varillas serán especificadas por personal técnico.
3. Preparación de la perforación. La perforación se realizará en seco o húmedo según lo dicte el personal técnico realizando la limpieza necesaria posteriormente.
4. Preparación de las barras de acero. Las barras deben estar libres de óxido, aceite o cualquier material adherido ellas.
5. Aplicación del adhesivo epóxico. La aplicación se debe realizar de tal manera que el material adherente pueda llegar a la profundidad máxima de la perforación para garantizar la adherencia.
6. Colocación de las barras de acero. La colocación de las barras se debe realizar introduciéndolas en las perforaciones y girándolas para que el aire en la perforación se pueda liberar, de igual manera las barras deben estar completamente rectas.
7. Control de calidad.

2.4.4 Cuadro de técnicas de limpieza, preparación, reparación y refuerzo para hormigón.

Tabla 5. Cuadro de técnicas de limpieza, preparación, reparación y refuerzo de hormigón

CUADRO DE TÉCNICAS DE LIMPIESA, PREPARACION, REPARACION Y REFUERZO DE HORMIGÓN			
Nomenclatura	Técnica	Propósito	Aplicación
Tlp1	Limpieza con chorro abrasivo	Limpieza y preparación de superficies.	Técnica de limpieza de superficies que presentan eflorescencias, revestimientos, lechadas y adhesivos en mal estado, proporciona una superficie perfilada.
Tlp2	Rectificador.	Limpieza y preparación de superficies.	Técnica de limpieza y pulido de superficies que presentan lechadas en mal estado y protuberancias, proporciona una superficie lisa.
Tlp3	Grabado al ácido	Limpieza y preparación de superficies.	Técnica para superficies en mal estado a las cuales se les va a colocar nuevos revestimientos o terminados, proporciona una superficie áspera.
Tlp4	Raspado con agujas	Limpieza y preparación de superficies.	Técnica de limpieza para superficies que presentan eflorescencias, proporciona una superficie con cráteres.
Tlp5	Granallado.	Limpieza y preparación de superficies.	Técnica de limpieza de superficies con pintura, aceites, grasa, protuberancias, hongos, bacterias, proporciona una superficie rugosa.
Tlp6	Chorro de agua	Limpieza y preparación de superficies.	Técnica de limpieza para superficies que presentan revestimientos y lechadas en mal estado, hongos y bacterias, proporciona una superficie áspera.
Tlp7	Escarificación.	Limpieza y preparación de superficies.	Técnica de limpieza y preparación de superficies que presentan marcas por desgaste, pintura, aceites, grasa, adecuada para una superficie a la cual se le va a colocar nuevo revestimiento, proporciona una superficie estriada.
Tlp8	Rotomoldeo.	Limpieza y preparación de superficies.	Técnica de preparación de superficie a la cual se le va a colocar nuevo revestimiento, utilizada en tramos de vías de hormigón, proporciona una superficie con surcos y estrías.

Tlp9	Raspado.	Limpieza y preparación de superficies.	Técnica de preparación y demolición de superficies bajas como camineras y veredas, proporciona una superficie gruesa e irregular.
Tlp10	Martilleo	Limpieza y preparación de superficies.	Técnica de demolición y preparación de superficies que necesitan reparación, proporciona una superficie irregular.
Tr1	Aplicación manual de mortero de reparación estructural.	Reparación	Técnica de reparación estructural para daños localizados, en donde el hormigón o mortero dañados son reemplazados por un mortero estructural.
Tr2	Hormigón vaciado en sitio. (Expansivo, fluido, tradicional).	Reparación	Técnica de reparación estructural en donde el hormigón dañado es reemplazado por hormigón en sitio, además, se utiliza para recrecido de elementos estructurales.
Tr3	Hormigón preempacado.	Reparación	Técnica de reparación por la cual se vuelve a hormigonar zonas localizadas de difícil acceso.
Tr4	Hormigón o mortero proyectado.	Reparación	Técnica de reparación estructural utilizada para colocar hormigón o mortero en lugares en donde existen desprendimientos de hormigón estructural, sitios en donde se pueda apreciar varillas expuestas, colocar recubrimiento de hormigón en cualquier superficie que lo necesite, el lanzamiento del hormigón se puede realizar en cualquier dirección ya que este es autosoportante.
Tr5	Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica.	Reparación	Técnica de reparación de superficies y elementos estructurales que presentes fisuras o grietas
Tr6	Inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento.	Reparación	Técnica de reparación de superficies y elementos estructurales que presentes fisuras o grietas
Tr7	Reemplazo de armaduras dañadas utilizando barras de traslape.	Reparación	Técnica de reparación estructural por la cual se reemplaza armaduras que ya no cumplan con su función estructural provocado por óxido, corrosión, aluminosis, carbonatación o fallas por exceso de esfuerzos teniendo en cuenta que el daño es localizado.

Tr8	Reemplazo de armaduras dañadas utilizando conectores mecánicos.	Reparación	Técnica de reparación estructural por la cual se reemplaza armaduras que ya no cumplan con su función estructural provocado por óxido, corrosión, aluminosis, carbonatación o fallas por exceso de esfuerzos.
Tr9	Reposición de albañilería.	Reparación	Técnica de reparación estructural adecuada para muros de albañilería que han perdido su estabilidad y presenten grietas y desprendimientos parciales o totales de mampostería.
Tr10	Vinculación de elementos de hormigón a la albañilería.	Reparación	Técnica de reparación de elementos que hayan perdido el monolitismo y presenten grietas horizontales o verticales producidas por asentamientos, cargas verticales o empujes horizontales.
Trf1	Planchas de acero adheridas exteriormente.	Refuerzo	Técnica de refuerzo para elementos estructurales que se encuentren en mal estado debido a sobrecargas, o elementos a los cuales les falta resistencia para nuevas sollicitaciones.
Trf2	Fibra de carbono embebida.	Refuerzo	Técnica de refuerzo para elementos estructurales que necesiten una mayor sección, o secciones que presenten desprendimientos, se utiliza láminas o varillas que quedan embebidas en el hormigón.
Trf3	Fibra de carbono adherida exteriormente	Refuerzo	Técnica de refuerzo para elementos estructurales que necesiten una mayor sección, se utiliza laminas adheridas a las caras de los elementos.
Trf4	Inserción de elementos de hormigón armado en albañilería.	Refuerzo	Técnica de refuerzo para muros de albañilería en donde se haya obviado la colocación de columnas o correas armadas conformando una estructura monolítica.
Trf5	Anclajes de acero.	Reparación y/o refuerzo	Técnica de reparación o refuerzo de elementos estructurales con el objetivo de unirlos.

Fuente: Autor

2.4.5 Desahucio de estructuras.

Cuando se habla del desahucio de una estructura se refiere a que la estructura ya no cumple con las funciones para la que fue diseñada así como las normas de construcción que rigen, en el marco de las patologías en estructuras de hormigón estas causan varios daños que inhabilitan los elementos estructurales por ende las estructuras entran en un

proceso de estudio técnico en el cual se analiza cada patología que se presenta, el avance y los daños causados a la estructura en general.

Luego de los resultados obtenidos en el estudio se determina si la estructura puede ser tratada y reforzada para que siga cumpliendo con las funciones de desempeño, caso contrario se procede a demoler la edificación u obra, otro punto que se debe tener en cuenta es verificar el costo de las reparaciones ya que si representan un gran gasto lo más conveniente es realizar un proyecto nuevo dependiendo de su magnitud. El factor que causa el mayor deterioro de las estructuras son los sismos ya que estos producen que los elementos fallen dañando la integridad de toda la estructura.

Es importante mencionar que en el caso de estructuras patrimoniales se procede a realizar las reparaciones necesarias como reforzamiento de columnas y vigas y arreglo de interiores y fachadas ya que estas estructuras están protegidas por la ley por lo tanto no se puede realizar la demolición de la misma.

2.5 Base de datos.

2.5.1 Concepto.

Una base de datos o banco de datos es un conjunto de datos que pertenecen a un mismo contexto los cuales deben ser organizados y almacenados con el objetivo de que presenten un sistema ordenado de donde se pueda obtener información útil para su uso.

2.5.2 Tipos de bases de datos.

Existe un gran número de base de datos que se implementan hoy. Estas se clasifican de acuerdo a su estructura, contexto, utilidad y las necesidades que busquen solucionar. Para este análisis se clasifican de la siguiente manera según (Maldonado, 2012).

Según la variabilidad. Se refiere a la forma en que los datos son estructurados dentro de la base.

- Base de datos estadística. Son bases de datos de lectura en donde se almacenan datos de tipo histórico con el objetivo de realizar un estudio del comportamiento

de un conjunto a través del tiempo pudiendo realizarse proyecciones o procesos en el ámbito empresarial.

- Base de datos dinámica. La característica de este tipo es que los datos almacenados se pueden modificar a conveniencia por medio de la edición, modificación, actualización o la eliminación de datos, por ejemplo, los inventarios de productos.
- Según el contenido. En este tipo de base se prioriza al contenido a analizar.
- Base de datos bibliográfica. Contiene el dato de la fuente primaria que se va a analizar en donde se encuentran datos del autor, título, fecha de publicación, editorial, edición etc. Además, contiene únicamente un resumen o estrato de la publicación original mas no el texto completo.
- Base de datos texto completo. A diferencia de la base de datos bibliográfica este tipo de base contiene el texto completo la cual nos permite obtener datos específicos por medio de palabras clave en la búsqueda.
- Directorios. Este tipo de base de datos se la utiliza comúnmente con fines empresariales conteniendo información básica como números telefónicos, direcciones, correos, números de facturas entre otros.
- Bibliotecas de información biológica. Según (Maldonado, 2012) son bases de datos en donde se almacena información proveniente de las ciencias de la vida o médicas como historias clínicas de pacientes.

Según los modelos de administración de datos. Un modelo es un contenedor de datos en donde se guardan métodos de almacenamiento y recuperación de datos. Permiten la implementación de un sistema eficiente generalmente referidos a algoritmos y conceptos matemáticos (Maldonado, 2012).

- Base de datos jerárquica. Son bases en donde el almacenamiento de los datos se lo hace de acuerdo a su importancia en donde se inicia con un dato principal o

padre del cual se ramifican por medio de nodos otros datos que están asociados al primero y permiten la generación de más datos a su vez.

- Base de datos de red. En este tipo de base se permite que en un nodo exista varios datos principales o padres a diferencia del método jerárquico. En su momento representó un gran avance con respecto al modelo jerárquico ya que su variación en los nodos ofrecía una solución a los problemas de redundancia de datos.
- Base de datos relacional. Se utiliza para establecer relaciones entre datos y poder describir una interacción entre ellos.
- Base de datos transaccional. Este tipo de base se encarga del envío y recepción de información a gran velocidad, utilizada principalmente por entidades financieras.
- Base de datos multidimensionales. Tienen funciones específicas no muy diferentes a las relacionales, pueden representar dimensiones dentro de una tabla de datos.
- Base de datos orientadas a objetos. En este tipo de bases no se almacena información sobre un objeto más bien se almacena al objeto completo pudiendo tener más información a primera mano.
- Base de datos documentales. Este tipo utiliza documentos como la estructura del almacenamiento lo cual permite tener un mejor manejo de una gran cantidad de información en poco tiempo.
- Base de datos deductivas o lógicas. Permite la posibilidad de hacer deducciones a través de una inferencia. Su funcionalidad depende de las condiciones y hechos que se almacenan en la base de datos.

2.5.3 Componentes de la base de datos.

Cada componente de la base de datos tiene una función específica, según (Maldonado, 2012) tenemos los siguientes:

- **Datos.** Los datos es un tipo de información la cual se refiere a hechos concretos pudiendo ser letras, cifras o palabras en un formato determinado.
- **Archivo.** Los archivos son un conjunto de datos que proporcionan información sobre un tema específico los cuales se encuentran almacenados en formato de texto, tablas, gráficos, códigos etc.
- **Tablas.** Las tablas son un conjunto de datos que se ordenan según un formato y una estructura definida por una necesidad de ordenamiento, las tablas deben tener un nombre propio dentro de una base de datos para su identificación.
- **Campos.** Un campo es un espacio en donde se almacenan datos en particular, los campos deben tener ciertas características que los hagan particulares dependiendo del tipo de dato que se ingrese.
- **Registros.** El registro es un conjunto de campos que contienen datos de un mismo objeto con lo que se puede establecer una relación con diferentes campos en una misma tabla.
- **Consultas.** Es el procedimiento por el cual un usuario de una base de datos puede acceder a la información que se contiene en ella.
- **Formularios.** Según (Maldonado, 2012) los formularios son pantallas de capturas de datos que comprenden textos y campos que han de sr rellenados con datos suministrados por el usuario.
- **Informes.** Comprenden el archivo de presentación de un tema en particular, siendo el resultado de consultas realizadas a bases de datos y que están listos para su impresión.

- **Macros.** Los macros son una o un conjunto de acciones sobre una base de datos que contienen y realizan tareas específicas por lo que ayudan y simplifican a las funciones de un dato.

2.5.4 Tipos de datos

Cuando se realiza el análisis de información es conveniente saber qué tipo de datos son los que se están revisando por medio de su estructura, ya que esto permite tomar decisiones sobre el adoptar una manera más segura y rápida de cómo agrupar dichos datos. Esta estructura de datos son una serie de características, valores, relaciones y funciones que se pueden realizar con ellos. Los tipos de datos se dividen en semiestructurados, no estructurados y estructurados siendo los últimos los de interés ya que se presentan en las bases de datos.

Datos estructurados. Son aquellos que se encuentran ordenados mediante filas y columnas siendo mayormente utilizados en bases de datos relacionales. Su estructura ordenada nos permite una fácil gestión tanto manual como digital, este tipo de datos se usan en aplicaciones de recopilación de bases de datos a través de puntos de entrada por ejemplo un portal web según (IMF Smart, 2020)

Los campos se añaden mediante interfaces de un usuario y por último se insertan en bases de datos compuestas por filas y columnas. Algunos ejemplos de este tipo de estructuras son las tablas de Excel, hojas de cálculo, aplicaciones para realizar cuestionarios, formularios web, encuestas, bases de datos de cualquier tipo.

