PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE HÁBITAT, INFRAESTRUCTURA Y CREATIVIDAD

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de Integración Curricular

Propuesta para la estructuración de un manual de mantenimiento correctivo para viviendas de hormigón armado en la ciudad de Quito, Ecuador basado en evaluación patológica estructural.

AUTOR:

CARLOS ALEJANDRO RIOFRIO CANDO

TUTOR: ING. FREDI PAREDES

QUITO DM, JUNIO 2026

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 7
1. INTRODUCCIÓN 7
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 8
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 9
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 9
1.4 OBJETIVOS 10
1.4.1 OBJETIVO GENERAL 10
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 10
1.5 ALCANCE Y LIMITACIONES 10
CAPÍTULO 2 11
2. MARCO TEÓRICO 11
2.1 CONSTRUCCIÓN INFORMAL Y SITUACIÓN ACTUAL EN LA CIUDAD DE QUITO 12
2.1.1 DEFINICIÓN DE CONSTRUCCIÓN INFORMAL 12
2.1.2 SITUACIÓN DE VIVIENDA EN ECUADOR 13
2.1.3 SITUACIÓN ESPECÍFICA EN LA CIUDAD DE QUITO 13
2.1.4 IMPLICACIONES ESTRUCTURALES DE LA CONSTRUCCIÓN INFORMAL 15
2.2 HORMIGÓN ARMADO Y COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL 16
2.2.1 DEFINICIÓN DE HORMIGÓN ARMADO 16
2.2.2 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL HORMIGÓN ARMADO 17
2.2.3 FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL 18
2.3 PATOLOGÍAS VISUALES EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO 19
2.3.1 DEFINICIÓN SOBRE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL 19
2.3.2 FISURAS Y GRIETAS ESTRUCTURALES 19
2.3.3 CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO 25
2.3.4 HUMEDAD Y FILTRACIONES 26
2.3.5 EFLORESCENCIAS 27
2.3.6 DESPRENDIMIENTO DE RECUBRIMIENTO 28
2.3.7 ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES 29
2.4 EVALUACIÓN VISUAL ESTRUCTURAL 29
2.4.1 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN VISUAL 30
2.4.2 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA INSPECCIÓN VISUAL 31

2.5 CLASIFICACIÓN DEL ESTADO ESTRUCTURAL PARA EL MANUAL ..31
2.6 CRITERIOS DE SEVERIDAD DE PATOLOGÍAS VISIBLES ..33
2.7 INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN VISUAL ..35
2.7.1 FICHA TÉCNICA DE INSPECCIÓN ..35
2.7.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO ..36
2.7.3 CROQUIS DE UBICACIÓN DE PATOLOGÍAS ..37
2.7.4 CHECKLIST DE PATOLOGÍAS ..38
2.8 PROCEDIMIENTO PROPUESTO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL ..39
2.9 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA LA INSPECCIÓN VISUAL ..40
2.9.1 CÁMARA FOTOGRÁFICA O TELÉFONO CELULAR ..41
2.9.2 FISURÓMETRO MANUAL ..42
2.9.3 LINTERNA, FLEXÓMETRO Y NIVEL ..43
2.9.4 MARTILLO DE INSPECCIÓN ..43
2.10 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL ..44
2.11 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL ..45
2.11.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL PARA FISURAS ..46
2.11.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL PARA HUMEDAD Y FILTRACIONES ..47
2.11.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL PARA EFLORESCENCIAS ..48
2.11.4 MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL PARA CORROSIÓN VISIBLE ..49
2.11.5 MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL PARA DESPRENDIMIENTOS DE RECUBRIMIENTO ..50
2.12 MATERIALES DISPONIBLES EN ECUADOR PARA MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL ..51
2.12.1 MORTEROS DE REPARACIÓN ..51
2.12.2 PROTECCIÓN ANTICORROSIVA ..51
2.12.3 IMPERMEABILIZANTE ..52
2.13 NORMATIVA APLICABLE ..53
2.13.1 NORMATIVA ECUATORIANA ..53
2.13.2 NORMATIVA INTERNACIONAL ..54
2.14 FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA DEL MANUAL PROPUESTO ..55
CAPÍTULO 3 ..57
3. METODOLOGÍA ..57
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN ..57

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN 57
3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 59
3.4 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 59
3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA 60
3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 61
3.7 VALIDACIÓN DEL MANUAL 62
3.8 CONSIDERACIONES ÉTICAS Y LIMITACIONES 63
CAPÍTULO 4 63
4. DESARROLLO DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO 63
4.1 INTRODUCCIÓN AL MANUAL 63
4.2 ESTRUCTURA GENERAL DEL MANUAL 64
4.3 OBJETIVO DEL MANUAL 65
4.3.1 OBJETIVO GENERAL 65
4.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL MANUAL 66
4.4 ALCANCE DEL MANUAL 66
4.5 USUARIOS DEL MANUAL 67
4.6 PROCEDIMIENTO GENERAL DE INSPECCIÓN VISUAL 68
4.7 CLASIFICACIÓN GENERAL DE PATOLOGÍAS VISUALES 71
4.8 FICHAS TÉCNICAS DEL MANUAL 71
4.9 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN 77
4.10 APLICACIÓN PILOTO DEL MANUAL 78
4.10.1 CASO PILOTO A 79
4.10.2 CASO PILOTO B 84
4.11 VALIDACIÓN TÉCNICA DEL MANUAL 89
4.12 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 90
4.13 RESULTADO PARA EL MANUAL CONSOLIDADO FINAL 91
4.13.1 DENOMINACIÓN DEL MANUAL TÉCNICO 91
4.13.2 APORTE TÉCNICO DE LA INVESTIGACIÓN 92
4.13.3 APLICABILIDAD DENTRO DEL CONTEXTO ECUATORIANO 92
CAPÍTULO 5 93
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 93
5.1 CONCLUSIONES 93
5.2 RECOMENDACIONES 95
6. BIBLIOGRAFÍA 96

Índice de tablas

Tabla 1. Principales problemas estructurales asociados a construcción informal. 15
Tabla 2. Función estructural de materiales en hormigón armado 17
Tabla 3. Clasificación de fisuras y grietas en función a su ancho y grado de repercusión en las estructuras. 21
Tabla 4. Técnicas de reparación por tipo de fisura 24
Tabla 5. Fases visibles en la corrosión de acero de estructuras de hormigón armado. 26
Tabla 6. Objetivos de la evaluación visual 30
Tabla 7. Ventajas y limitaciones de la inspección visual 31
Tabla 8. Clasificación visual propuesta del estado estructural 32
Tabla 9. Criterios visuales de severidad. 34
Tabla 10. Modelo referencial de ficha técnica. 35
Tabla 11. Checklist referencial para el análisis de patologías visuales 38
Tabla 12. Procedimiento para la inspección visual propuesto 39
Tabla 13. Equipos básicos para inspección visual 40
Tabla 14. Equipo de protección recomendado para inspección visual 44
Tabla 15. Acciones correctivas iniciales para fisuras 46
Tabla 16. Acciones correctivas iniciales para humedad 48
Tabla 17. Acciones correctivas iniciales para corrosión visible 49
Tabla 18. Acciones correctivas iniciales para desprendimientos 50
Tabla 19. Materiales comerciales referenciales disponibles en Ecuador 53
Tabla 20. Resumen de normativa aplicable al desarrollo del manual 55
Tabla 21. Estructura general del manual propuesto 65
Tabla 22. Procedimiento general de inspección visual 69
Tabla 23. Clasificación general 71
Tabla 24. Ficha técnica para fisuras 71
Tabla 25. Ficha técnica para grietas 73
Tabla 26. Ficha técnica para humedad / filtraciones 74
Tabla 27. Ficha técnica para corrosión visible 75
Tabla 28. Ficha técnica para desprendimientos 76
Tabla 29. Ficha técnica para deformaciones y asentamientos 77
Tabla 30. Matriz de decisión 78
Tabla 31. Relación patología – decisión 78
Tabla 32. Patologías evidenciadas en el caso piloto A 80
Tabla 33. Patologías evidenciadas en el caso piloto B 85