Capítulo III

Metodología

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se realiza para la concepción de este trabajo es documental y de campo, en lo que concierne a la investigación documental se realiza la revisión bibliográfica de libros, artículos, tesis, manuales y cualquier documento que aporte a la generación del marco teórico, de esta manera toda la información que se ocupa está respaldada y validada. Aquí se recogen los conceptos necesarios para un desarrollo controlado de los apartados con el objetivo de obtener un documento claro y conciso que sea de fácil entendimiento para los usuarios.

Además, se realiza la investigación en campo para poder obtener información en donde se generan los hechos, esto tiene gran importancia ya que sirve como un complemento a los datos obtenidos en el proceso de revisión bibliográfica. No existe un documento que abarque el tema como un solo conjunto, es decir la clasificación de las patologías en estructuras de hormigón, su descripción, características, referencias bibliográficas, imágenes, equipos de medición, técnicas de reconocimiento y tratamiento.

Para la presentación de los datos investigados y generados se utiliza la plataforma Notion la cual nos permite colocar la información de manera clara y fácil por medio de una base de datos relacional compuesta por tablas las cuales nos permite ordenar y relacionar la información como sea conveniente.

3.2 Recolección de información.

La recolección de datos para la generación de la base de datos se realiza de dos maneras las cuales se detallan a continuación:

3.2.1 Recolección de información bibliográfica.

La revisión bibliográfica se realiza a través de la búsqueda de información en línea por medio de la red, libros, tesis, artículos científicos, manuales y cualquier tipo de documento que ofrezca información útil y precisa sobre las patologías en estructuras de hormigón. Se determina la clasificación más idónea de las patologías con el objetivo de poder abarcar la mayor cantidad de anomalías documentadas y respaldadas.

Esto será de gran ayuda para poder realizar la recolección de datos en campo ya que brindara un entorno mucho más claro de que es lo que se debe buscar con un criterio más técnico para un mejor resultado final.

3.2.2 Recolección de información en campo.

Luego de realizada la revisión bibliográfica del marco de investigación se realiza la recolección de información en campo la que consistirá en la visita técnica a diferentes obras, aquí se hará la búsqueda de patologías descritas en la parte bibliográfica que se encuentren en cualquier tipo de estructura de hormigón por medio de inspección visual. La información que se generará en este proceso será netamente fotográfica, estos archivos serán parte de la base de datos fotográfica conjuntamente con las imágenes que se extraigan de la parte bibliográfica, en esta parte de la base general se divide el archivo fotográfico en un archivo generado en campo y un archivo bibliográfico, esto será de gran ayuda para obtener gran cantidad de imágenes de la patología y sus características para su apropiada identificación.

3.3 Generación de la base de datos.

3.3.1 Organización, clasificación y documentación de la información recolectada.

Con la revisión bibliográfica y la recolección de datos en campo se obtiene la información necesaria para la creación de la base de datos, todos los datos deberán ser analizados, clasificados y ordenados en una base de datos de tipo relacional, esta base se la genera a través de la aplicación Notion, una plataforma privada creada específicamente para

este fin. Esta plataforma cuenta con columnas de registro para la información las cuales se describen a continuación:

Patología. Este es el primer campo a llenar, aquí se halla el nombre de la patología, se la designa con la letra H debido a que es una patología de hormigón, a cada patología se la designa con un número debido a la clasificación a la que corresponde siendo H1 y H2 patologías de tipo físico, desde la H3 hasta la H5 patologías fiscal de origen biológico, desde la H6 hasta la H22 son patologías de tipo mecánico, desde la H23 hasta la H26 son patologías de tipo químico y la H27 y H28 son patologías producidas por errores técnicos y mano de obra.

Descripción. En esta columna se coloca una descripción rápida y precisa de cómo se produce la patología en el hormigón.

Características Principales. En esta columna se describen las características de la patología las cuales la distinguen del resto, algunas patologías presentan características similares más no las mismas en todo su conjunto, para cada patología siempre hay una o varias características que determinan la diferencia.

Referencias. En este campo se coloca la referencia bibliográfica la cual sirve a los usuarios para poder consultar información más detallada de la patología en el documento al que hace referencia.

Figura 46. Base de datos parte 1

Patología	Descripción	Características principales	Etiqueta	Referencia
H.1-Fisuras Capilares	Este tipo de fisuras se producen debido al mal curado en el lapso en donde el hormigón alcanza su mayor resistencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras delgadas. • Fisuras irregulares y no presentan un patrón determinado. 	Hormigón	Betancur Villegas PATOLOGIAS ACI 224.1R-93 CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS ACI 224R-01 Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón

Fuente: Autor

Imágenes. En este campo se coloca el link que dirige al usuario a la base de datos fotográfica en donde se encuentran las imágenes obtenidas en el proceso de recolección tanto de bibliografía como las que se generan en campo para poder apreciar a la patología como tal.

Enlace de referencia. Este campo contiene la misma referencia bibliográfica, pero en formato BibTeX siendo este un método alternativo de búsqueda de la información en línea.

Equipo de medición. En este apartado se coloca el equipo con el que se reconoce a la patología, en muchos de los casos las patologías son reconocibles con inspección visual y en otras en donde la patología no es visible si es necesario el uso de equipos para poder determinar el estado de avance de la patología en el material.

Figura 47. Base de datos parte 2

📎 Imágenes	📎 Enlaces de referencia	☰ Equipo de medición
https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Et9FRzz8ocdAvC0cRApUEsYBkFIKdk2XJmmB1phCkWzAzQ?e=aSdAKG	@ARTICLE {aci224.1r931993, author = ". ACI 224.1R-93", title = "CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS.", year = "1993", pages = "25"} @ARTICLE {aci224r012001, author = "ACI 224R-01", title = "Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón", year = "2001", pages = "53", month = "may" }	Visual Humidímetro ensayo de Ultrasonido Ultrasonido automático Extensometría

Fuente: Autor

Técnica para reconocimiento. En este campo se incluye la técnica que se utiliza para el reconocimiento de la patología, esta técnica está íntimamente ligada a los equipos que determinen utilizar, de igual manera hay patologías identificables con inspección visual acompañada de la utilización de algún equipo de medición.

Tratamiento. En esta columna se detalla los pasos a seguir para realizar un tratamiento correctivo de las patologías presentes con el objetivo de controlar y eliminar cualquier tipo de anomalía en las estructuras analizadas. Se añade también documentos

bibliográficos para su revisión, es importante mencionar que los tratamientos pueden ser diversos por lo que los usuarios y profesionales en el campo de construcción pueden adoptar cualquier tratamiento.

Figura 48. Base de datos parte 3

☰ Técnica para reconoci...	☰ Tratamiento
Visual	<ul style="list-style-type: none">• Cepillado con detergente de las superficies en donde se pueda observar colonias.• Limpieza por medio de chorro de alta presión.• Uso de cloro en las superficies limpias para evitar que se generen nuevamente.
Inspección visual detallada	
Examen con microscopio	

Fuente: Autor

Capitulo IV

Resultados generados

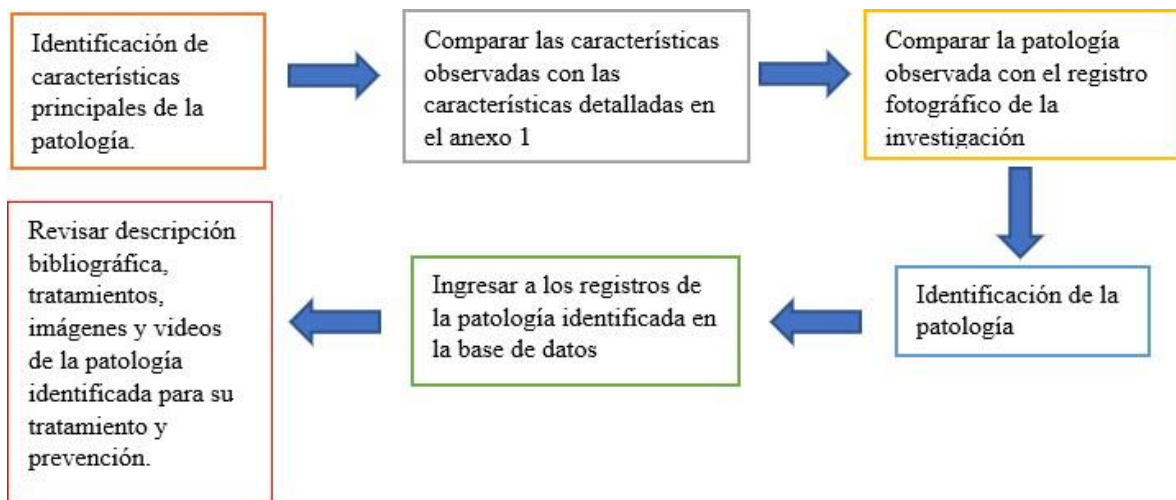
4.1 Presentación de la base de datos generada

Para el acceso a la base de datos se ingresa en el siguiente link:

<https://bit.ly/3rbkcTO>

En el siguiente esquema se describen los pasos para el correcto uso de la base de datos generada:

Figura 49. Esquema de uso para la base de datos.



Fuente: Autor

4.2 Ejemplos de aplicación

Para la presentación de los casos de estudio se realizó la visita técnica a tres obras de diferentes características en donde se pudo constatar la presencia de patologías en las estructuras de hormigón las cuales se analizan a continuación:

Caso 1



Imagen 1. Fuente: Autor

Descripción general. La vivienda es una construcción mixta de una planta la cual consta de 135 m² de construcción. La estructura de soporte es de hormigón armado y para la cubierta consta de una estructura metálica realizada con perfiles tipo C.

Ubicación. Vivienda familiar ubicada en el recinto Cochancay Provincia del Cañar, las coordenadas de su ubicación son: 2°28'04" S 79°17'48" W

Tabla 6. Identificación de patología 1. Caso de estudio 1.



Imagen 2. Fuente Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none">• Fisuras delgadas menores a 2 mm.• Fisuras irregulares y no presentan un patrón determinado.
Causa	<ul style="list-style-type: none">• Este tipo de fisuras se producen debido al mal curado en el lapso en donde el hormigón o el mortero alcanza su mayor resistencia.• Superficies que no están hidratadas y presentan suciedad.
Ubicación	<ul style="list-style-type: none">• Paredes interiores de la vivienda
Patología identificada	<ul style="list-style-type: none">• H.1-Fisuras Capilares
Tipo de patología	<ul style="list-style-type: none">• Física

Técnica de reconocimiento	• Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento	• Visual
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede utilizar la técnica de ocratización para fisuras menores a 2 mm la cual se describe en Monjo (2001) pág. 279 • Se puede realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica. Manual de Reparaciones y Refuerzos Estructurales. pág.68 también revisar Inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento. pág. 70 del mismo texto.
Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Betancur Villegas & Chavarro Gutiérrez, 2018), ((NEC), 2015), (ACI 224R-01, 2001)
Enlace de referencia (BipTex)	ARTICLE {betancur2018patologias, title={Patolog{\i}as generadas por la incidencia de factores antr{\o}picos en el puente vehicular de la Calle 92 con Autopista Norte, sentido norte-sur en Bogot{\a} DC}, author={Betancur Villegas, Mar{\i}a Jos{\e} and Chavarro Guti{\e}rrez, Humberto and others}, year={2018}}, ARTICLE {.aci224.1r931993, author = ". ACI 224.1R-93", title = "CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS.", year = "1993", pages = "25", ARTICLE {aci224r012001, author = "ACI 224R-01", title = "Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón", year = "2001", pages = "53", month = "may" }
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Et9FRzz8ocdAvC0cRApUEsYBkFIKdk2XJmmB1phCkWzAzO?e=aSdAKG
Recomendaciones	• Realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica o inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento.

Tabla 7. Identificación de patología 2. Caso de estudio 1



Imagen 3. Fuente: Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de color oscuro (mohos). • Superficies más rugosas debido al desgaste producido en el hormigón. • Mayor porosidad de la superficie de contacto, manchas de color verde. • Superficies resbalosas con mucha humedad
Causa	• Se desarrollan cianobacterias en la superficie del hormigón debido a la presencia de humedad, se da la generación y agrupación de colonias de mohos y levaduras en la superficie del hormigón
Ubicación	• Losas exteriores
Patología identificada	• Hongos y bacterias

Tipo de patología	<ul style="list-style-type: none"> • Física biológica
Técnica de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada.
Equipo de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Visual
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de superficies por medio de hidrolavadoras. • Uso de detergentes y cepillado. • Lavado de las superficies con abundante agua. • Uso de protectores hidrorrepelentes.
Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Pasquel, s. f.), (Pipiraite, 2018)
Enlace de referencia (BipTex)	<p>ARTICLE {pasquelconsultores, author = "Pasquel Consultores", title = "HONGOS O MOHO EN EL CONCRETO, EL PORQUÉ APARECEN Y SU TRASCENDENCIA", volume = "1", pages = "4", crossref = "https://www.controlmixexpress.com/docs/fasciculo8.pdf"}, phdthesis {pipiraite2018humedades, title={Humedades en edificaci{\o}n: estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contempor{\a}neas}, author={Pipiraite, Toma}, year={2018}, school={Universitat Polit{e}cnica de Val{\e}ncia}}</p>
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Eu4FaM6hGXtHoH3mySfRhWMB33HrwR-reFly5-AMPoPFTQ?e=DECIVz
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza periódica por medio de chorros de agua a alta presión.

Tabla 8. Identificación de patología 3. Caso de estudio 1



Imagen 4. Fuente: Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de sección de las armaduras • Fisuración del hormigón siguiendo la dirección de las barras de armado y estribos. • Desprendimiento de las capas protectoras de la estructura. • Manchas color herrumbre en las superficies de contacto entre hormigón y acero de refuerzo
Causa	<ul style="list-style-type: none"> • El metal entra en contacto con el oxígeno del aire produciendo la oxidación de las superficies, posteriormente se produce el fenómeno de la corrosión la cual produce la pérdida de las partículas de la superficie del metal.
Ubicación	<ul style="list-style-type: none"> • Viga de patio trasero.
Patología identificada	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidación y corrosión.