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Déficit habitacional en Quito 14
Ilustración 2. Distribución de incidencias de manifestaciones patológicas en estructuras de concreto arquitectónico 20
Ilustración 3. Formas de las fisuras más comunes ubicadas en las estructuras de concreto. .23
Ilustración 4. Corrosión en estructura de concreto: causas, daños, síntomas, reparaciones y prevención 26
Ilustración 5. Humedad y moho en paredes. 27

Ilustración 6. Eflorescencias en el hormigón. 28
Ilustración 7. Desprendimiento de concreto en vivienda. 28
Ilustración 8. Tipos de asentamientos diferenciales. 29
Ilustración 9. Ejemplo de registro fotográfico utilizado durante una inspección visual de patologías en una edificación de hormigón armado. 37
Ilustración 10. Registro fotográfico de fisura en pared 42
Ilustración 11. Ejemplo de fisurómetro en una grieta en concreto 43
Ilustración 12. Desprendimiento de material en caso piloto A 81
Ilustración 13. Desgaste en muros del caso piloto A 82
Ilustración 14. Grietas visibles en el caso piloto A 82
Ilustración 15. Tubería hidrosanitaria visible en la parte frontal de la vivienda del caso piloto A 83
Ilustración 16. Posibles fisuras aplicadas un correctivo preliminar del caso piloto A. 83
Ilustración 17. Picado en muros por falla en tuberías del caso piloto B 86
Ilustración 18. Humedad en el interior de los departamentos del caso piloto B 86
Ilustración 19. Fallas en el alfeizar de ventana del caso piloto B 87
Ilustración 20. Problemas de moho por humedad en techo del caso piloto B 87
Ilustración 21. Fisura con resane aplicado en pared del caso piloto B 88
Ilustración 22. Grieta pronunciada en bordillo de balcón del caso piloto B 88
Ilustración 23. Desgaste de pintura en pared debido a problemas de humedad en caso piloto B 89

Índice de figuras

Figura 1. Factores que afectan el desempeño estructural del hormigón armado 18
Figura 2. Flujograma del procedimiento de inspección visual 70

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de edificaciones de hormigón armado constituye un factor importante para garantizar la durabilidad, funcionalidad y seguridad de las estructuras durante su vida útil. Sin embargo, en diversos países de América Latina, incluido Ecuador, las actividades de mantenimiento suelen ejecutarse de manera correctiva y tardía, en lugar de preventiva y planificada (ONU hábitat, 2020).

En el Ecuador, una parte importante del crecimiento urbano residencial se ha desarrollado mediante procesos de autoconstrucción o "construcción informal", caracterizados en muchos casos por ejecución progresiva, limitaciones de supervisión técnica y ausencia de planes de conservación estructural. Este fenómeno es común en varias ciudades del país, incluyendo Quito, de forma principal en zonas de expansión urbana y sectores con laderas consolidadas y desarrollo progresivo en ellas (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014).

En consecuencia, muchas edificaciones presentan patologías visibles como fisuras, humedad, corrosión superficial, desprendimientos de recubrimientos y modificaciones estructurales no planificadas. Estos daños reducen el desempeño funcional de las viviendas y pueden evolucionar hacia problemas aún mayores cuando no son revisadas y corregidas oportunamente (ACI 562, 2021).

En base a estos enunciados, se identifica la necesidad de contar con herramientas técnicas simples y aplicables, basadas en inspección visual en principio, que permitan orientar procesos básicos de mantenimiento. De esta manera, la presente investigación propone el desarrollo de un manual de mantenimiento para estructuras de hormigón armado, con un plan piloto de aplicación en viviendas ubicadas en la ciudad de Quito.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la ciudad de Quito existen zonas con un número considerable de viviendas de hormigón armado que llegan a presentar deterioros progresivos asociados a la falta de mantenimiento adecuado o malas estructuraciones en las viviendas. Este deterioro se manifiesta mediante patologías visibles como fisuras, humedad, eflorescencias, corrosión aparente de acero, grietas en elementos no estructurales y desprendimientos de acabados.

La problemática en relación con estas patologías se intensifica en edificaciones construidas mediante procesos informales y sin el suficiente conocimiento para asegurar su durabilidad y resistencia, en cuyo caso no existió supervisión técnica continua, documentación estructural completa o criterios de mantenimiento posterior. De igual manera, es común la realización de ampliaciones, remodelaciones o cambios de uso sin evaluación previa, lo que incrementa el riesgo de deterioro funcional y estructural.

A pesar de ello, muchos propietarios no cuentan con procedimientos claros para identificar visualmente daños iniciales ni con guías prácticas sobre acciones correctivas básicas. Además, gran parte de la normativa técnica disponible, como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), se orienta principalmente en el diseño, comportamiento y seguridad estructural de las edificaciones, mientras que existen menos herramientas prácticas enfocadas específicamente en la identificación visual de patologías y el mantenimiento correctivo inicial.

Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar un manual general de mantenimiento, basado en evaluación patológica visual, que permita detectar, registrar y orientar intervenciones en estructuras de hormigón armado, tomando como plan piloto su aplicación en edificaciones de hormigón armado ubicadas en la ciudad de Quito.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo estructurar un manual general de mantenimiento de estructuras de hormigón armado basado en la identificación visual de patologías que permita registrar, clasificar y orientar acciones preliminares de mantenimiento en edificaciones, considerando como plan piloto la ciudad de Quito?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La presente investigación se justifica por la necesidad de fortalecer la conservación de edificaciones de hormigón armado mediante herramientas prácticas y técnicamente fundamentadas. En Ecuador, especialmente en viviendas desarrolladas de manera informal, el mantenimiento suele ejecutarse de forma reactiva, generando mayores costos y riesgos futuros.

Desde el punto de vista técnico, el manual permitirá sistematizar la inspección visual de patologías frecuentes, facilitando la detección temprana de daños y la definición de acciones correctivas oportunas. Esto contribuye a prolongar la vida útil de las estructuras y disminuir intervenciones mayores.

En el ámbito social, una vivienda en buen estado mejora la seguridad, habitabilidad y calidad de vida de sus ocupantes. El manual puede ser especialmente útil en sectores donde no existen recursos para contratar evaluaciones especializadas de manera frecuente.

En cuanto a la perspectiva práctica, se considerarán herramientas y materiales disponibles en Ecuador, tales como cámaras fotográficas, flexómetros, fisurómetro manual, martillo de inspección, cepillos metálicos, morteros de reparación comercial, selladores acrílicos y pinturas protectoras, materiales y herramientas comúnmente disponibles en el mercado ecuatoriano, cuya utilización resulta viable dentro del alcance del mantenimiento correctivo inicial propuesto. Esto garantiza la factibilidad de aplicación del presente documento.

Por último, la validación mediante un plan piloto en la ciudad de Quito permitirá adaptar el manual a condiciones reales de factores como son el clima, uso y tipologías locales.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un manual general de mantenimiento correctivo para viviendas de hormigón armado, basado en evaluación patológica estructural visual, con aplicación piloto en la ciudad de Quito, con el fin de mejorar la durabilidad, funcionalidad y seguridad de las estructuras.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las principales patologías estructurales visibles presentes en edificaciones de hormigón armado.
- Establecer criterios de inspección visual para identificación y registro de daños.
- Identificar técnicas de mantenimiento correctivo aplicables con recursos disponibles en Ecuador.
- Determinar herramientas y equipos necesarios para inspección y reparación básica.
- Elaborar un manual general de mantenimiento.
- Aplicar el manual en casos piloto dentro de la ciudad de Quito.

1.5 ALCANCE Y LIMITACIONES

Dentro de la investigación se tiene como alcance el desarrollo de un manual general de mantenimiento para edificaciones de hormigón armado, enfocado en patologías identificables mediante inspección visual. El presente trabajo estará orientado principalmente a viviendas y edificaciones de uso residencial y multifamiliar, pudiendo aplicarse tanto en edificaciones formales como en las ya mencionadas “construcciones informales”.

El plan piloto se planeará para ser ejecutado en la ciudad de Quito, con el propósito de verificar la aplicabilidad del manual en condiciones urbanas reales.

El estudio se limita a evaluación visual, sin incluir ensayos destructivos, escaneos estructurales avanzados, modelación sísmica ni cálculo detallado ya que estos pueden ser desarrollados una vez que el manual sea desarrollado y el plan piloto pueda ser aplicado. Además, las recomendaciones de intervención estarán enfocadas en mantenimiento básico y correctivo inicial.

Entre las limitaciones principales se encuentran la imposibilidad de detectar daños internos no visibles y la variabilidad constructiva existente entre edificaciones informales y formales

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

El mantenimiento de edificaciones constituye una actividad esencial para garantizar la durabilidad, seguridad y funcionalidad de las estructuras a lo largo de su vida útil. En estructuras de hormigón armado, el deterioro suele manifestarse inicialmente mediante señales visibles que permiten advertir procesos patológicos antes de que evolucionen a daños mayores. Por ello, la inspección visual representa uno de los métodos más utilizados en etapas preliminares de diagnóstico estructural, debido a su bajo costo, rapidez y facilidad de aplicación (ACI 562, 2021).

En varias ciudades latinoamericanas como en la ciudad de Quito, donde las edificaciones formales, informales y de crecimiento urbano coexisten, el mantenimiento de estas no siempre forma parte de la gestión dentro de lo que contempla la estructura. Esta situación incrementa la presencia de patologías visibles relacionadas con factores como humedad, fisuraciones, corrosión superficial y deterioro funcional.

2.1 CONSTRUCCIÓN INFORMAL Y SITUACIÓN ACTUAL EN LA CIUDAD DE QUITO

2.1.1 DEFINICIÓN DE CONSTRUCCIÓN INFORMAL

La construcción informal o "autoconstrucción" se define como el proceso mediante el cual una vivienda es edificada total o parcialmente por sus propios usuarios, generalmente de forma progresiva, utilizando recursos económicos limitados y, en algunos casos, sin asistencia técnica profesional. De acuerdo con ONU-Hábitat (2020), este fenómeno constituye una de las formas predominantes de producción habitacional en América Latina, particularmente en contextos urbanos con déficit de vivienda formal.

La construcción informal comprende edificaciones ejecutadas al margen de procesos formales de planificación, permisos, supervisión técnica o cumplimiento normativo completo. No necesariamente implica precariedad total, pero si un mayor riesgo asociado a deficiencias constructivas, ampliaciones no planificadas, modificaciones estructurales improvisadas y ausencia de mantenimiento sistemático (ONU hábitat, 2020)

Desde un punto de vista estructural, estas edificaciones presentan un gran interés en estudios de mantenimiento, debido a que suelen manifestar de manera temprana patologías visibles relacionadas con:

- Fisuración del concreto
- Humedad por impermeabilización deficiente
- Corrosión superficial del refuerzo
- Desprendimiento de recubrimientos
- Deformaciones visibles
- Asentamientos diferenciales
- Intervenciones constructivas no técnicas

Estos factores incrementan la vulnerabilidad estructural, particularmente en contextos sísmicos como en Ecuador.

2.1.2 SITUACIÓN DE VIVIENDA EN ECUADOR

El acceso a la vivienda adecuada continúa representando un desafío importante en Ecuador. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2019), el país mantiene un déficit habitacional significativo, tanto en términos cuantitativos como cualitativos, afectando a millones de hogares (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

El déficit cualitativo incluye viviendas que presentan deterioro, materiales deficientes, falta de mantenimiento o condiciones inadecuadas de habitabilidad. Este escenario favorece el desarrollo de procesos de autoconstrucción progresiva, donde las viviendas son ampliadas o modificadas conforme a la disponibilidad económica del propietario.

En varios casos, estas ampliaciones se realizan sin planificación estructural integral, generando discontinuidades constructivas, sobrecargas imprevistas y deficiencias funcionales. Desde el punto de vista técnico, este comportamiento incrementa la probabilidad de aparición de patologías visibles y deterioro prematuro.

Además, Ecuador se encuentra ubicado en una zona de alta amenaza sísmica, lo que hace que las deficiencias constructivas y la falta de mantenimiento adquieran mayor relevancia estructural (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

2.1.3 SITUACIÓN ESPECÍFICA EN LA CIUDAD DE QUITO

La ciudad de Quito, Ecuador presenta condiciones particulares que apoyan al plan piloto de aplicación para el presente estudio. Se trata de una ciudad con alta densidad urbana, crecimiento territorial progresivo, exposición sísmica significativa y coexistencia de vivienda formal e informal.

El Banco Mundial reconoce el déficit habitacional y la necesidad de vivienda asequible y resiliente en Ecuador, lo que limita la renovación del parque habitacional y promueve soluciones habitacionales progresivas o autogestionadas (WORLD BANK GROUP, 2023).

Este fenómeno ha contribuido históricamente al crecimiento de barrios con procesos de consolidación progresiva, donde muchas edificaciones fueron construidas o ampliadas en distintas etapas. Desde el punto de vista estructural, esto implica posibles diferencias de calidad constructiva entre elementos, incompatibilidades estructurales y ausencia de mantenimiento planificado.

Además, diversos estudios urbanos han identificado asentamientos irregulares y procesos de urbanización no formalizada en Quito, particularmente en zonas periféricas y de ladera, donde las condiciones geotécnicas y sísmicas aumentan el nivel de vulnerabilidad.