Tipo de patología	• Química
Técnica de reconocimiento	• Inspección visual detallada.
Equipo de reconocimiento	• Visual
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de la armadura. • Reparación del hormigón. • Sustitución de la armadura si está muy dañada
Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Porto Quintián, 2005d), (Gómez Echavarría & Palacios Ramírez, 2011), (Porto Quintián, 2005c), (Bilbao Alba, s. f.)
Enlace de referencia (BipTex)	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}, masterthesis {gomez2011principales, title={Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aporticadas}, author={Gómez Echavarría, Juliana and Palacios Ramírez, Eloy Eduardo}, type={B.S. thesis}, year={2011}, school={Universidad de Medellín}}, MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 2", year = "2005"}, phdthesis {bilbaopatologia, title={Patología del hormigón}, author={Bilbao Alba, Justo Zen}}
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EiAV9OVcA-hFolMC6Cmel-IB8LQ2ReUKsxQS0WBEkxjFJQ?e=IdHkog
Recomendaciones	• Uso de anticorrosivos y reparación del hormigón

Tabla 9. Identificación de patología 4. Caso de estudio 1



Imagen 5. Fuente: Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras longitudinales abiertas en superficies horizontales. • Fisuras anchas en la superficie. • Su longitud puede variar entre algunos milímetros hasta más de 1 metro • Pueden abarcar toda la altura del elemento.
-----------------------------	---

Causa	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas que se presentan cuando se produce una rápida evaporación del agua cuando se realiza en el vertido o colocación del hormigón
Ubicación	<ul style="list-style-type: none"> • Camineras frontales
Patología identificada	<ul style="list-style-type: none"> • Grieta por contracción plástica
Tipo de patología	<ul style="list-style-type: none"> • Mecánica
Técnica de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Humidímetro • Extensometría
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de resistencia del hormigón. • Si el hormigón no presenta disminución de resistencia realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica o Inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento • Colocar anticorrosivo en la superficie para protección de la armadura.
Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Porto Quintián, 2005d), (Porto Quintián, 2005c, p. 2), (Toxement, s. f.)
Enlace de referencia (BipTex)	<p>MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}, ARTICLE {nationalreadymixerconcreteassociation2020, author = "National Ready Mixer Concrete Association", title = "Agrietamiento por contracción plástica", year = "2020", pages = "2"}, ARTICLE {toxement, author = "Toxement", title = "Fisuras por retracción plástica", pages = "2", crossref = "https://www.toxement.com.co/media/3443/retraccio-n_plastica.pdf" }</p>
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/En8RZhDNleVFoIVYL9Thg6QBEj2Hb_ml4uwSOy7Dpl_NaA?e=qZlmGC
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Humedecer base y sub-base. • Realizar un correcto curado del hormigón, sellado con resina epóxica.

Caso 2



Imagen 6. Fuente: Autor

Descripción general. La obra es una construcción mixta, un cárcamo de hormigón armado de 9 m de largo * 6,40 m de ancho y 7,80 m de alto con una losa de hormigón armado de 9 m de largo * 3,40 de ancho, esta se encuentra sobre tres columnas de hormigón armado con vigas de cimentación. En la losa se levanta una estructura metálica con cubierta en donde se encuentran los motores de succión de agua. En la pared posterior del cárcamo se ubican dos boquetes por donde se hace el paso de las tuberías conductoras del agua del canal.

Ubicación. Estación de drenaje ubicada en el recinto Vainillo Puente Negro provincia del Guayas, las coordenadas de su ubicación son 2°16'55" S 79°31'52" W

Tabla 10. Identificación de patología 1. Caso de estudio 2



Imagen 7. Fuente: Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • En vigas en voladizo la fisura se genera en la parte superior del elemento en la unión de vigas o de viga-columna.
Causa	<ul style="list-style-type: none"> • Este tipo de fisuras se producen por fuerzas de tracción, empujes o exceso de carga que actúan sobre un elemento estructural y no existe suficiente acero de refuerzo.
Ubicación	<ul style="list-style-type: none"> • Unión entre pared del cárcamo y viga de cimentación y pared del cárcamo y viga de soporte para la losa.
Patología identificada	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras por flexión
Tipo de patología	<ul style="list-style-type: none"> • Mecánica
Técnica de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Extensometría
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalamiento del elemento estructural. • Reforzamiento de los elementos estructurales con recrecidos de hormigón técnicas de hormigón proyectado o planchas de acero adheridas exteriormente • Reemplazo de armaduras dañadas utilizando barras de traslape • Reparación con mortero base cemento o inyección de resina epoxi
Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Porto Quintián, 2005d, p. 3), (Quispe Napanga, 2018)
Enlace de referencia (BipTex)	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"},article{quispe2018aplicacion, title={Aplicaci{\o}n de t{\e}cnicas sostenibles de reparaci{\o}n de la fisuraci{\o}n del concreto armado en edificaciones}, author={ Quispe Napanga, Katherine Gabriela}, year={2018}, publisher={Pontificia Universidad Cat{\o}lica del Per{\u}}}
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EpEb63iBNDtPv29ynnrgMSOBf4-yPIr4HPs7mdZaXWoRMQ?e=R3aX8f
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzamiento de los elementos. • Reemplazo de armaduras.

Tabla 11. Identificación de patología 2. Caso de estudio 2



Imagen 8. Fuente: Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras transversales a la dirección del elemento estructural. • Seccionamiento horizontal del elemento estructural.
Causa	<ul style="list-style-type: none"> • Este tipo de fisuras se genera cuando a un elemento estructural se le somete a una carga en su eje es decir que se produce cuando al hormigón se lo hace trabajar a tracción.
Ubicación	<ul style="list-style-type: none"> • Pared posterior del cárcamo y boquete de paso de tubería.
Patología identificada	<ul style="list-style-type: none"> • Fisura por tracción
Tipo de patología	<ul style="list-style-type: none"> • Mecánica
Técnica de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Extensometría
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalamiento del elemento, comprobación de resistencia en el hormigón. • Reforzamiento de los elementos estructurales con recercados de hormigón técnicas de hormigón proyectado • Se puede realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica
Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Porto Quintián, 2005d), (Gómez Echavarría & Palacios Ramírez, 2011)
Enlace de referencia (BipTex)	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}, masterthesis{gomez2011principales, title={Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aperticadas}, author={Gómez Echavarría, Juliana and Palacios Ramírez, Eloy Eduardo}, type={B.S.} thesis, year={2011}, school={Universidad de Medellín}}
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Etf3PB3RzBVHpGV8vbmiQUUBOfJnX1yIMVsvlyMk_UFJpg?e=Yu2Qcp
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzamiento de los elementos. • Reemplazo de armaduras.

Tabla 12. Identificación de patología 3. Caso de estudio 2



Imagen 9. Fuente: Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • En columnas se presenta una fisura abierta en la cara traccionada y se cierra al alejarse de las misma, las fisuras son transversales al elemento.
Causa	<ul style="list-style-type: none"> • Este tipo de fisuras se producen por fuerzas de tracción, empujes o exceso de carga que actúan sobre un elemento estructural y no existe suficiente acero de refuerzo.
Ubicación	<ul style="list-style-type: none"> • Columna de soporte de la losa.
Patología identificada	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras por flexión
Tipo de patología	<ul style="list-style-type: none"> • Mecánica
Técnica de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Extensometría
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalamiento del elemento estructural. • Reforzamiento de los elementos estructurales con recrecidos de hormigón técnicas de hormigón proyectado o planchas de acero adheridas exteriormente • Reparación con mortero base cemento o inyección de resina epoxi
Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Porto Quintián, 2005d, p. 3), (Quispe Napanga, 2018)
Enlace de referencia (BipTex)	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"},article{quispe2018aplicacion, title={Aplicaci{\o}n de t{\e}cnicas sostenibles de reparaci{\o}n de la fisuraci{\o}n del concreto armado en edificaciones}, author={Quispe Napanga, Katherine Gabriela}, year={2018}, publisher={Pontificia Universidad Cat{\o}lica del Per{\u}}}
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EpEb63iBNDtPv29ynnrgMSOBf4-yPIr4HPs7mdZaXWoRMO?e=R3aX8f
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzamiento de los elementos. • Inyección de resina epóxica en fisuras.

Tabla 13. Identificación de patología 4. Caso de estudio 2



Imagen 10. Fuente: Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • Desprendimiento de las capas protectoras de la estructura. • Manchas color herrumbre en las superficies de contacto entre hormigón y acero de refuerzo
Causa	<ul style="list-style-type: none"> • El metal entra en contacto con el oxígeno del aire produciendo la oxidación de las superficies, posteriormente se produce el fenómeno de la corrosión la cual produce la pérdida de las partículas de la superficie del metal.
Ubicación	<ul style="list-style-type: none"> • Esquina derecha de la losa.
Patología identificada	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidación y corrosión
Tipo de patología	<ul style="list-style-type: none"> • Química
Técnica de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada • Medición de diámetro de varillas.
Equipo de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Visual
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de la armadura. • Reparación del hormigón. • Sustitución de la armadura si está muy dañada.
Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Porto Quintián, 2005d, p. 3), (Gómez Echavarría & Palacios Ramírez, 2011), (Porto Quintián, 2005c, p. 2), (Bilbao Alba, s. f.)
Enlace de referencia (BipTex)	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}, mastersthesis {gomez2011principales, title={Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aperticadas}, author={Gómez Echavarría, Juliana and Palacios Ramírez, Eloy Eduardo}, type={B.S.} thesis}, year={2011}, school={Universidad de Medellín}, MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 2", year = "2005"}, phdthesis {bilbaopatologia, title={Patología del hormigón}, author={Bilbao Alba, Justo Zenón}}
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EiAV9OVcA-hFolMC6Cmel-IB8LQ2ReUKsxQS0WBEkxjFJQ?e=IdHkog
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de anticorrosivos • Reparación del hormigón

Caso 3



Imagen 11. Fuente: Autor

Descripción general. Construcción mixta, la cimentación está realizada por medio de vigas de hormigón ciclópeo, para el piso se observa una fundición de hormigón, columnas de hormigón armado y mampostería, en la parte superior se observa la colocación de tubo rectangular como correas soldadas a la armadura de las columnas, sobre estas descansa una cubierta de Eternit. El área de construcción comprende 20 metros de frente por 5 metros de fondo. Adosada a esta estructura se observa un galpón con piso de hormigón sobre vigas de hormigón ciclópeo, así como la estructura de soporte construida con tubo redondo y tubo rectangular para el soporte de la cubierta. El área de construcción de este galpón tiene 22 metros de frente por 8 metros de fondo.

Ubicación. Bodega de fertilizantes ubicada en el recinto Coronel Marcelino Maridueña, El Triunfo provincia del Guayas, las coordenadas de su ubicación son 2°15'50.5" S 79°32'41.7" W.

Tabla 14. Identificación de patología 1. Caso de estudio 3



Imagen 12. Fuente: Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas a 45 grados más abiertas en la zona más alejada del asentamiento.
Causa	<ul style="list-style-type: none"> • Este tipo de grietas se producen ya sea por asentamiento del terreno o por fallo en el soporte de las cimentaciones.
Ubicación	<ul style="list-style-type: none"> • Pared posterior derecha de la bodega
Patología identificada	<ul style="list-style-type: none"> • Grieta por asentamiento diferencial
Tipo de patología	<ul style="list-style-type: none"> • Mecánica
Técnica de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Extensometría
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar la causa del asentamiento. • Recalzar la cimentación si es necesario. por medio de hormigón vaciado en sitio o también se puede realizar la técnica de hormigón preempacado • Se puede realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica, también revisar Inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento, o realizar la reposición de la mampostería
Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Porto Quintián, 2005d, p. 3), (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)
Enlace de referencia (BipTex)	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}

Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Elujp5-GX4RDkuB4d1215RUB1EucgsZSle5UXzvBhV13qQ?e=IRBgEA
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar la causa del asentamiento y realizar la reposición de la mampostería

Tabla 15. Identificación de patología 2. Caso de estudio 3



Imagen 12. Fuente: Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras en uniones de columnas con mampostería. La fisura se presenta a lo largo de la columna pudiendo desprenderse la pared.
Ubicación	<ul style="list-style-type: none"> • Unión entre columna y mampostería de pared posterior
Causa	<ul style="list-style-type: none"> • Este tipo de fisuras se genera cuando a un elemento estructural se le somete a una carga en su eje es decir que se produce cuando al hormigón se lo hace trabajar a tracción.
Patología identificada	<ul style="list-style-type: none"> • Fisura por tracción
Tipo de patología	<ul style="list-style-type: none"> • Mecánica
Técnica de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Extensometría
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalamiento del elemento, comprobación de resistencia en el hormigón. • Refuerzo del elemento con hormigón recrecido o refuerzo con estructura metálica. • Si el elemento está dañado se debe sustituirlo, eliminando la carga que posa sobre él. • Sellado de fisuras con resina epoxi o colocación de malla si es necesario.
Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Porto Quintián, 2005d, p. 3), (Gómez Echavarría & Palacios Ramírez, 2011)

Enlace de referencia (BipTex)	MANUAL {portoquintíanjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}, mastersthesis {gomez2011principales, title={Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aperticadas}, author={Gómez Echavarría, Juliana and Palacios Ramírez, Eloy Eduardo}, type={B.S.} thesis}, year={2011}, school={Universidad de Medellín}}
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Etf3PB3RzBVHpGV8vbmQUUBOfJnX1yMVSyLyMk_UFJpg?e=Yu2Qcp
Recomendaciones	• Sellado de las fisuras con resina epóxica.

Tabla 16. Identificación de patología 3. Caso de estudio 3



Imagen 13. Fuente: Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • Desprendimiento de las capas protectoras de la estructura. • Pérdida de sección de la armadura • Manchas color herrumbre en las superficies de contacto entre hormigón y acero de refuerzo
Causa	• La oxidación se produce cuando el metal entra en contacto con el oxígeno del aire produciendo la oxidación de las superficies, posteriormente se produce el fenómeno de la corrosión la cual produce la pérdida de las partículas de la superficie del metal, la corrosión se origina por agua, componentes orgánicos y por gases atmosféricos.
Ubicación	• Boquete de entrada a la bodega
Patología identificada	• Oxidación y corrosión
Tipo de patología	• Química
Técnica de reconocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada • Medición de diámetro de varillas.
Equipo de reconocimiento	• Visual
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de la armadura. • Reparación del hormigón. • Sustitución de la armadura si está muy dañada.

Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Porto Quintián, 2005d, p. 3), (Gómez Echavarría & Palacios Ramírez, 2011), (Porto Quintián, 2005c, p. 2), (Bilbao Alba, s. f.)
Enlace de referencia (BipTex)	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}, mastersthesis {gomez2011principales, title={Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patol{\o}gico en sistemas de edificaciones aporticadas}, author={G{\o}mez Echavarr{\i}a, Juliana and Palacios Ram{\i}rez, Eloy Eduardo}, type={ {B.S.} thesis}, year={2011}, school={Universidad de Medell{\i}n}}, MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 2", year = "2005"}, phdthesis {bilbaopatologia, title={Patolog{\i}a del hormig{\o}n}, author={Bilbao Alba, Justo Zen{\o}n} }
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EiAV9OVcA-hFoLMC6Cmel-IB8LQ2ReUKsxQS0WBEkxjFJQ?e=IdHkog
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Sustitución de armadura • Reparación del hormigón

Tabla 17. Identificación de patología 4. Caso de estudio 3



Imagen 14. Fuente: Autor

Características principales	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de color oscuro (mohos). • Superficies más rugosas debido al desgaste producido en el hormigón. • Mayor porosidad de la superficie de contacto, manchas de color verde. • Superficies resbalosas con mucha humedad
Causa	• Se desarrollan cianobacterias en la superficie del hormigón debido a la presencia de humedad, se da la generación y agrupación de colonias de mohos y levaduras en la superficie del hormigón
Ubicación	• Losas exteriores
Patología identificada	• Hongos y bacterias
Tipo de patología	• Física biológica
Técnica de reconocimiento	• Inspección visual detallada.
Equipo de reconocimiento	• Visual

Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de superficies por medio de hidrolavadoras. • Uso de detergentes y cepillado. • Lavado de las superficies con abundante agua. • Uso de protectores hidrórepelentes.
Referencia bibliográfica acerca de la patología	(Pasquel, s. f.), (Pipiraite, 2018)
Enlace de referencia (BipTex)	<pre>ARTICLE {pasquelconsultores, author = "Pasquel Consultores", title = "HONGOS O MOHO EN EL CONCRETO, EL PORQUÉ APARECEN Y SU TRASCENDENCIA", volume = "1", pages = "4", crossref = "https://www.controlmixexpress.com/docs/fasciculo8.pdf"}, phdthesis {pipiraite2018humedades, title={Humedades en edificaci{\o}n: estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contempor{\a}neas}, author={Pipiraite, Toma}, year={2018}, school={Universitat Polit{\e}cnica de Val{\e}ncia}}</pre>
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Eu4FaM6hGXtHoH3mySfRhWMB33HrwR-reFly5-AMPoPftQ?e=DECIVz
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza periódica por medio de chorros de agua a alta presión.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones.

5.1 Conclusiones.

1. En el proceso de la revisión bibliográfica se hizo evidente la cantidad de información dispersa en varios documentos, de donde se extrajo las partes más importantes con respecto al tema las cuales forman el marco teórico de la investigación.
2. El proceso de recolección, compilación, análisis y clasificación de la información obtenida sobre patologías en estructuras de hormigón dio buenos resultados, la información se encuentra organizada y detallada con datos concisos en NOTION, la revisión de la información es bastante fácil y didáctica en el proceso de identificación de patologías en estructuras de hormigón.
3. La base de datos que se presenta en el trabajo de investigación facilita y simplifica el estudio de las patologías en estructuras de hormigón gracias al contenido y disposición de la información teórica, la información de la base de datos en donde se describe las características más importantes de cada patología, fuentes de información, imágenes, videos, equipos de medición, técnicas de reconocimiento, y tratamientos.
4. La relación de la base de datos de patologías en estructuras de hormigón con otras bases de datos propuestas como patologías en estructuras de acero, estructuras de madera y patologías en materiales cerámicos establecerá sin duda un marco de información muy útil y amplio en el proceso de identificación de patologías en diferentes materiales estructurales dirigida al aprendizaje y formación de personal desde un enfoque académico como profesional.
5. Por medio de la visita técnica a algunas obras se pudo hacer uso de la base de datos como casos prácticos, con las características descritas de cada patología en el marco teórico se hace sencillo poder identificar la patología de interés, así también indagar sobre la

información complementaria como el tratamiento y la comparación fotográfica gracias la cantidad de fotografías de cada patología. Para la identificación se realiza una revisión de la mampostería y los acabados en donde también se generan patologías, por lo tanto, la identificación de patologías en elementos estructurales corresponde a un 85% y un 15% en elementos no estructurales.

5.2 Recomendaciones.

1. Realizar una revisión más extensa de las características que presenta una patología para evitar una incorrecta identificación debido a que algunas patologías comparten características similares. Hacer uso del anexo 1 del cuadro de características principales de cada patología.
2. Alimentar la base fotográfica con archivos de excelente calidad que presenten detalles de la patología para obtener variedad en las imágenes con las que sea más fácil la identificación de dicha patología.
3. Poseer conocimientos sobre las patologías y las estructuras de hormigón para un mejor manejo de la base de datos, permitiendo realizar una búsqueda más objetiva ya que las patologías se originan por diversos factores.
4. Se debe realizar una revisión de todos los tratamientos que se recomiendan para cada patología y así se pueda aplicar la mejor opción según el problema patológico y las condiciones que se presenten en sitio.
5. Tener conocimiento de términos técnicos para una mejor comprensión del contenido que se presenta en la investigación.

Referencias Bibliográficas

- ACI 117M-10. (2010). *Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials*. 80.
- ACI 224R-01. (2001). *Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón*. 53.
- ACI 318S-08, A. 318S-08. (s. f.). *REQUISITOS DE REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL*. 520.
- ACI 365.1R-00. (2002). Service Life Prediction. *State of The Art Report*, 44.
- ACI 435R-95. (2003). *Control de deflexión en estructuras de hormigón*. 89.
- Alcaraz Marín, J. (2012). *Microestructura del hormigón*.
- Alonso, M. C. A. (1988). Estudio de la corrosión de armaduras en hormigón carbonatado. *Informes de la Construcción*, 39(393), 73-77.
- Asociación de Fabricantes de morteros, M. (2019). *Causas químicas del deterioro del hormigón*.
- Ayala Carabajo, R. (2010). *Clasificación, utilización e importancia del encofrado como elemento provisional en el área de la construcción* [B.S. thesis].
- Badilla, A. V. B. (2012). *CORRELACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE DETECCIÓN NO DESTRUCTIVOS DE ANOMALÍAS EN EL HORMIGÓN” ANOMALÍAS EN EL HORMIGÓN*.
- Balzamo, H. M. (2020). *Nuevas técnicas No Destructivas y Semi Destructivas para Evaluación de Estructuras de Hormigón Armado*. 37.
- Barriga Cáceres, D. A., & Bustamante Bances, G. L. (s. f.). *Planteamiento de una metodología de evaluación estructural en edificaciones de concreto armado*.
- Betancur Villegas, M. J., & Chavarro Gutiérrez, H. (2018). *Patologías generadas por la incidencia de factores antrópicos en el puente vehicular de la Calle 92 con Autopista Norte, sentido norte-sur en Bogotá DC*.
- Bilbao Alba. (s. f.). *Patología del hormigón* [PhD Thesis].
- Calo, D. (2018). *Reparación y mantenimiento de pavimentos de hormigón*.
- Cruz Biel, A. (2016). *Evaluación de parámetros que condicionan el crecimiento biológico en canales de hormigón* [B.S. thesis]. Universitat Politècnica de Catalunya.

- García, I. G. (2011). *Carbonatación del hormigón: Combinación de CO₂ con las fases hidratadas del cemento y frente de cambio de pH* [PhD Thesis]. Universidad Complutense de Madrid.
- Garzón Pire, W. (2013). Estudio de durabilidad del ataque de sulfatos a los concretos con agregado reciclado. *Escuela de Arquitectura y Urbanismo*.
- Gaviria Ruiz, M. Á., & Restrepo Duque, D. (2017). *Análisis de patologías estructurales en la institución educativa Luis Carlos González Mejía de educación básica primaria y secundaria del barrio Gamma del municipio de Pereira* [PhD Thesis]. Universidad Libre Seccional Pereira.
- Gómez, A., & Rashid. (2018). *Determinación y Prevención de los Niveles de Eflorescencia Primaria por uso del Mortero en las Paredes de Ladrillo en el Barrio Cuba al Sur de la Ciudad de Guayaquil*. [B.S. thesis]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
- Gómez Echavarría, J., & Palacios Ramírez, E. E. (2011). *Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aporticadas* [B.S. thesis]. Universidad de Medellín.
- Graco. (2021). *Reparación de superficies de hormigón*.
- IMF Smart, E. (2020). *Tipos de datos: Datos estructurados, semiestructurados y no estructurados*.
- Infocorrosión. (2018). *Reparación del hormigón, reparación por ataques químicos*.
- Ingenieros Asesores, A. (2018). Aluminosis del hormigón. *Arquitectura y edificación*.
- Instituto Mexicano del cemento y del concreto. (2005). *Compactando el concreto*. 8, 4.
- Labson, C. de calidad y geotecnia. (2013). *Extracción de testigos*.
- Londoño, L. (2020). Lo que debes saber sobre el ataque de sulfato en el concreto. *360 en concreto*.
- Maldonado, C. (2012). *Bases de Datos*. México: Grupo Editor Argentino SA.
- Mansilla Torres, S. (2003). *Hormigón arquitectónico*. [PhD Thesis]. Universidad Austral de Chile.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). *Manual de Reparaciones y Refuerzos Estructurales (VOLUMEN 4)*. Gobierno de Chile.
- Monjo Carrio, L., Juan Maldonado Ramos. (2001). *Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*. Editorial A.

- Moreno, J. (2018). DETERMINACION DE LA VELOCIDAD Y POTENCIAL DE CORROSION. *Patología en la edificación*.
- Moreno, Páez. (2009). Influencia de los ciclos hielo–deshielo en la resistencia del concreto (caso Tunja). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15 Sup. 1), 95-110.
- Murillo Melo, C. P. (2014). Patología de concreto en estructuras de Saneamiento ambiental-caso Cundinamarca. *Facultad de Artes*.
- (NEC). (2015). RIESGO SÍSMICO, EVALUACIÓN, REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS. *Dirección de comunicación social, MIDUVI*, 25.
- Pasquel, C. (s. f.). *HONGOS O MOHO EN EL CONCRETO, EL PORQUÉ APARECEN Y SU TRASCENDENCIA*. 1, 4.
- Pasquel consultores, especialistas en concreto. (s. f.). *Entendiendo el concreto*. 4.
- Pipiraite, T. (2018). *Humedades en edificación: Estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas* [PhD Thesis]. Universitat Politècnica de València.
- Porto Quintián. (2005a). *Manual de patologías en estructuras de hormigón armado* (tomo 3).
Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica.
- Porto Quintián. (2005b). *Tomo 1 Manual de patologías en estructuras de hormigón armado* (tomo 1).
Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica.
- Porto Quintián. (2005c). *Tomo 2 Manual de patologías en estructuras de hormigón armado* (tomo 2).
Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica.
- Porto Quintián. (2005d). *Tomo 3 Manual de patologías en estructuras de hormigón armado* (tomo 3).
Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica.
- Quispe Napanga, K. G. (2018). *Aplicación de técnicas sostenibles de reparación de la fisuración del concreto armado en edificaciones*.
- Reyes Vázquez, F. (2019). *Aluminosis: Tras su historia y ejemplos de intervenciones en Valencia* [PhD Thesis]. Universitat Politècnica de València.
- Rodríguez, F. (2006). Rehabilitación de estructuras de hormigón: Técnicas y Sistemas. *Jefe del Servicio de Durabilidad de Estructuras. CEDEX, Ministerio de Fomento*.

Rodríguez, V. (2004). *MANUAL DE PATOLOGIA DE LA EDIFICACION*. DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE LA EDIFICACION.

Sandoval, F. A. (2018). *C3T03_El Hormigón*.

Santilli, N. R. y A. (2017). Medición de resistencia a tempranas edades del hormigón: Método que mejor se ajusta para la determinación de tiempos mínimos de desencofrado de elementos verticales de hormigón. *Revista Scielo*, 11.

Sotomayor, C. (s. f.). *ENTENDIENDO A LAS FISURAS Y GRIETAS EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO*.

Toirac Corral, J. (2004). Patología de la construcción: Grietas y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención. *Ciencia y sociedad*.

Toxement. (s. f.). *Fisuras por retracción plástica*. 2.

Traversa, L. P. (2004). Patología de las estructuras de hormigón armado. *Ciencia y Tecnología del Hormigón*.

Valcárcel, J. P. (2014). *Patología de estructuras de hormigón armado*.

Vallejo García, T. I. (2017). *Análisis Comparativo de Ensayos Destructivos y no Destructivos de Hormigones de Alta Resistencia* [B.S. thesis]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

Vélez, L. M. (2010). Permeabilidad y porosidad en concreto. *Tecnológicas*.

Zarzosa, F. A., Andrés; Gutiérrez, Sergio Eduardo; Sfer, Domingo; Isla Calderón. (2016). ANALISIS EXPERIMENTAL DEL PUNZONAMIENTO EN LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO. *Instituto de Estructura, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, U.N.T.*, 20.

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Características principales de cada patología	117
Anexo 2 Base de datos sobre patologías en estructuras de hormigón.....	130

ANEXO 1 (Tabla de características principales de cada patología.)

Anexo 1 Características principales de cada patología.