Ilustración 1. Déficit habitacional en Quito



Fuente: Chamba, A. (2025)

2.1.4 IMPLICACIONES ESTRUCTURALES DE LA CONSTRUCCIÓN INFORMAL

En un enfoque de la ingeniería estructural, las edificaciones desarrolladas sin supervisión técnica continua presentan mayores probabilidades de manifestar deterioros visibles asociados a deficiencias de diseño, ejecución y mantenimiento (ACI PRC - 201, 2023).

Entre los problemas más frecuentes se encuentran:

- Deficiencias de recubrimiento: Permiten ingreso de humedad y aceleran corrosión.
- Sobrecargas no previstas: Debido a ampliaciones verticales o cambios funcionales.
- Juntas constructivas deficientes: Producen discontinuidades estructurales.
- Fisuración prematura: Asociada a retracción, mala ejecución o deformaciones.
- Ausencia de impermeabilización adecuada: Genera deterioro acelerado.
- Mantenimiento reactivo: La intervención ocurre solo cuando el daño ya es evidente.

Estos factores justifican la necesidad de una herramienta técnica práctica que permita evaluar visualmente el estado de una estructura y orientar intervenciones básicas.

Tabla 1. Principales problemas estructurales asociados a construcción informal.

Problema	**Manifestación visible**	**Riesgo asociado**
Fisuración	Fisuras o grietas en elementos estructurales y no estructurales	Posible pérdida o indicio de esfuerzos no previstos
Humedad	Manchas, moho, eflorescencias o filtraciones	Deterioro progresivo de materiales y posible inicio de corrosión

Corrosión	Óxido visible, acero expuesto o desprendimiento de recubrimiento	Reducción de protección del refuerzo y deterioro progresivo
Asentamientos o Deformaciones	Grietas diagonales, desniveles o deformaciones visibles	Posible afectación funcional o estructural
Sobrecargas o ampliaciones no previstas	Fisuración progresiva o deformaciones localizadas	Incremento de demanda estructural y necesidad de evaluación especializada

Fuente: Elaboración propia, con base en ACI 201.1R-08, ACI 224R-01, ACI 562-21 y NEC-SE-HM.

2.2 HORMIGÓN ARMADO Y COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

2.2.1 DEFINICIÓN DE HORMIGÓN ARMADO

El hormigón armado constituye uno de los sistemas estructurales más utilizados a nivel mundial debido a su capacidad resistente, durabilidad y versatilidad constructiva. Se trata de un material compuesto por concreto y acero de refuerzo, diseñado para aprovechar la alta resistencia a compresión del concreto y la elevada resistencia a tracción del acero, generando un comportamiento estructural complementario (Darwin, Dolan, & Nilson, 2016)

El concreto está formado principalmente por cemento, agua, agregados, finos y gruesos, y eventualmente aditivos que modifican sus propiedades físicas o mecánicas. Por su parte, el acero de refuerzo proporciona ductilidad y resistencia frente a esfuerzos tensionales, permitiendo que los elementos estructurales mantengan un comportamiento adecuado frente a cargas gravitacionales, deformaciones y acciones sísmicas.

En cuanto a la ingeniería estructural, el correcto desempeño del hormigón armado depende no solo de su diseño inicial, sino también de factores relacionados con ejecución constructiva, exposición ambiental, calidad de materiales y mantenimiento posterior (ACI PRC - 201, 2023)

2.2.2 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL HORMIGÓN ARMADO

El comportamiento estructural del hormigón armado se basa en la interacción mecánica entre el concreto y el acero, donde ambos materiales trabajan en conjunto mediante adherencia interna.

Comportamiento principal:

- Compresión: el concreto resiste eficientemente esfuerzos de compresión.
- Tracción: el acero absorbe esfuerzos tensionales.
- Flexión: la combinación concreto–acero permite resistir momentos flectores.
- Corte: el acero transversal (estribos) ayuda a controlar esfuerzos cortantes.
- Ductilidad: especialmente importante en zonas sísmicas.

En ciudades como Quito, ubicadas en una región con una alta amenaza sísmica, la ductilidad y continuidad estructural son fundamentales para el desempeño sísmico de las edificaciones (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, 2014)

Tabla 2. Función estructural de materiales en hormigón armado

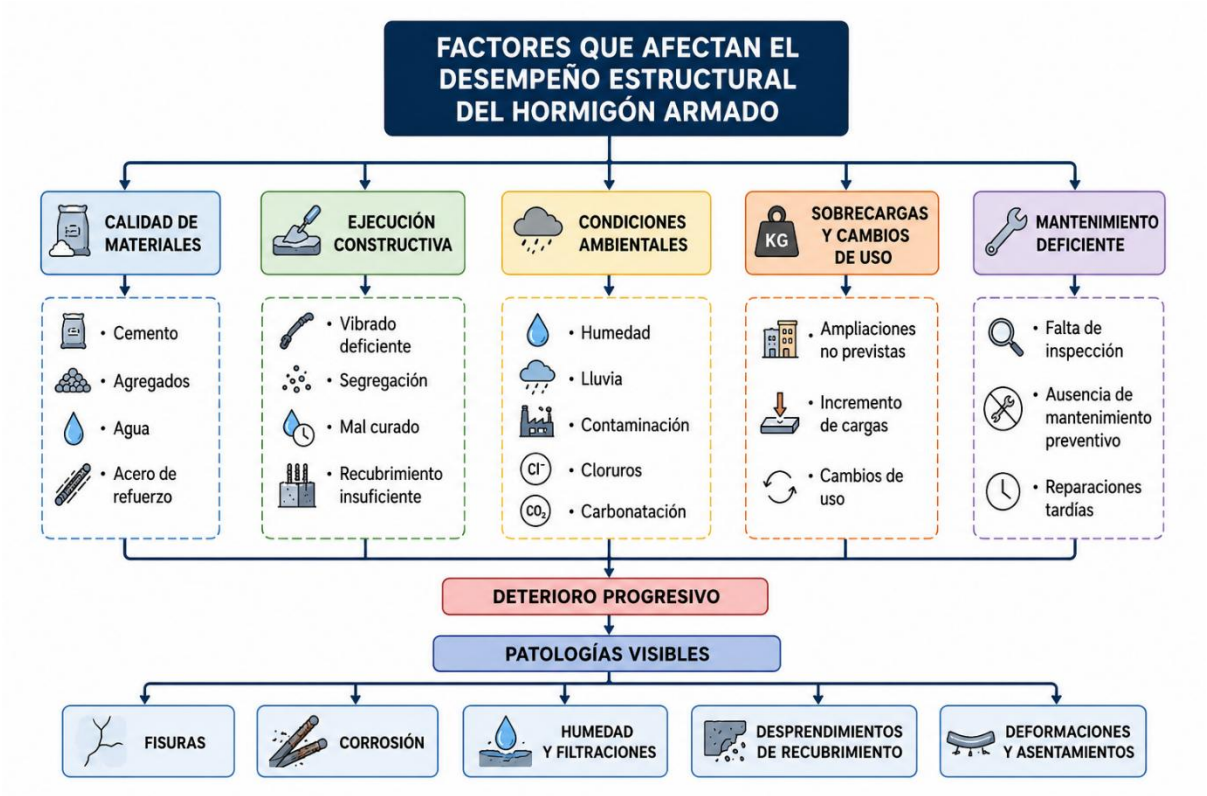
Material	**Función principal**
Concreto	Resistencia a compresión
Acero longitudinal	Resistencia a tracción / flexión
Acero transversal	Resistencia a corte / confinamiento

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.2.3 FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL

El desempeño estructural del hormigón armado puede verse afectado por diversos factores relacionados con la calidad de los materiales, los procesos constructivos, las condiciones ambientales, las sobrecargas y las prácticas de mantenimiento. La Figura 1 resume los principales factores que influyen en la durabilidad y comportamiento de las estructuras de hormigón armado, así como las manifestaciones patológicas que pueden generarse como consecuencia de su interacción.