Patología	Características principales
H.1-Fisuras Capilares	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras delgadas. • Fisuras irregulares y no presentan un patrón determinado.
H.2-Fisuras por dilatación y contracción.	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuración irregular tipo piel de cocodrilo. • Patrón de mapeo y agrietamiento poco profundo. • Fisuras no mayores a 3 mm de profundidad. • Se desarrollan a edad temprana y pueden ser visibles al día siguiente del vaciado del hormigón. • Son fisuras antiestéticas.
H.3-Bacterias	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas en el hormigón. • Decoloración del hormigón. • Aumento de rugosidad de la superficie. • Presencia y desarrollo de colonias de cianobacterias en la superficie del hormigón. • Manchas color verde.
H.4-Hongos	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de color oscuro (mohos). • Superficies más rugosas debido al desgaste producido en el hormigón. • Mayor porosidad de la superficie de contacto.
H.5-Algas, líquenes y musgos	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de color verde. • Superficies resbalosas con mucha humedad y presencia de agua en época de invierno • Superficies resacas y porosas en época de verano. • Se puede distinguir a simple vista el musgo y algas adheridas a la superficie del hormigón. • Presencia de vegetación en las superficies
H.6-Flechas	<ul style="list-style-type: none"> • Se observa a simple vista los elementos estructurales horizontales y losas flechadas, siendo son más visibles estos defectos en los centros de los claros. • En etapas tempranas no se presentan fisuras hasta que los elementos comienzan a fallar. • Fisuras finas. • Fisuras verticales
H.7-Pandeos	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras horizontales a las caras del elemento. • Desprendimiento de recubrimientos.
H.8-Desplomes	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas desplazadas en su parte superior hacia la dirección del empuje.
H.9-Alabeos	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos estructurales girados hacia un lado. • Se observan fisuras a 45 grados, en vigas. estas fisuras nacen en la cara superior y se dirigen hacia la cara inferior.
H.10- Grietas por dilatación y contracción higrotérmica	<ul style="list-style-type: none"> • Patrón de mapeo. • Fisuras transversales. • Fisuras largas en superficies en hormigones colocados en condiciones de viento y ambientes secos.
H.11-Grietas por contracción plástica	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras abiertas y horizontales en pilares y columnas. • Fisuras longitudinales abiertas en superficies horizontales. • Fisuras paralelas entre sí a distancias de pocos milímetros hasta más de 3 metros. • Fisuras coincidentes con las barras de armado. • Patrón poligonal aleatorio • Fisuras anchas en la superficie. • Su longitud puede variar entre algunos milímetros hasta más de 1 metro • Pueden abarcar toda la altura del elemento.
H.12-Grietas por secado	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas paralelas a corta distancia.

	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas en dirección de las varillas de flexión en las losas. • Patrón de mapeo • Grietas transversales.
H.13-Grietas por asentamiento diferencial	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas a 45 grados más abiertas en la zona más alejada del asentamiento.
H.14-Fisuras por tracción	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras transversales a la dirección del elemento estructural. • Seccionamiento horizontal del elemento estructural. • Si el elemento tiene exceso de refuerzo se presentan fisuras abiertas y finas en toda la longitud que se secciona. • Fisuras en uniones de columnas con mampostería. La fisura se presenta a lo largo de la columna pudiendo desprenderse la pared.
H.15-Fisuras por flexión	<ul style="list-style-type: none"> • La fisura empieza en la parte central del elemento estructural. • La fisura tiene una dirección vertical. • La fisura avanza hasta alcanzar el eje neutro del elemento estructural (vigas). • En columnas se presenta una fisura abierta en la cara traccionada y se cierra al alejarse de las misma, las fisuras son transversales al elemento. • En vigas en voladizo la fisura se genera en la parte superior del elemento en la unión de vigas o de viga-columna.
H.16-Fisuras por cortante	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras horizontales en dos caras del elemento y en las dos caras restantes se presentan fisuras a 45 o en algunos casos a 60 grados. • Desprendimiento de recubrimiento
H.17-Fisuras por adherencia	<ul style="list-style-type: none"> • Son fisuras verticales. • Se generan desde el acero y recorren el hormigón por lo que se pierde el trabajo en conjunto de los dos materiales. • Las fisuras por adherencia también se presentan por acciones de carga, en este caso las fisuras tienen el mismo sentido de dirección de las varillas de amarre. • Corrosión de armaduras.
H.18-Fisuras por torsión	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras a 45 grados en las caras de los elementos estructurales. • Se identifican estas fisuras ya que van en sentido contrario a las fisuras que se producen por cortante. • Tienen un aspecto similar a las del esfuerzo cortante y por tanto pueden ser confundidas con ellas, el principal criterio para distinguirlas es que en el caso del cortante las fisuras están inclinadas en el mismo sentido en las dos caras opuestas en tanto que las de torsión están inclinadas en sentidos contrarios
H.19-Fisuras por punzonamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras finas, cerradas con apariencia inofensiva. • Fisuras con características muy similares a las fisuras por cortante • Fisuras a 45 grados en columnas y fisuras circulares alrededor de los pilares en las losas. En las losas las fisuras se presentan entre los 30 y 45 grados • Pandeo del acero de refuerzo • Agrietamientos en forma de cruz en muros de carga. • Desmoronamiento inclinado en vigas.
H.20-Fisuras por compresión	<ul style="list-style-type: none"> • Este tipo de fisuras se presentan en dirección vertical. • Fisuras finas que dividen en dos al elemento estructural. • En ocasiones se presentan fisuras a 60 grados. • Generan desprendimiento de recubrimientos.
H.21-Desprendimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Desmoronamiento del hormigón. • Corrosión de las armaduras. • Hormigón de aspecto poroso. • Cambio de color del hormigón, color más claro u oscuro.
H.22-Erosiones mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras abiertas por desgaste sin un patrón determinado. • Desprendimiento de capas. • Fisuras longitudinales. • Fisuras transversales • Roturas en las esquinas. • Hundimientos de paños.

H.23-Eflorescencias	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de color blanco o amarillo verdoso en la superficie de hormigón, mortero y materiales de construcción. • Desconche de revestimientos. • Decoloración permanente o temporal de la superficie. • Hinchazón y deformación de las superficies de revestimiento. • Capas pulverizadas en la superficie.
H.24-Aluminosis	<ul style="list-style-type: none"> • Porosidad en el hormigón. • Desprendimientos. • Pérdida de adherencia • Pérdida de resistencia del hormigón. • Carbonatación.
H.25- Oxidación y Corrosión	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de sección de las armaduras • Fisuración del hormigón siguiendo la dirección de las barras de armado y estribos. • Desprendimiento de las capas protectoras de la estructura. • Manchas color herrumbre en las superficies de contacto entre hormigón y acero de refuerzo
H.26-Carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras en el hormigón que empiezan en la unión de la armadura con el hormigón. • Desprendimiento de capas de protección de hormigón. • Hormigón poroso.
H.27-Coqueras	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de burbujas en las caras del hormigón. • El hormigón no es homogéneo, • Se puede observar los agregados del hormigón, muchas veces se observa piedras que producen taponamientos para el vertido del hormigón. • Se puede observar el acero de refuerzo. • Material segregado. • Se presentan agujeros en forma de nidos de abeja con o sin acero expuesto.
H.28-Junta fría	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras o grietas que toman la forma de la unión que se realiza con el hormigonado entre hormigones de diferentes edades.

Fuente: Autor

ANEXO 2 (Base de datos sobre patologías en estructuras de hormigón.)

Anexo 2 Base de datos sobre patologías en estructuras de hormigón

Colum 1	Colum 2	Colum 3	Colum 4	Colum 5	Colum 6	Colum 7	Colum 8	Colum 9	Colum 10	Colum 11
Patología	Descripción	Características principales	Etiqueta	Referencia	Página	Imágenes	Enlace de referencia	Equipo de medición	Técnica para reconocimiento	Tratamiento
H.1-Fisuras Capilares	Este tipo de fisuras se producen debido al mal curado en el lapso en donde el hormigón alcanza su mayor resistencia. Superficies que no están hidratadas y presentan suciedad.	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras delgadas menores a 2 mm. • Fisuras irregulares y no presentan un patrón determinado. 	Hormigón	Artículo 1 "Patologías generadas por la incidencia de factores antrópicos en el puente vehicular de la Calle 92 con Autopista Norte, sentido norte-sur en Bogotá DC" By: Betancur Villegas, María José and Chavarro Gutiérrez, Humberto and others}, year={2018},	28	https://ucacue.edu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Et9FRzz8ocdAvC0cRApUEsYBkFIKdk2XJmmB1phCkWzAzQ?e=aSdAKG	ARTICLE {betancur2018patologias, title={Patologías generadas por la incidencia de factores antrópicos en el puente vehicular de la Calle 92 con Autopista Norte, sentido norte-sur en Bogotá DC}, author={Betancur Villegas, María José and Chavarro Gutiérrez, Humberto and others}, year={2018}}	<ul style="list-style-type: none"> • Extensometría • Humidímetro ensayo de humedad • Ultrasonido • Ultrasonido automático. • Visual 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede utilizar la técnica de ocratización para fisuras menores a 2 mm la cual se describe en la pág. 279 del siguiente enlace.
				ACI 224.1R-93", title = "CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS.", year = "1993",	14	https://ucacue.edu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Et9FRzz8ocdAvC0cRApUEsYBkFIKdk2XJmmB1phCkWzAzQ?e=aSdAKG	ARTICLE {aci224.1r931993, author = ". ACI 224.1R-93", title = "CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS.", year = "1993", pages = "25"			<ul style="list-style-type: none"> • Se puede realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica o inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento como se describe en las págs. 68 y 70 respectivamente del siguiente enlace.
				"ACI 224R-01", title = "Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón", year = "2001",	12	https://ucacue.edu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Et9FRzz8ocdAvC0cRApUEsYBkFIKdk2XJmmB1phCkWzAzQ?e=aSdAKG	ARTICLE {aci224r012001, author = "ACI 224R-01", title = "Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón", year = "2001", pages = "53", month = "may" }			<ul style="list-style-type: none"> • Se puede realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica o inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento como se describe en las págs. 68 y 70 respectivamente del siguiente enlace.
H.2-Fisuras por dilatación y contracción.	Se generan cuando se produce un cambio repentino de humedad, los poros de la mezcla están saturados de agua y se secan rápidamente produciéndose una disminución de volumen y por ende la fisuración del hormigón.	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuración irregular tipo piel de cocodrilo. • Patrón de mapeo y agrietamiento poco profundo. • Fisuras no mayores a 3 mm de profundidad. • Se desarrollan a edad temprana y pueden ser visibles al día siguiente del vaciado del hormigón. • Son fisuras antiestéticas. 	Hormigón	ACI 224R-01", title = "Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón", year = "2001"	12	https://ucacue.edu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Et9FRzz8ocdAvC0cRApUEsYBkFIKdk2XJmmB1phCkWzAzQ?e=aSdAKG	ARTICLE {aci224r012001, author = "ACI 224R-01", title = "Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón", year = "2001", pages = "53", month = "may" }	<ul style="list-style-type: none"> • Extensometría • Humidímetro • Ultrasonido • Ultrasonido automático • Visual 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica o Inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento las cuales se describen en las págs. 68 y 70 correspondientemente en el siguiente enlace.
				ACI 224.1R-93", title = "CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS.", year = "1993"	14	https://ucacue.edu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Et9FRzz8ocdAvC0cRApUEsYBkFIKdk2XJmmB1phCkWzAzQ?e=aSdAKG	ARTICLE {aci224.1r931993, author = ". ACI 224.1R-93", title = "CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS.", year = "1993", pages = "25"			<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica o Inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento las cuales se describen en las págs. 68 y 70 correspondientemente en el siguiente enlace.

H.3-Bacterias	Se desarrollan cianobacterias en la superficie del hormigón debido a la presencia de humedad y se alimentan del calcio que contiene el cemento.	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas en el hormigón. • Decoloración del hormigón. • Aumento de rugosidad de la superficie. • Presencia y desarrollo de colonias de cianobacterias en la superficie del hormigón. • Manchas color verde. 	Hormigón	Artículo 1 Interacciones microorganismo-hormigón: métodos de evaluación y posibles soluciones. By: Vaquero Martínez, José M	33	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EjTpeJK4TntLh9Yw9vToUscBPHPUfjg2ju8IQ6tlj6KeRw?e=Ohlvwh	article{vaquero2013interacciones, title={Interacciones microorganismo-hormigón: métodos de evaluación y posibles soluciones}, author={Vaquero Martínez, José M}, year={2013}, publisher={Universitat Politècnica de Catalunya}}	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Microscopio • Humidímetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada. • Examen con microscopio 	<ul style="list-style-type: none"> • Cepillado con detergente de las superficies en donde se pueda observar colonias. • Es muy poco usual el uso de azitromicina para estanques de hormigón debido a su costo, pero es una buena opción. • Mantenimientos periódicos en las superficies. • Se recomienda la técnica de chorro de agua o granallado como se indica en el siguiente enlace. <p>https://www.graco.com/es/es/products/surface-preparation/blasting-basics/concrete-surface-preparation-3.html</p>
H.4-Hongos	Se generan por la presencia de humedad y agua, debido a esto se da la generación y agrupación de colonias de mohos y levaduras en la superficie del hormigón siendo más rápido el desarrollo en superficies rugosas en donde hay mayor acumulación de agua. Las estructuras que están sometidas a agua de mar son rápidamente colonizadas por microorganismos marinos en	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de color oscuro (mohos). • Superficies más rugosas debido al desgaste producido en el hormigón. • Mayor porosidad de la superficie de contacto. 	Hormigón	Artículo 1 "HONGOS O MOHO EN EL CONCRETO, EL PORQUÉ APARECEN Y SU TRASCENDENCIA" By: Pasquel Consultores	1,2	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Eu4FaM6hGXtHoH3mySfRhWMB33HrwR-reFly5-AMPoPftQ?e=DECIVz	ARTICLE {pasquelconsultores, author = "Pasquel Consultores", title = "HONGOS O MOHO EN EL CONCRETO, EL PORQUÉ APARECEN Y SU TRASCENDENCIA", volume = "1", pages = "4", crossref = "https://www.controlmixexpress.com/docs/fasciculo8.pdf"}	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Humidímetro • Termografía de infrarrojos 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de superficies por medio de hidrolavadoras. • Se recomienda la técnica de chorro de agua o granallado como se indica en <p>https://www.graco.com/es/es/products/surface-preparation/blasting-basics/concrete-surface-preparation-3.html</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de protectores hidrorrepelentes. • Mantenimientos periódicos de la superficie. • Para su prevención revisar el siguiente enlace pág 4. <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Hongos-o-moho-en-el-concreto-por-qu-aparecen-y-su-trascendencia-1825d5b6b62d49af9eb8971982e3e134</p>