Figura 1. Factores que afectan el desempeño estructural del hormigón armado



Fuente: Elaboración propia con base en ACI 201.1R-08, ACI 224R-01, ACI 562-21 y NEC-SE-HM

Como se observa en la Figura 1, los factores que afectan el desempeño estructural actúan de manera individual o combinada, favoreciendo procesos progresivos de deterioro que pueden

manifestarse visualmente mediante fisuras, corrosión, humedades, desprendimientos o deformaciones. Estas patologías constituyen indicadores importantes para la evaluación visual de edificaciones.

2.3 PATOLOGÍAS VISUALES EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

2.3.1 DEFINICIÓN SOBRE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

La patología estructural puede definirse como el estudio de daños, defectos o procesos de deterioro que afectan el comportamiento funcional o resistente de una estructura.

En edificaciones de hormigón armado, estas patologías suelen manifestarse inicialmente mediante signos visibles que permiten inferir procesos internos de degradación (Helene, 1992).

La evaluación visual constituye una metodología particularmente útil para detectar estas señales iniciales.

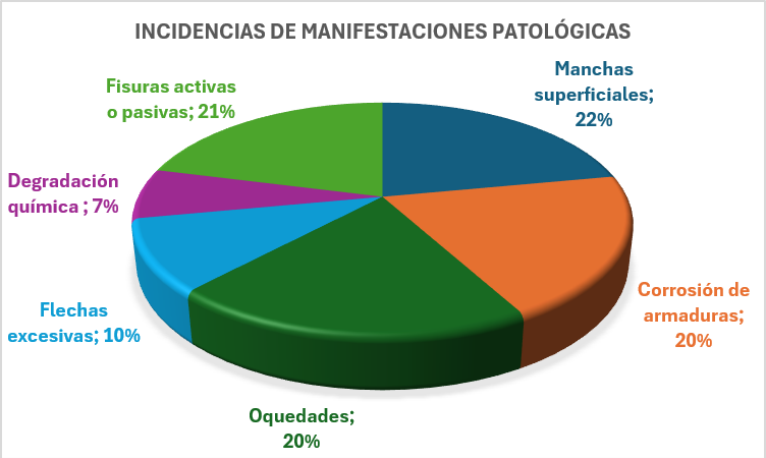
2.3.2 FISURAS Y GRIETAS ESTRUCTURALES

Definición

Las fisuras corresponden a discontinuidades lineales de pequeña abertura en el concreto, generadas por tensiones internas superiores a la capacidad resistente local del material. No todas las fisuras implican daño estructural severo; sin embargo, representan indicadores importantes de comportamiento anómalo (Sotomayor, 2020).

Un hecho recurrente en los últimos años por parte de los propietarios de edificaciones y usuarios ha sido relacionar las fisuras con algún signo de alerta y hasta de evacuación frente a incertidumbre de seguridad en las estructuras observadas. Si se revisa algunas estadísticas disponibles, se puede observar que las fisuras representan en promedio 21% de manifestaciones patológicas en estructuras de concreto arquitectónico (Sotomayor, 2020).

Ilustración 2. Distribución de incidencias de manifestaciones patológicas en estructuras de *concreto arquitectónico*



Fuente: Elaboración propia con base en Sotomayor, C. (2020)

Clasificación según abertura

Algunos autores han establecido una correlación entre las fisuras y grietas con el nivel de riesgo en las estructuras, siendo de utilidad en la toma de decisiones para el equipo de especialistas que abordará los estudios de vulnerabilidad y patología. En la siguiente tabla se presenta una clasificación de fisuras y grietas en función a su ancho y al nivel de repercusión en las estructuras expuestas sobre todo para ambientes agresivos y sustancias nocivas (Sotomayor, 2020).

Aunque la clasificación presentada no fue desarrollada específicamente para edificaciones ubicadas en Quito, los criterios de valoración según abertura de fisuras y grietas son consistentes con los principios generales de evaluación visual recomendados por documentos técnicos como ACI 224R-01. De esta manera, se utiliza como referencia orientativa para apoyar la clasificación preliminar de patologías dentro del alcance de esta investigación, sin sustituir evaluaciones estructurales especializadas.

Tabla 3. Clasificación de fisuras y grietas en función a su ancho y grado de repercusión en las estructuras.

Clasificación por ancho (e)		**Nivel de repercusión en la estructura**
Micro fisuras	e < 0.05mm	Nivel muy bajo.
Fisuras	0.1<e<0.2mm	Nivel bajo. Tener cuidado con ambientes donde pueda desencadenarse la corrosión del acero.
Macro fisura	0.2<e<0.4mm	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<1.0mm	Nivel alto. Podría existir reducción de la capacidad sismorresistente. Se requiere estudio de vulnerabilidad para el diagnóstico, y alternativas de reparación y/o

		reforzamiento en lo aplicable.
	e>1.0mm	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 datos encontrados, se debe evaluar la evacuación y apuntalamiento de la edificación.

Fuente: Sotomayor, C. (2020)

Clasificación según el origen

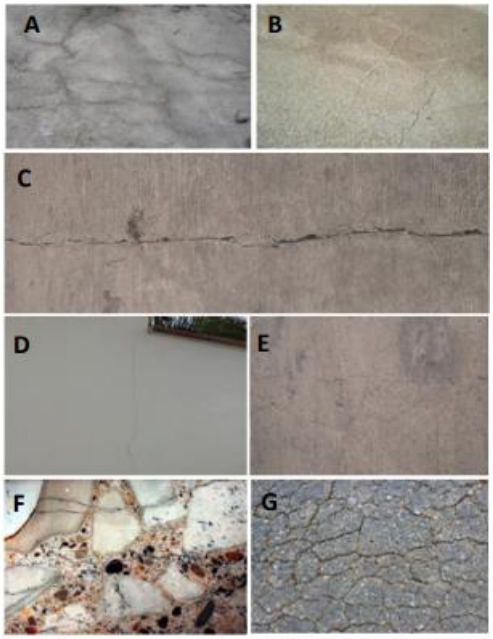
- Fisuras por retracción: Ocurren por pérdida de humedad.
- Fisuras térmicas: Por exposición / contracción.
- Fisuras por asentamiento: Por movimiento diferencial.
- Fisuras por flexión: Asociadas a carga estructural.
- Fisuras por corrosión: Generadas por expansión del acero oxidado.

Signos visuales

- Líneas finas

- Trayectorias diagonales
- Separación longitudinal
- Grietas repetitivas

Ilustración 3. Formas de las fisuras más comunes ubicadas en las estructuras de concreto.



Fuente: Sotomayor, C. (2020)

Técnicas para el tratamiento de fisuras y grietas

El objetivo principal del tratamiento de fisuras es asegurar las condiciones de servicio y preservar la durabilidad en términos de vida útil de las estructuras en concreto armado. En la siguiente tabla se presenta algunas de las principales técnicas de reparación existentes para las estructuras observadas con problemas de fisuramiento (Sotomayor, 2020).

Tabla 4. Técnicas de reparación por tipo de fisura

Tipo	**Técnica de reparación según espesor de fisura y / o grieta**	
Asentamiento plástico	0.2<e<0.5mm	Resina de inyección de baja viscosidad, bicomponente con base epoxi.
	e>0.5mm	Resina epóxica de inyección o lechada estructural cementosa mono componente.
Contracción plástica	0.2<e<0.5mm	Resina de inyección con bajo contenido de sólidos y baja viscosidad para asegurar una penetración efectiva.
Contracción por secado		
Expansión y contracción térmica	e<0.2mm	Puede no requerir reparación desde el punto de vista estructural, pero si por durabilidad. Usar resina de inyección con bajo contenido de sólidos y baja viscosidad para una penetración efectiva

	e>0.5mm	Relleno con resinas epoxicas (en fisuras estables y sin movimiento)
		Realizar juntas de dilatación térmica (para el caso de muros)
		Sellador elástico (para fisuras con movimiento)

Fuente: Sotomayor, C. (2020)

2.3.3 CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

Definición

La corrosión corresponde al deterioro electroquímico del acero cuando pierde protección alcalina y entra en contacto con agentes agresivos (American Concrete Institute ACI 222R, 2019).

Manifestaciones visuales

- Manchas rojizas
- Concreto abombado
- Desprendimiento
- Acero expuesto

Ilustración 4. Corrosión en estructura de concreto: causas, daños, síntomas, reparaciones y prevención



Fuente: Desarrollos ESC. (2023)

Fases observables

Tabla 5. Fases visibles en la corrosión de acero de estructuras de hormigón armado.

Fase	**Manifestación**
Inicial	Manchas
Intermedia	Fisuración
Avanzada	Desprendimiento
Crítica	Pérdida de sección

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.3.4 HUMEDAD Y FILTRACIONES

Definición

La humedad constituye la presencia no controlada de agua dentro de elementos constructivos.

Clasificación

- Humedad ascendente: Capilaridad.
- Humedad por filtración: Ingreso externo.

- Condensación: Diferencia térmica.

Manifestaciones

- Manchas oscuras
- Moho
- Pintura desprendida
- Deterioro de acabados

Ilustración 5. Humedad y moho en paredes.



Fuente: Riofrio, C. (2026)

2.3.5 EFLORESCENCIAS

Definición

Depósitos cristalinos blanquecinos producidos por migración de sales.

Causas

- Humedad persistente
- Filtraciones
- Materiales solubles

Ilustración 6. Eflorescencias en el hormigón.



Fuente: hcm Hormigones (2018).

2.3.6 DESPRENDIMIENTO DE RECUBRIMIENTO

Definición

Separación del concreto superficial respecto al elemento base.

Causas

- Corrosión
- Impacto
- Envejecimiento
- Mala adherencia

Ilustración 7. Desprendimiento de concreto en vivienda.



Fuente: UltraTech (2021).

2.3.7 ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES

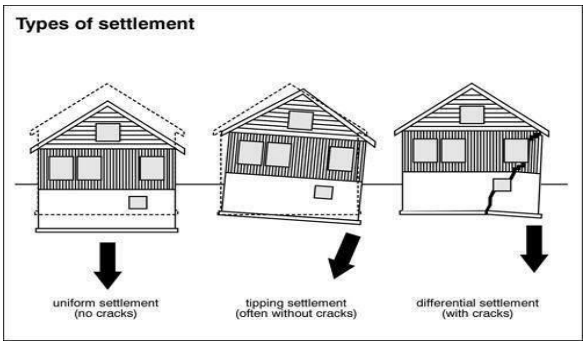
Definición

Movimiento desigual de la cimentación.

Evidencia visual

- Grietas diagonales
- Puertas trabadas
- Desniveles
- Separación de elementos

Ilustración 8. Tipos de asentamientos diferenciales.



Fuente: Torres, J. (2025).

2.4 EVALUACIÓN VISUAL ESTRUCTURAL

La evaluación visual estructural constituye el primer nivel de diagnóstico de una edificación existente, que permite identificar de manera directa daños, deterioro o anomalías visibles en elementos de hormigón armado. Este tipo de evaluación no requiere ensayos destructivos, por lo que resulta adecuada para un manual de mantenimiento de aplicación general. Su finalidad es reconocer señales como fisuras, grietas, humedad, corrosión visible, desprendimientos, deformaciones o asentamientos aparentes, con el propósito de registrar el estado inicial de la estructura y orientar acciones correctivas preliminares (ACI 201.1R-08, 2008).

La inspección visual debe desarrollarse de forma ordenada, comenzando por una revisión general de la edificación y continuando con la observación de elementos específicos como columnas, vigas, losas, muros, escaleras, fachadas, cubiertas y zonas húmedas. Para que el diagnóstico sea útil, cada hallazgo debe registrarse mediante fotografías, ubicación, descripción del daño, dimensión aproximada y nivel de severidad. Este procedimiento permite transformar una observación subjetiva en información técnica organizada (Rossow, 2012).

2.4.1 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN VISUAL

La evaluación visual dentro del manual tendrá los siguientes objetivos:

Tabla 6. Objetivos de la evaluación visual

Objetivo	**Descripción**
Identificar patologías visibles	Reconocer fisuras, humedad, corrosión, desprendimientos y deformaciones aparentes
Registrar daños	Documentar cada patología mediante fotografías, croquis y fichas técnicas.
Clasificar severidad	Determinar si el daño es leve, moderado, severo o crítico.
Priorizar intervenciones	Definir qué daños requieren mantenimiento inmediato o evaluación especializada.
Generar historial	Crea una base de seguimiento para futuras inspecciones.

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.4.2 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA INSPECCIÓN VISUAL

La inspección visual presenta ventajas importantes para el mantenimiento de edificaciones, especialmente en contextos donde no siempre es posible acceder a ensayos especializados. Entre sus beneficios se encuentran su bajo costo, rapidez de aplicación, facilidad de repetición y utilidad para detectar datos iniciales. Sin embargo, también tiene limitaciones, ya que no permite identificar daños internos no visibles, pérdida real de resistencia del concreto o corrosión oculta del acero sin apoyo de ensayos complementarios.

Tabla 7. Ventajas y limitaciones de la inspección visual

Aspecto	**Ventajas**	**Limitaciones**
Inversión requerida	Bajo costo	No sustituye estudios especializados
Aplicación en campo	Permite inspecciones rápidas y sistemáticas	Depende de la experiencia del evaluador
Alcance	Detecta daños visibles	No detecta daño interno oculto
Uso metodológico en el manual	Facilita la clasificación y registro de patologías	Requiere criterios estandarizados para reducir la subjetividad

Fuente: Elaboración propia con base en ACI 201.1R-08 y FHWA (2006)

2.5 CLASIFICACIÓN DEL ESTADO ESTRUCTURAL PARA EL MANUAL

Dentro del presente manual se propone una clasificación propia del estado de la edificación basada en la inspección visual. Esta clasificación no reemplaza una evaluación estructural

detallada, pero permite establecer una guía preliminar para tomar decisiones de mantenimiento. Se plantea una escala de cuatro niveles: bueno, regular, deficiente y crítico.