	donde se da su desarrollo.									
H.5-Algas, líquenes y musgos	En su mayoría se generan es ambientes acuáticos, pero se generan también en ambientes en donde exista la suficiente luz y cantidad de agua. Generan esfuerzos de tracción en el hormigón provocando la pérdida gradual de la protección del acero de refuerzo.	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de color verde. • Superficies resbalosas con mucha humedad y presencia de agua en época de invierno • Superficies resacas y porosas en época de verano. • Se puede distinguir a simple vista el musgo y algas adheridas a la superficie del hormigón. • Presencia de vegetación en las superficies 	Hormigón	<p>Artículo 1 "LOS LÍQUENES Y LA DEGRADACIÓN/ CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO" By: Revista de Biología UVIGO</p> <p>Phdthesis "Humedades en edificación: estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas" By: Pipiraite, Toma</p>	4	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue.edu.ec/EqFDJImi5mlGlwT1L6VknTcByRxb9WOzmUIEtuE1InlXkw?e=DNm23d	<p>ARTICLE {jpgamboaosorio2017, author = "JP Gamboa Osorio", title = "LOS LÍQUENES Y LA DEGRADACIÓN/ CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO", journal = "Revista de Biología UVIGO", year = "2017", volume = "9", pages = "13" }</p> <p>phdthesis{pipiraite2018humedades, title={Humedades en edificación: estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas}, author={Pipiraite, Toma}, year={2018}, school={ Universitat Politècnica de València } }</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Microscopio 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de superficies por medio de hidrolavadoras. • Uso de detergentes y cepillado. • Uso de protectores hidrorrepelentes. • Para el tratamiento de los líquenes es preciso desprenderlos rompiendo una parte o capa de la superficie en donde crecen debido a la adherencia que estos presentan. Se recomienda la técnica de raspado con agujas o con chorros abrasivos. • Estos procesos de limpieza causan daños a las superficies por lo que se debe tomar en cuenta las consideraciones descritas en el siguiente enlace pág 7. <p>https://www.graco.com/es/es/products/surface-preparation/blasting-basics/concrete-surface-preparation-3.html</p> <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Los-l-liquenes-y-la-degradacion-conservacion-del-patrimonio-arquitectonico-aa052a09947245ba9205bb8a62f6f74c</p>
H.6-Flechas	Producidas por flexión de elementos horizontales afectados por cargas verticales.	<ul style="list-style-type: none"> • Se observa a simple vista los elementos estructurales horizontales y losas flectadas, siendo son más visibles estos defectos en los centros de los claros. • En etapas tempranas no se presentan fisuras hasta que los elementos comienzan a fallar. • Fisuras finas. • Fisuras verticales 	Hormigón	<p>Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 3. By: Porto Quintián Jesús Manuel</p> <p>Manual 2 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 2. By: Porto Quintián Jesús Manuel</p>	26	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue.edu.ec/ErNmam-4vaZJkGHed-VFNjUB1htZfgMn-KyevSV25MovQw?e=25Jkg3	<p>MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005" }</p> <p>MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 2", year = "2005" }</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Esclerómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe reforzar los elementos con recrados de hormigón por medio de la técnica hormigón o mortero proyectado como se indica en la pag 63 del siguiente enlace. • Es recomendable dejar un espacio entre el tabique y el forjado para evitar la posible rotura al flectar la viga. • Revisar las pags. 61 a la 64 del siguiente enlace. <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55</p> <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Tomo-2-Manual-de-patolog-as-en-las-estructuras-de-hormig-n-armado-2f93f67225a247f58e25740c69c31c47</p>
H.7-Pandeos	Producidas por exceso de compresión en elementos verticales.	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras horizontales a las caras del elemento. • Desprendimiento o de recubrimientos. 	Hormigón	Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 3. By: Porto Quintián Jesús Manuel	14	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue.edu.ec/EloyWbzuiPpMta7M96yEsBzN	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005" }	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Esclerómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalamiento de las columnas • Reforzamiento con recrado de hormigón técnicas de hormigón proyectado o planchas de acero adheridas exteriormente como se indica en las pags. 63 y 81 del siguiente enlace <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55</p>

						9jv345wyG9W9ei_DOxrA?e=egcUmJ				<ul style="list-style-type: none"> • Para evitar este tipo de patologías se debe realizar una estimación correcta de las cargas, dimensionamiento adecuado de los elementos estructurales, uso de hormigón con la resistencia adecuada y un armado correcto de las armaduras de refuerzo. • Para el reforzamiento de los elementos estructurales revisar el siguiente enlace. https://www.notion.so/eduardopalma/T-cnicas-de-reforzamiento-de-estructuras-construidas-de-concreto-que-presentan-deficiencias-estructu-32c2a91a0eb742d7a4cc333f7734639a
H.8-Desplomes	Producida por empujes horizontales en elementos verticales	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas desplazadas en su parte superior hacia la dirección del empuje. 	Hormigón	Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 2. By: Porto Quintián Jesús Manuel	14	https://www.sharepoint.com/:f:/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Eo6R1luRWUpCi53swqIfPo0B1w9gnHdlXEUuvVkQx_8VA?e=fLq0Ny	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 2", year = "2005"}	• Visual	• Inspección visual detallada	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalamiento de las columnas • Reforzamiento con recrecido de hormigón técnicas de hormigón proyectado o planchas de acero adheridas exteriormente como se indica en las pags 63 y 81 del siguiente enlace https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55
				Phdthesis Análisis de patologías estructurales en la institución educativa Luis Carlos González Mejía de educación básica primaria y secundaria del barrio Gamma del municipio de Pereira. By: Gaviria Ruiz, Miguel Angel and Restrepo Duque, Daniel	14		phdthesis{gaviria2017 analisis, title={An{\a}lisis de patolog{\i}as estructurales en la instituci{\o}n educativa Luis Carlos Gonz{\a}lez Mej{\i}a de educaci{\o}n b{\a}sica primaria y secundaria del barrio Gamma del municipio de Pereira}, author={Gaviria Ruiz, Miguel {\A}ngel and Restrepo Duque, Daniel}, year={2017}, school={Universidad Libre Seccional Pereira}}			<ul style="list-style-type: none"> • Revisar págs. 61 a la 64 del siguiente enlace. https://www.notion.so/eduardopalma/Tomo-2-Manual-de-patolog-as-en-las-estructuras-de-hormig-n-armado-2f93f67225a247f58e25740c69c31c47
H.9-Alabeos	Se generan cuando los esfuerzos horizontales producen torsión en los elementos estructurales ya sean vigas o columnas. • Los alabeos se producen también debido a encofrados deformados y mal apuntalados. • Se producen también en pavimentos y juntas de pisos.	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos estructurales girados hacia un lado. • Se observan fisuras a 45 grados, en vigas. estas fisuras nacen en la cara superior y se dirigen hacia la cara inferior. 	Hormigón	Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 2. By: Porto Quintián Jesús Manuel	14	https://www.sharepoint.com/:f:/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EjCM5DfN6JBGjDr-YxCWVWABnz_m0mRLLAdKyt_pL7879pg?e=z bZEir	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 2", year = "2005"}	• Visual	• Inspección visual detallada	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzamiento con recrecido de hormigón técnicas de hormigón proyectado o planchas de acero adheridas exteriormente como se indica en las págs. 63 y 81 del siguiente enlace https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55
				Phdthesis Análisis de patologías estructurales en la institución educativa Luis Carlos González Mejía de educación básica primaria y secundaria del barrio Gamma del municipio de Pereira. By: Gaviria Ruiz, Miguel Angel and Restrepo Duque, Daniel	14		phdthesis{gaviria2017 analisis, title={An{\a}lisis de patolog{\i}as estructurales en la instituci{\o}n educativa Luis Carlos Gonz{\a}lez Mej{\i}a de educaci{\o}n b{\a}sica primaria y secundaria del barrio Gamma del municipio de Pereira}, author={Gaviria Ruiz, Miguel {\A}ngel and Restrepo Duque, Daniel}, year={2017}, school={Universidad Libre Seccional Pereira}}			<ul style="list-style-type: none"> • Revisar págs. 61 a la 64 del siguiente enlace. https://www.notion.so/eduardopalma/Tomo-2-Manual-de-patolog-as-en-las-estructuras-de-hormig-n-armado-2f93f67225a247f58e25740c69c31c47
H.10- Grietas por dilatación y contracción higrotérmica	Este tipo de grietas afectan a fachadas y cubiertas sobre todo cuando estos elementos no cuentan con	<ul style="list-style-type: none"> • Patrón de mapeo. • Fisuras transversales. • Fisuras largas en superficies en hormigones colocados en 	Hormigón	Artículo 1 "ENTENDIENDO A LAS FISURAS Y GRIETAS EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO" By: Sotomayor, Cristian	6,7	https://www.sharepoint.com/:f:/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EpovwkzKXbZAUCo9Z_g62EIB1	article{sotomayorentendiendo, title={ENTENDIENDO A LAS FISURAS Y GRIETAS EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO}, author={Sotomayor, Cristian}}	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Humidímetro • Extensometría 	• Inspección visual detallada	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica o Inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento como si indica en las pags 68 y 70 del siguiente enlace https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55

	juntas de dilatación	condiciones de viento y ambientes secos.		Artículo 2 "CORRELACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE DETECCIÓN NO DESTRUCTIVOS DE ANOMALÍAS EN EL HORMIGÓN" By: Eyherregaray, Arquitecta Valeria Badilla	22	UAWTeAy2zrRe_4ePJ-Og?e=g7KGrc	article{eyherregaraycorrelacion, title={CORRELACION DE DIFERENTES METODOS DE DETECCION NO DESTRUCTIVOS DE ANOMALIAS EN EL HORMIGON ANOMALIAS EN EL HORMIGON}, author={Eyherregaray, Arquitecta Valeria Badilla}}			<ul style="list-style-type: none"> • Revisar págs. 6 y 7 del siguiente enlace para prevención. https://www.notion.so/eduardopalma/Entendiendo-a-las-fisuras-y-grietas-en-las-estructuras-de-concreto-36040cf90b154da3a7fca538044e5e93
H.11-Grietas por contracción plástica	Grietas que se presentan cuando se produce una rápida evaporación del agua cuando se realiza en el vertido o colocación del hormigón.	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras abiertas y horizontales en pilares y columnas. • Fisuras longitudinales abiertas en superficies horizontales. • Fisuras paralelas entre sí a distancias de pocos milímetros hasta más de 3 metros. • Fisuras coincidentes con las barras de armado. • Patrón poligonal aleatorio • Fisuras anchas en la superficie. • Su longitud puede variar entre algunos milímetros hasta más de 1 metro • Pueden abarcar toda la altura del elemento. 	Hormigón	Manual "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" By: Porto Quintián Jesús Manuel	9		MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Humidímetro • Extensometría • Pull-out • Penetrómetro 	Inspección visual detallada	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas de resistencia del hormigón. • Si el hormigón no presenta disminución de resistencia realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica o Inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento como se indica en las pags 68 y 70 del siguiente enlace.
				Artículo 1 "Agrietamiento por contracción plástica" By: National Ready Mixer Concrete Association	2	https://ucacue.edu-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/En8RZhDNleVFoIVYL9Thg6QBEj2Hbm44uwSOy7Dpl_NaA?e=qZlmGC	ARTICLE {nationalreadymixerconcreteassociation2020, author = "National Ready Mixer Concrete Association", title = "Agrietamiento por contracción plástica", year = "2020", pages = "2"}			<ul style="list-style-type: none"> • Colocar anticorrosivo en la superficie para protección de la armadura. • Para evitar la corrosión seguir los siguientes pasos como lo indica el siguiente enlace.
				Artículo 2 "Fisuras por retracción plástica" By: Toxement	1		ARTICLE {toxement, author = "Toxement", title = "Fisuras por retracción plástica", pages = "2", crossref = "https://www.toxement.com.co/media/3443/retraccion_pla-stica.pdf"}			https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55
H.12-Grietas por secado	Se producen cuando la evaporación del agua contenida en el hormigón depende de factores como la humedad del aire, la temperatura ambiente, el viento.	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas paralelas a corta distancia. • Grietas en dirección de las varillas de flexión en las losas. • Patrón de mapeo • Grietas transversales. 	Hormigón	Artículo 1 "Patología de la construcción: grietas y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención" By: Toirac Corral, José	21	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/voMUWIdV8pItrhHVtTZ3qIBOLekaCDyzimwPKjhj_9TDQ?e=3VHJnO	article{toirac2004patologia, title={Patología de la construcción: grietas y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención}, author={Toirac Corral, José}, journal={Ciencia y sociedad}, year={2004}}	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Humidímetro • Extensometría 	Inspección visual detallada	<ul style="list-style-type: none"> • El tratamiento para este tipo de fisuras se recomienda la inyección de resina epoxi como se menciona en la pág. 7 del siguiente enlace con una previa limpieza de las fisuras.
				Artículo 2 "ENTENDIENDO A LAS FISURAS Y GRIETAS EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO". By: Sotomayor, Cristian	5		article{sotomayorentendiendo, title={ENTENDIENDO A LAS FISURAS Y GRIETAS EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO}, author={Sotomayor, Cristian}}			https://www.notion.so/eduardopalma/Entendiendo-a-las-fisuras-y-grietas-en-las-estructuras-de-concreto-36040cf90b154da3a7fca538044e5e93