Esta clasificación se fundamenta en el principio de evaluación de estructuras existentes establecidos por ACI 562, que considera la inspección, evaluación y reparación como etapas necesarias para conservar la seguridad y funcionalidad de las estructuras de concreto existentes (ACI 562, 2021).

La clasificación visual del estado estructural tiene como finalidad evaluar de manera global la condición observable de una edificación a partir del conjunto de patologías identificadas durante la inspección visual. Esta clasificación permite establecer una apreciación general del estado de conservación de la estructura.

Tabla 8. Clasificación visual propuesta del estado estructural

Estado	**Definición**	**Condición visual**	**Acción recomendada**
Bueno	La edificación no presenta daños relevantes visibles.	Elementos sin fisuras significativas, sin humedad persistente, sin corrosión ni deformaciones aparentes.	Mantener inspecciones periódicas.
Regular	Existen daños menores que no comprometen de forma inmediata la funcionalidad.	Fisuras finas, humedad localizada, desgaste superficial o desprendimientos menores.	Aplicar mantenimiento correctivo básico y seguimiento.

Deficiente	Se observan patologías progresivas o repetitivas que pueden afectar la durabilidad.	Grietas moderadas, corrosión visible, desprendimientos de recubrimiento, filtraciones frecuentes.	Intervenir técnicamente y evaluar necesidad de especialista.
Crítico	Existen daños severos que pueden comprometer seguridad o estabilidad.	Grietas amplias, acero expuesto con pérdidas visible, deformaciones, asentamientos, desprendimientos importantes.	Suspender uso parcial si aplica y solicitar evaluación profesional especializada.

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.6 CRITERIOS DE SEVERIDAD DE PATOLOGÍAS VISIBLES

Para que el presente manual sea práctico, cada patología identificada debe clasificarse según su severidad. Esta clasificación permite priorizar intervenciones y evitar que daños menores evolucionen hacia problemas mayores.

A diferencia de la clasificación general del estado estructural presentada anteriormente, los criterios de severidad permiten evaluar individualmente cada patología observada durante la inspección visual. Esta clasificación facilita la priorización de intervenciones y la toma de decisiones respecto al mantenimiento correctivo inicial.

Tabla 9. Criterios visuales de severidad.

Severidad	Definición	Ejemplos visuales	Recomendación
Leve	Daño superficial o localizado, sin evidencia de progresión significativa.	Fisuras finas, manchas superficiales, desgaste de pintura.	Registrar y monitorear.
Moderada	Daño visible que requiere mantenimiento correctivo.	Fisuras repetidas, humedad activa, desprendimiento pequeño.	Reparar y revisar periódicamente.
Severa	Daño progresivo con posible afectación funcional o de durabilidad.	Corrosión visible, grietas abiertas, desprendimiento de recubrimiento.	Intervenir con criterio técnico.
Crítica	Daño que puede afectar seguridad o estabilidad.	Deformaciones, asentamientos, acero expuesto deteriorado, grietas diagonales importantes.	Requiere evaluación especializada inmediata.

Fuente: Elaboración propia (2026).

Nota: Para efectos del presente manual, se consideran fisuras finas aquellas cuya abertura es apenas perceptible visualmente y no presentan evidencia de progresión. Las grietas abiertas

corresponden a discontinuidades claramente visibles que pueden estar asociadas a movimientos diferenciales, sobrecargas, deterioro progresivo o afectaciones de elementos constructivos. Estos criterios son orientativos y no sustituyen evaluaciones estructurales especializadas.

2.7 INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN VISUAL

El manual debe incluir instrumentos que permitan organizar la información obtenida durante la inspección. Los principales son: ficha técnica de inspección, registro fotográfico, croquis de ubicación, checklist de patologías y matriz de severidad.

2.7.1 FICHA TÉCNICA DE INSPECCIÓN

La ficha técnica es el documento base para registrar la información de la edificación, ubicación, fecha de inspección, elemento evaluado, tipo de patología, descripción del daño, severidad y recomendación inicial. Su función es convertir la observación visual en un registro técnico ordenado (Ipiales Aguirre, 2015).

Tabla 10. Modelo referencial de ficha técnica.

Campo	**Información por registrar**
Código de inspección	Número único de registro
Ubicación	Ciudad, sector, dirección referencial
Elemento inspeccionado	Columna, viga, losa, muro, fachada, cubierta
Patología visible	Fisura, humedad, corrosión, desprendimiento, deformación
Descripción	Forma, tamaño, ubicación y apariencia
Severidad	Leve, moderada, severa o crítica

Registro fotográfico	Código de imagen
Recomendación	Monitorear, reparar, impermeabilizar, consultar especialista

Fuente: Elaboración propia (2026).

La ficha técnica de inspección constituye el instrumento principal de recopilación de información dentro del manual propuesto, ya que permite registrar de forma estandarizada las características de la edificación, la ubicación de las patologías identificadas, su severidad estimada y las recomendaciones preliminares de mantenimiento. Su utilización contribuye a reducir la subjetividad propia de la inspección visual y facilita la trazabilidad de los hallazgos observados.

2.7.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO

El registro fotográfico permite respaldar visualmente cada patología identificada. Las imágenes deben tomarse con buena iluminación, incluir una referencia de escala cuando sea posible y registrar tanto una vista general como un acercamiento del daño. En el caso de fisuras, se recomienda colocar un fisurómetro o regla junto al daño para estimar su abertura (Rossow, 2012).

Ilustración 9. Ejemplo de registro fotográfico utilizado durante una inspección visual de patologías en una edificación de hormigón armado.



Fuente: Riofrio, C. (2026)

El registro fotográfico fue seleccionado como instrumento de apoyo debido a su capacidad para documentar de manera objetiva las condiciones observadas durante la inspección visual. Su utilización permite conservar evidencia verificable de las patologías identificadas, facilitar comparaciones en inspecciones futuras y respaldar técnicamente las decisiones de clasificación y priorización de intervenciones.

Para garantizar la utilidad del registro fotográfico, cada imagen deberá incluir información de ubicación, elemento inspeccionado y una referencia visual de escala cuando sea posible, mediante el uso de flexómetro, fisurómetro u otro elemento de referencia dimensional.

2.7.3 CROQUIS DE UBICACIÓN DE PATOLOGÍAS

El croquis de ubicación permite identificar gráficamente la localización aproximada de las patologías observadas dentro de la edificación. Este instrumento complementa la ficha técnica y el registro fotográfico, facilitando el seguimiento de daños y futuras inspecciones.

2.7.4 CHECKLIST DE PATOLOGÍAS

El checklist permite verificar de forma rápida la presencia o ausencia de patologías visibles durante la inspección. Se debe organizar por elementos estructurales y no estructurales, ya que las manifestaciones visibles pueden aparecer en ambos tipos de componentes.

El checklist de patologías constituye una herramienta de verificación rápida que permite identificar la presencia o ausencia de manifestaciones patológicas previamente definidas dentro del alcance del manual. Su aplicación facilita la uniformidad del proceso de inspección y contribuye a minimizar omisiones durante el recorrido visual de la edificación.