H.13-Grietas por asentamiento diferencial	Este tipo de grietas se producen ya sea por asentamiento del terreno o por fallo en el soporte de las cimentaciones.	<ul style="list-style-type: none"> Grietas a 45 grados más abiertas en la zona más alejada del asentamiento. 	Hormigón	Manual "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" By: Porto Quintián Jesús Manuel	52	https://ucacue.edu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Elujp5-GX4RDkuB4d1215RUB1EucgsZSle5UXzvBhV13qQ?e=IRBgEA	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005" }	<ul style="list-style-type: none"> Visual Ultrasonido automático Ondas magnéticas 	<ul style="list-style-type: none"> Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> Eliminar la causa del asentamiento. Recalzar la cimentación si es necesario. por medio de hormigón vaciado en sitio o también se puede realizar la técnica de hormigón preempacado como se indica en las págs. 56 y 58 <p>Se puede realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica pág.68 también revisar Inyección de fisuras y/o grietas con lechada o morteros con base en cemento. pág. 70 del mismo texto, o realizar la reposición de la mampostería como se indica en el siguiente enlace.</p> <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55</p>
H.14-Fisuras por tracción	Este tipo de fisuras se genera cuando a un elemento estructural se le somete a una carga en su eje es decir que se produce cuando al hormigón se lo hace trabajar a tracción.	<p>Fisuras transversales a la dirección del elemento estructural.</p> <ul style="list-style-type: none"> Seccionamiento horizontal del elemento estructural. Si el elemento tiene exceso de refuerzo se presentan fisuras abiertas y finas en toda la longitud que se secciona. Fisuras en uniones de columnas con mampostería. La fisura se presenta a lo largo de la columna pudiendo desprenderse la pared. 	Hormigón	Manual "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" By: Porto Quintián Jesús Manuel	11	https://ucacue.edu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Etf3PB3RzBVHpGV8vbmiQUUBOfJnX1yIMVSylyMkUFJpg?e=Yu2Qcp	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005" }	<ul style="list-style-type: none"> Visual Ultrasonido automático Pachometro-escaner Ondas magnéticas Extensometría Pull-out 	<ul style="list-style-type: none"> Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> Apuntalamiento del elemento, comprobación de resistencia en el hormigón. Reforzamiento de los elementos estructurales con recrecidos de hormigón técnicas de hormigón proyectado como se indica en la pág. 63 del siguiente enlace. Se puede realizar la técnica de Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica como se indica en la pág. 68 del siguiente enlace. <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55</p>
				Masterthesis Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aporticadas	53	masterstthesis {gomez2011principales, title={Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aporticadas}, author={Gmez Echavarría, Juliana and Palacios Ramirez, Eloy Eduardo}, type={B.S.} thesis}, year={2011}, school={Universidad de Medellín} }	<ul style="list-style-type: none"> Revisar reforzamiento de estructuras en el siguiente enlace. <p>https://www.notion.so/eduardopalma/T-cnicas-de-reforzamiento-de-estructuras-construidas-de-concreto-que-presentan-deficiencias-estructu-32c2a91a0eb742d7a4cc333f7734639a</p>			
H.15-Fisuras por flexión	Este tipo de fisuras se producen por fuerzas de tracción, empujes o exceso de carga que actúan sobre un elemento estructural y no existe suficiente acero de refuerzo.	<ul style="list-style-type: none"> La fisura empieza en la parte central del elemento estructural. La fisura tiene una dirección vertical. La fisura avanza hasta alcanzar el eje neutro del elemento estructural 	Hormigón	Manual "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" By: Porto Quintián Jesús Manuel	12	https://ucacue.edu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EpEb63iBNDtPv29ynnrGMS0Bf4-yPIr4HPs7mdZaXWoRMQ?e=R3aX8f	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005" }	<ul style="list-style-type: none"> Visual Ultrasonido automático Pachometro-escaner Ondas magnéticas Extensometría 	<ul style="list-style-type: none"> Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> Apuntalamiento del elemento estructural. Reforzamiento de los elementos estructurales con recrecidos de hormigón técnicas de hormigón proyectado o planchas de acero adheridas exteriormente como se indica en las págs. 63 y 81 respectivamente del siguiente enlace Reemplazo de armaduras dañadas utilizando barras de traslape como se indica en la pág. 74 de siguiente enlace. <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55</p> <ul style="list-style-type: none"> Reparación con mortero base cemento o inyección de resina epoxi

		(vigas). • En columnas se presenta una fisura abierta en la cara traccionada y se cierra al alejarse de las misma, las fisuras son transversales al elemento. • En vigas en voladizo la fisura se genera en la parte superior del elemento en la unión de vigas o de viga-columna.		Artículo 1 Aplicación de técnicas sostenibles de reparación de la fisura del concreto armado en edificaciones By: Quispe Napanga, Katherine Gabriela	24	https://www.notion.so/eduardopalma/Quispe-Napanga-Aplicacion-de-tecnicas-sostenibles-de-reparacion-de-la-fisura-del-concreto-armado-487fc6d89b394834a86f1135c530923b	article{quispe2018aplicacion, title={ Aplicación de técnicas sostenibles de reparación de la fisura del concreto armado en edificaciones}, author={Quispe Napanga, Katherine Gabriela}, year={2018}, publisher={Pontificia Universidad Católica del Perú}}		<ul style="list-style-type: none"> • Revisar el siguiente enlace. https://www.notion.so/eduardopalma/T-cnicas-de-reforzamiento-de-estructuras-construidas-de-concreto-que-presentan-deficiencias-estructurales-32c2a91a0eb742d7a4cc333f7734639a <ul style="list-style-type: none"> • Para evitar esta patología se debe realizar un correcto diseño y dimensionamiento de elementos estructurales, uso de hormigón con resistencia adecuada, correcto dimensionamiento y armado de acero refuerzo. 	
H.16-Fisuras por cortante	Las fisuras por cortante se generan cerca de los apoyos de los elementos estructurales de forma diagonal debido a un exceso de esfuerzo de cortante o la falta de suficiente acero de refuerzo.	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras horizontales en dos caras del elemento y en las dos caras restantes se presentan fisuras a 45 o en algunos casos a 60 grados. • Desprendimiento de recubrimiento 	Hormigón	Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 3. By: Porto Quintián Jesús Manuel Manual 2. " Manual de Reparaciones y Refuerzos Estructurales" By: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.", organization = "Gobierno de Chile.	13 24	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue.edu.ec/EhLQo8bczm5HnZnzLAZldoEBr8kWL6g5lld7tvVKqw6K_A?e=uAlkeh	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"} MANUAL {ministeriodeviviendayurbanismo.2018, title = "Manual de Reparaciones y Refuerzos Estructurales", author = "Ministerio de Vivienda y Urbanismo.", organization = "Gobierno de Chile.", edition = "VOLUMEN 4", month = "feb", year = "2018"}	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Ultrasonido automático • Pachometro-escaner • Ondas magnéticas • Extensometría 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalar el elemento estructural. • Reforzamiento de los elementos estructurales con recrecidos de hormigón técnicas de hormigón proyectado o planchas de acero adheridas exteriormente • Revisar la técnica de anclajes de acero pág. 91. del siguiente enlace https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55 <ul style="list-style-type: none"> Revisar recomendaciones en pág. 26 https://www.notion.so/eduardopalma/Quispe-Napanga-Aplicacion-de-tecnicas-sostenibles-de-reparacion-de-la-fisura-del-concreto-armado-487fc6d89b394834a86f1135c530923b
H.17-Fisuras por adherencia	Estas fisuras se producen por la pérdida de adherencia entre el acero de refuerzo y en hormigón.	<ul style="list-style-type: none"> • Son fisuras verticales. • Se generan desde el acero y recorren el hormigón por lo que se pierde el trabajo en conjunto de los dos materiales. • Las fisuras por adherencia también se presentan por acciones de carga, en este caso las fisuras tienen el mismo sentido de dirección de las varillas de amarre. • Corrosión de armaduras. 	Hormigón	Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 2 By: Porto Quintián Jesús Manuel	30	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue.edu.ec/EkdfGMV0vZ5NIAlYAmWdcIBgKJDKL-QO4LRtKSN0T2bog?e=CDZsJx	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 2", year = "2005"}	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Esclerómetro • Ultrasonido automático 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> • Remover el hormigón afectado. • Eliminación de la causa de la falla de adherencia, (corrosión, humedades, carga mediante apuntalamientos.) Realizar técnica de limpieza con chorro abrasivo como se indica en el siguiente enlace https://www.graco.com/es/es/products/surface-preparation/blasting-basics/concrete-surface-preparation-3.html <ul style="list-style-type: none"> • Hidratación de la superficie. • Colocación de resina epoxi. • Refuerzo de elementos estructurales si es necesarios. • Colocación de hormigón nuevo. Hormigón vaciado en sitio como se indica en la pág. 56 del siguiente enlace https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55

H.18-Fisuras por torsión	Este tipo de fisuras se presentan únicamente cuando ocurre un sismo, en donde se produce un momento en el eje centroidal del elemento estructural, aquí se produce un esfuerzo de cortante sobre las paredes del elemento en cuestión.	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras a 45 grados en las caras de los elementos estructurales. • Se identifican estas fisuras ya que van en sentido contrario a las fisuras que se producen por cortante. • Tienen un aspecto similar a las del esfuerzo cortante y por tanto pueden ser confundidas con ellas, el principal criterio para distinguirlas es que en el caso del cortante las fisuras están inclinadas en el mismo sentido en las dos caras opuestas en tanto que las de torsión están inclinadas en sentidos contrarios 	Hormigón	Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 3 By: Porto Quintián Jesús Manuel	25,83	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Egw4as0vOU9KoXxqLwkztWgBZwxavDIU96mpoRfWfxwiSA?e=8cUh1M	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Ultrasonido automático • Pachometro-escaner • Ondas magnéticas • Extensometría 	• Inspección visual detallada	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalamiento de los elementos estructurales. • Compensación de cargas. • Aumento de la sección de los elementos con recrecidos de hormigón. Técnica de hormigón proyectado como se indica en la pág. 6 • Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica. pág. 68
				Phdthesis "Patología del hormigón" By: Bilbao Alba, Justo Zenón	26		phdthesis{bilbaopatologia, title={Patolog{\i}a del hormig{\o}n}, author={Bilbao Alba, Justo Zen{\o}n}}			https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55
H.19-Fisuras por punzonamiento	Este tipo de fisuras ocurren en las uniones de elementos estructurales cuando uno de estos es de menor tamaño en relación al otro, aquí se aplica una carga de gran magnitud en un punto específico siendo el caso típico la unión de una columna con una losa	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras finas, cerradas con apariencia inofensiva. • Fisuras con características muy similares a las fisuras por cortante • Fisuras a 45 grados en columnas y fisuras circulares alrededor de los pilares en las losas. En las losas las fisuras se presentan entre los 30 y 45 grados • Pandeo del acero de refuerzo • Agrietamientos en forma de cruz en muros de carga. • Desmoronamiento 	Hormigón	Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 3. By: Porto Quintián Jesús Manuel	35	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EsrHj96qPjxLgJaxR5mpbzwBNbx0YyOPJ032onGZEj0BDw?e=fXMmnM	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Ultrasonido automático • Esclerómetro • Pachómetro - escáner • Ondas magnéticas • Extensometría • Penetrómetro 	• Inspección visual detallada	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalado de urgencia. • Aumento de sección. • Colocar armadura transversal. • Colocar en las cabezas de los pilares perfiles en forma de cruz. • Se recomienda realizar la técnica de anclajes de acero para reparación y refuerzo de la estructura y recrecido de hormigón por medio de hormigón proyectado para aumentar la sección de los elementos estructurales como se indica en las pág. 91 y 63 respectivamente del siguiente enlace
				Phdthesis "Patología del hormigón" By: Bilbao Alba, Justo Zenón	82,94		phdthesis{bilbaopatologia, title={Patolog{\i}a del hormig{\o}n}, author={Bilbao Alba, Justo Zen{\o}n}}			https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55

		o inclinado en vigas.								
H.20-Fisuras por compresión	Generalmente se presentan en columnas debido a esfuerzos de compresión axial que soporta el elemento estructural al no poder soportar las cargas.	<ul style="list-style-type: none"> Este tipo de fisuras se presentan en dirección vertical. Fisuras finas que dividen en dos al elemento estructural. En ocasiones se presentan fisuras a 60 grados. Generan desprendimiento de recubrimientos. 	Hormigón	Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 3. By: Porto Quintián Jesús Manuel	10	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/E/myAjFqIqjtAmjOjALus0IQBMFmAbCPwmXTnBW0GzEW2NQ?e=dZSwmC	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}	<ul style="list-style-type: none"> Visual Ultrasonido automático Esclerómetro Ondas magnéticas Extensometría Penetrómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> Apuntalar el pilar de manera urgente. Reforzar el elemento por medio de hormigón proyectado o planchas de acero adheridas exteriormente como se indica en las págs. 63 y 81 respectivamente del siguiente enlace https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55 Reforzar plantas superiores e inferiores para evitar efecto de punzonamiento. Para evitar este tipo de patologías se debe seguir los siguientes pasos: Realizar una correcta estimación y cálculo de cargas. Correcto dimensionamiento del elemento estructural. Uso adecuado en la resistencia del hormigón a utilizar. Revisar las técnicas de reforzamiento para columnas en las págs. 2 y 3 del siguiente enlace https://www.notion.so/eduardopalma/T-cnicas-de-reforzamiento-de-estructuras-construidas-de-concreto-que-presentan-deficiencias-estructu-32c2a91a0eb742d7a4cc333f7734639a
H.21-Desprendimientos	Los desprendimientos se originan cuando el material de recubrimiento se separa del material de soporte cuando los dos no se adhieren de una manera correcta.	<ul style="list-style-type: none"> Desmoronamiento del hormigón. Corrosión de las armaduras. Hormigón de aspecto poroso. Cambio de color del hormigón, color más claro u oscuro. 	Hormigón	Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 3. By: Porto Quintián Jesús Manuel	6	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/E/pA9ld7nF2lBnil-br1lm9YB0ytTfl3eIHpPuJdXbg1O9w?e=iVjEBL	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}	<ul style="list-style-type: none"> Visual Humidímetro Esclerómetro Detector de humedad Grado de corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> Apuntalamiento Protección del hormigón si el ataque es exterior Sustitución del elemento si el ataque es interior, se puede realizar las técnicas de limpieza con chorro abrasivo, raspado con agujas como se describe en el siguiente enlace https://www.graco.com/es/es/products/surface-preparation/blasting-basics/concrete-surface-preparation-3.html Restitución de superficies por medio de hormigón proyectado como se indica en la pág. 63 del siguiente enlace https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55
H.22-Erosiones mecánicas	Este tipo de patología se presenta principalmente en los pavimentos ya que se produce la pérdida o desprendimiento del material	<ul style="list-style-type: none"> Fisuras abiertas por desgaste sin un patrón determinado. Desprendimiento de capas. Fisuras longitudinales. Fisuras transversales 	Hormigón	Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 3. By: Porto Quintián Jesús Manuel	14	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/E/pA9ld7nF2lBnil-br1lm9YB0ytTfl3eIHpPuJdXbg1O9w?e=iVjEBL	MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005"}	<ul style="list-style-type: none"> Visual Termografía de infrarrojo Detector de humedad Grado de corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> Aislamiento del área deteriorada. Remoción del hormigón existente. técnica de rotomoldeo como se indica en el siguiente enlace https://www.graco.com/es/es/products/surface-preparation/blasting-basics/concrete-surface-preparation-3.html Reparación de la base y drenajes si es necesario. Restitución de las condiciones de transferencia de carga. Colocación y terminación del hormigón.

	superficial por esfuerzos mecánicos como los golpes o rozaduras.	<ul style="list-style-type: none"> • Roturas en las esquinas. • Hundimientos de paños. 								<p>Hormigonado en sitio como se indica en la pag 63 del siguiente enlace</p> <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55</p> <ul style="list-style-type: none"> • Curado del hormigón. • Aserrado de juntas. • Sellado de juntas. • Revisar pág. 43 del siguiente enlace <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Reparacion-y-mantenimiento-de-pavimentos-de-hormig-n-f12cc6a5c40f48f5b790a1e77d557a23</p>
H.23- Eflorescencias	Se genera cuando el agua contenida en los capilares del hormigón la cual se encuentra cargada de sales e hidrato de cal se presenta en la superficie, estas al entrar en contacto con el gas carbónico del aire se transforma en carbonato de calcio.	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de color blanco o amarillo verdoso en la superficie de hormigón, mortero y materiales de construcción. • Desconche de revestimientos. • Decoloración permanente o temporal de la superficie. • Hinchazón y deformación de las superficies de revestimiento. • Capas pulverizadas en la superficie. 	Hormigón	<p>Masterthesis Determinaci{\o}n y Prevenci{\o}n de los Niveles de Eflorescencia Primaria por uso del Mortero en las Paredes de Ladrillo en el Barrio Cuba al Sur de la Ciudad de Guayaquil. By: Gmez, Agila and Santiago, Rashid</p>	9	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Eqo9Zavgnp1BtEGTGmM80qgBIg5QzYfdg9QZSs4yEJUJjw?e=6h8T5W	<p>mastersthesis{gomez2018determinacion, title={Determinaci{\o}n y Prevenci{\o}n de los Niveles de Eflorescencia Primaria por uso del Mortero en las Paredes de Ladrillo en el Barrio Cuba al Sur de la Ciudad de Guayaquil.}, author={G{\o}mez, Agila and Santiago, Rashid}, type={{B.S.} thesis}, year={2018}, school={Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matem{\a}ticas y F{\i}sicas~...}}</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Termografía de infrarrojo • Detector de humedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> • Para el tratamiento y prevención de las eflorescencias revisar las págs. 16 a la 22 del siguiente enlace <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Determinaci-n-y-prevenci-n-de-los-niveles-de-eflorescencia-b33b8bb7caa7437c8bface52b6b2f4e</p> <p>Se puede realizar la técnica de limpieza por chorro abrasivo o por medio de raspado con agujas como se indica en el siguiente enlace</p> <p>https://www.graco.com/es/es/products/surface-preparation/blasting-basics/concrete-surface-preparation-3.html</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar el siguiente enlace para prevención de eflorescencias <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Tips-T-cnicos-Eflorescencias-bfa317e8956049ea97a38b0ac05fb2b7</p>
H.24- Aluminosis	Se produce cuando los aluminatos del cemento provocan porosidades en el hormigón disminuyendo su durabilidad y su resistencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Porosidad en el hormigón. • Desprendimientos. • Pérdida de adherencia • Pérdida de resistencia del hormigón. • Carbonatación. 	Hormigón	<p>Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 3. By: Porto Quintián Jesús Manuel</p> <p>Phdthesis "Aluminosis: tras su historia y ejemplos de intervenciones en Valencia" By: Reyes Vázquez, Francisco</p>	36	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EsiE4LyEo69NmN3nbHGLa3EBYP2Oba0gmg9QD-bbbbVGGQ?e=PnuoCq	<p>MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005" }</p> <p>phdthesis{reyes2019aluminosis, title={ Aluminosis: tras su historia y ejemplos de intervenciones en Valencia}, author={Reyes V{\a}zquez, Francisco}, year={2019}, school={Universitat Polit{\e}cnica de Val{\e}ncia}}</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Ultrasonido • Pachómetro - escáner • Penetrómetro • Termografía de infrarrojo • Grado de corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada • Medición de diámetro de varillas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalamiento del elemento. • Sustitución del elemento afectado. Se puede realizar la técnica de Reemplazo de armaduras dañadas utilizando barras de traslape o anclajes como se indica en las págs. 74 y 78 respectivamente • Por último se puede realizar la técnica de hormigón proyectado como se indica en la pág. 63 del siguiente enlace <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si el elemento no se encuentra muy afectado se puede fraccionar su luz con vigas y aplicar un protector antihumedad y corrosión.
H.25- Oxidación y Corrosión	La oxidación se produce cuando el metal entra en contacto con el oxígeno del aire produciendo la oxidación de las superficies,	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de sección de las armaduras • Fisuración del hormigón siguiendo la dirección de las barras de armado y estribos. 	Hormigón	<p>Manual 1 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 3 By: Porto Quintián Jesús Manuel</p>		https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EiAV9	<p>MANUAL {portoquintiánjesúsmanuel2005, title = "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado", author = "Porto Quintián Jesús Manuel", organization = "Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica", edition = "tomo 3", year = "2005" }</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Ultrasonido • Pachómetro - escáner • Termografía de infrarrojo • Grado de corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada • Medición de diámetro de varillas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalamiento de los elementos estructurales afectados. • Protección de la armadura. • Reparación del hormigón. • Sustitución de la armadura si está muy dañada. Técnica de Reemplazo de armaduras dañadas utilizando barras de traslape pág. 74 • Reparación del hormigón. Hormigón proyectado pág. 63 como se indica en el siguiente enlace

	posteriormente se produce el fenómeno de la corrosión la cual produce la pérdida de las partículas de la superficie del metal, la corrosión se origina por agua, componentes orgánicos y por gases atmosféricos.	<ul style="list-style-type: none"> • Desprendimiento de las capas protectoras de la estructura. • Manchas color herrumbre en las superficies de contacto entre hormigón y acero de refuerzo 		<p>Masterthesis "Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones apoticadas" By: Gómez Echavarría, Juliana and Palacios Ramírez, Eloy Eduardo</p> <p>Manual 2 "Manual de patologías en estructuras de hormigón armado" Tomo 2 By: Porto Quintián Jesús Manuel</p> <p>Phdthesis "Patología del hormigón" By: Bilbao Alba, Justo Zenón</p>	<p>https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55</p> <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Principales-causas-y-posibles-soluciones-de-las-reclamaciones-a-nivel-patol-gico-en-sistemas-de-edif-e39c05f3980c4db7815b0c2e32931e96</p> <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Una-solucion-econ-mica-para-la-corrosion-en-hormig-n-armado-los-inhibidores-l-uidos-490a6c2adf7e4b2089c8579f6b8bc6b6</p> <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Tomo-2-Manual-de-patolog-as-en-las-estructuras-de-hormig-n-armado-2f93f67225a247f58e25740c69c31c47</p>					
H.26- Carbonatación	La carbonatación de un hormigón se produce cuando reacciona el CO2 atmosférico con el hidróxido de calcio produciendo carbonato de calcio.	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras en el hormigón que empiezan en la unión de la armadura con el hormigón. • Desprendimiento de capas de protección de hormigón. • Hormigón poroso. 	Hormigón	<p>Phdthesis "Carbonatación del hormigón: combinación de CO2 con las fases hidratadas del cemento y frente de cambio de pH" By: García, Isabel Galán and Perdrix, María Carmen Andrade and Armero, Marta María Castellote</p> <p>Artículo "CARBONATACIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO" By: Agustín Jiménez Rey</p> <p>Artículo 1 "CORRELACION DE DIFERENTES MÉTODOS DE DETECCIÓN DE DESTRUCTIVOS DE ANOMALIAS EN EL HORMIGÓN ANOMALIAS EN EL HORMIGÓN" By: Eyherregaray, Arquitecta Valeria Badilla</p>	<p>3,5</p> <p>3</p> <p>32</p>	<p>https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue.edu.ec/EhUz14jkzVFCgd3-HfphU14BLRG6LH2msLuHrik0YK3pyQ?e=UNRheE</p>	<p>phdthesis{garcia2011carbonatacion, title={Carbonatación del hormigón: combinaci de CO2 con las fases hidratadas del cemento y frente de cambio de pH}, author={García, Isabel Galán and Perdrix, María Carmen Andrade and Armero, Marta María Castellote}, year={2011}, school={Universidad Complutense de Madrid}}</p> <p>ARTICLE {agustinjimenezrey2020, author = "Agustín Jiménez Rey", title = "CARBONATACIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO", year = "2020"}</p> <p>article{eyherregaraycorrelacion, title={CORRELACION DE DIFERENTES MÉTODOS DE DETECCIÓN DE DESTRUCTIVOS DE ANOMALIAS EN EL HORMIGÓN ANOMALIAS EN EL HORMIGÓN}, author={Eyherregaray, Arquitecta Valeria Badilla}}</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Humidímetro • Termografía de infrarrojo • Esclerómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada • Test de fenolftaleína. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de la superficie. • Protección de la armadura. • Reparación del hormigón. • Sustitución de la armadura si está muy dañada. • Técnica de Reemplazo de armaduras dañadas utilizando barras de traslape como se indica en la pág. 74 • Reparación del hormigón. Hormigón proyectado pág. 63 como se indica en el siguiente enlace <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento conservación y prevención revisar el siguiente enlace <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Carbonatacion-en-estructuras-de-hormig-n-armado-ae1d703365fa4aa7ae21e3bdaab2d841</p>

H.27-Coqueras	<ul style="list-style-type: none"> • Se presentan cuando existen pequeñas burbujas de aire, aceite y agua quedan atrapadas en el proceso de hormigonado • La elección de los agregados es incorrecta al igual que la consistencia del hormigón. • Exceso de acero de refuerzo el cual no permite que los espacios vacíos sean llenados por el hormigón. • Un deficiente o nulo proceso de vibrado del hormigón 	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de burbujas en las caras del hormigón. • El hormigón no es homogéneo. • Se puede observar los agregados del hormigón, muchas veces se observa piedras que producen taponamientos para el vertido del hormigón. • Se puede observar el acero de refuerzo. • Material segregado. • Se presentan agujeros en forma de nidos de abeja con o sin acero expuesto. 	Hormigón	<p>Masterthesis "Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aporticadas" By: Gómez Echavarría, Juliana and Palacios Ramírez, Eloy Eduardo</p>	34		<p>mastersthesis{gomez2011principales, title={Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aporticadas}, author={Gómez Echavarría, Juliana and Palacios Ramírez, Eloy Eduardo}, type={B.S.} thesis}, year={2011}, school={Universidad de Medellín}}</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Ultrasonido 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de la superficie a tratar. • Retirar todo el hormigón sucio. • Protección de la armadura. • Reparación del hormigón. Hormigón proyectado pág. 63 Aplicación manual de mortero de reparación estructural. pág. 54 como se indica en el siguiente enlace
				<p>Phdthesis" ORIGEN Y COSTE DE REPARACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS EN PUENTES DE FERROCARRIL" By: Obando Chavez, Victor</p>	46	<p>https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/EprRaEDokdFEUDX95W4rYoIBbP7s2snx7FwpHjOQiJMpCw?e=kXkHgz</p>	<p>phdthesis{de2017trabajo, title={TRABAJO DE FIN DE MASTER}, author={DE REPARACION, ORIGEN Y COSTE}, year={2017}, school={UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID}}</p>			<ul style="list-style-type: none"> • Revisar los siguientes documentos para reparaciones pág. 53 y 103 respectivamente
				<p>Artículo 1 "CORRELACION DE DIFERENTES METODOS DE DETECCIÓN NO DESTRUCTIVOS DE ANOMALIAS EN EL HORMIGÓN" ANOMALIAS EN EL HORMIGÓN" By: Eyherregaray, Arquitecta Valeria Badilla</p>	32		<p>article{eyherregaraycorrelacion, title={CORRELACION DE DIFERENTES METODOS DE DETECCIÓN NO DESTRUCTIVOS DE ANOMALIAS EN EL HORMIGÓN" ANOMALIAS EN EL HORMIGÓN}, author={Eyherregaray, Arquitecta Valeria Badilla}}</p>			<p>https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55</p> <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Principales-causas-y-posibles-soluciones-de-las-reclamaciones-a-nivel-patologico-en-sistemas-de-edif-e39c05f3980c4db7815b0c2e32931e96</p> <p>https://www.notion.so/eduardopalma/Bilbao-Alba-Justo-Zen-n-PATOLOGIA-DEL-HORMIGON-7b37b8f4b4fe4c73bcc1c56739126b6a</p>
H.28-Junta fría	<p>Este tipo de patologías principalmente se generan cuando las estructuras no se pueden construir monolíticamente debido a su tamaño, muros con alturas y longitudes considerables, losas, vías por mencionar algunas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • También se 	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras o grietas que toman la forma de la unión que se realiza con el hormigonado entre hormigones de diferentes edades. 	Hormigón	<p>Masterthesis "Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aporticadas" By: Gómez Echavarría, Juliana and Palacios Ramírez, Eloy Eduardo</p>	53	<p>https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Ess4FvNLWBNNjz_8J66hdU8BPC9XSPx4nM2kxQwfs4eHyw?e=JLFOjf</p>	<p>mastersthesis{gomez2011principales, title={Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aporticadas}, author={Gómez Echavarría, Juliana and Palacios Ramírez, Eloy Eduardo}, type={B.S.} thesis}, year={2011}, school={Universidad de Medellín}}</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Visual • Ultrasonido 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual detallada 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar pág. 53 (fisuras de junta de hormigonado) posibles soluciones como se indica en el siguiente enlace https://www.notion.so/eduardopalma/Principales-causas-y-posibles-soluciones-de-las-reclamaciones-a-nivel-patologico-en-sistemas-de-edif-e39c05f3980c4db7815b0c2e32931e96 • Se recomienda la reparación por medio de inyección de resina epoxi, reparar o reforzar con mortero base cemento o láminas de carbono o metálicas en las págs. 68 y 84 respectivamente como se indica en el siguiente enlace

	<p>presentan e uniones de viga-columna, vigas-viguetas y cualquier área en donde se coloque hormigón nuevo sobre hormigón viejo.</p>								<p>https://www.notion.so/eduardopalma/Manual-de-Reparaciones-y-Refuerzos-Estructurales-d2b79b14c34543ef9a15d8138e935d55</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Autor

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Luis Miguel Cordero Cordero** portador de la cédula de ciudadanía N.º 0103117610. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Generación de base de datos sobre patologías en estructuras de hormigón”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **23 de diciembre de 2021**

F:

Luis Miguel Cordero Cordero

0103117610