Tabla 11. Checklist referencial para el análisis de patologías visuales

Elemento	**Fisura**	**Humedad**	**Corrosión**	**Desprendimiento**	**Deformación/ Asentamiento**	**Observación**
Columnas						
Vigas						
Losas						
Muros						
Fachada						
Cubierta						

Fuente: Elaboración propia (2026).

Instrucción de uso: Marcar con (✓) la presencia de la patología observada en el elemento inspeccionado. En la columna de observaciones se registrará información complementaria relacionada con ubicación, extensión del daño, severidad aparente o cualquier condición relevante detectada durante la inspección.

La estructura del checklist se desarrolló considerando las patologías visuales más frecuentes identificadas en la literatura técnica consultada y en los casos de estudio analizados, incluyendo fisuras, grietas, humedad, corrosión visible, desprendimientos y deformaciones aparentes.

2.8 PROCEDIMIENTO PROPUESTO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL

Dentro del procedimiento de inspección visual del manual se estructura en cinco etapas: preparación, recorrido general de la estructura, inspección por elementos, registro y clasificación y finalmente recomendaciones iniciales.

Tabla 12. Procedimiento para la inspección visual propuesto

Etapa	Actividad	Resultado esperado
1. Preparación	Revisión de datos básicos, ubicación y equipos	Plan de inspección
2. Recorrido general	Observación global de la estructura	Identificación preliminar de zonas criticas
3. Inspección por elementos	Revisión de columnas, vigas, losas, muros y cubiertas	Registro de patologías
4. Clasificación	Asignación de severidad y estado estructural visual	Diagnostico preliminar
5. Recomendación	Definición de acción correctiva o derivación profesional	Plan de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.9 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA LA INSPECCIÓN VISUAL

Para realizar la inspección visual es necesario contar con herramientas básicas que permitan observar, medir, registrar y clasificar las patologías visibles de una edificación de hormigón armado. Según ACI 201.1R-08, la inspección visual del concreto en servicio permite identificar manifestaciones externas de deterioro, como fisuras, manchas, desprendimientos, corrosión visible y deformaciones aparentes, por lo que constituye una etapa inicial dentro de la evaluación de estructuras existentes. Por otro lado, el ACI 562-21 establece que la evaluación de estructuras existentes debe servir como base para definir acciones de reparación, rehabilitación o mantenimiento, especialmente cuando se busca conservar la seguridad y funcionalidad de la estructura (ACI 562, 2021).

Para el manual propuesto, los equipos que van a ser considerados deben ser accesibles, económicos y disponibles en el mercado ecuatoriano, ya que la metodología se basa únicamente en evaluación visual. Por ello, se priorizan herramientas de registro, medición básica, seguridad y observación directa.

Tabla 13. Equipos básicos para inspección visual

Equipo o herramienta	**Función dentro de la inspección**	**Aplicación en el manual**
Cámara fotográfica o teléfono celular	Registrar evidencia visual de patologías	Documentar fisuras, humedad, desprendimientos, corrosión y deformaciones
Linterna LED	Mejorar visibilidad en zonas oscuras	Revisar losas, sótanos, esquinas, cubiertas y áreas con poca iluminación

Flexómetro	Medir dimensiones generales	Registrar longitud de fisuras, áreas afectadas o dimensiones de elementos
Fisurómetro manual	Estimar aberturas de fisuras	Clasificar fisuras según severidad visual
Nivel de mano o nivel laser	Verificar inclinaciones o desniveles aparentes	Apoyar la identificación de deformaciones o asentamientos visibles
Martillo de goma o martillo liviano	Detectar zonas con sonido hueco superficial	Identificar posibles desprendimientos o pérdida de adherencia superficial
Libreta, ficha impresa o Tablet	Registrar datos de campo	Completar fichas técnicas de inspección
Escalera portátil	Acceder a zonas altas de forma controlada	Observar vigas, losas, cubiertas y fachadas bajas
Medidor de humedad superficial	Identificar presencia de humedad en acabados o muros	Complementar la inspección visual de manchas y filtraciones
Cinta adhesiva o marcador removible	Señalar temporalmente una zona observada	Ubicar fisuras o daños para registro fotográfico

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.9.1 CÁMARA FOTOGRÁFICA O TELÉFONO CELULAR

El registro fotográfico es indispensable porque permite documentar el estado de la edificación en el momento de la inspección. Las fotografías deben tomarse con buena iluminación, incluir

una vista general y una vista cercana del daño, y, cuando sea posible, incorporar una escala de referencia como una regla o fisurómetro. Este procedimiento permite comparar la evolución de una patología en inspecciones posteriores y facilita la elaboración de fichas técnicas de mantenimiento (ACI 201.1R-08, 2008).

Ilustración 10. Registro fotográfico de fisura en pared



Fuente: Riofrio, C. (2026)

2.9.2 FISURÓMETRO MANUAL

El fisurómetro es una herramienta sencilla que permite estimar la abertura de fisuras superficiales. Su uso es importante porque la dimensión de la fisura puede ayudar a clasificar la severidad del daño y definir si se requiere monitoreo, sellado superficial o evaluación especializada. Según ACI 224R-01 señala que el control y evaluación de fisuras en concreto depende de su origen, ubicación, abertura, evolución y efecto sobre la durabilidad o comportamiento estructural (ACI PRC-224-01, 2002).

Ilustración 11. Ejemplo de fisurómetro en una grieta en concreto



Fuente: EcuRed. (28 de febrero 2023).

2.9.3 LINTERNA, FLEXÓMETRO Y NIVEL

La linterna permite revisar zonas de baja iluminación como áreas bajo escaleras, sótanos, cuartos de máquinas, uniones viga – columna y esquinas interiores. El flexómetro permite medir longitudes aproximadas de fisuras, zonas desprendidas o áreas con humedad. Por otro lado, el nivel de mano o nivel láser sirve como apoyo para detectar inclinaciones aparentes, desniveles o deformaciones visibles. Estas herramientas no sustituyen estudios estructurales especializados, pero ayudan a ordenar la observación visual y mejorar la calidad del registro técnico (Rossow, 2012).

2.9.4 MARTILLO DE INSPECCIÓN

El martillo de goma o martillo liviano puede utilizarse para realizar golpes suaves sobre superficies de concreto o enlucidos. Un sonido hueco puede indicar pérdida de adherencia, desprendimiento superficial o presencia de vacíos detrás del recubrimiento. Esta práctica debe realizarse con cuidado y únicamente como apoyo visual, sin afectar la integridad del elemento. Cuando se evidencien desprendimientos importantes, acero expuesto o pérdida significativa de recubrimiento, el caso debe derivarse a un profesional especializado (ACI 201.1R-08, 2008).

2.10 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

La inspección visual de edificaciones también requiere medidas básicas de seguridad, especialmente cuando se revisan zonas con desprendimientos, humedad, polvo, superficies inestables, escaleras o cubiertas. En Ecuador, el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores establece la obligación de usar correctamente los medios de protección personal y colectiva proporcionados para prevenir riesgos laborales. Además, la Guía básica de prevención de riesgos laborales en la construcción del Ministerio del Trabajo define los equipos de protección personal como elementos destinados a proteger al trabajador frente a riesgos que puedan afectar su seguridad y salud (Ministerio del Trabajo, 2022).

Tabla 14. Equipo de protección recomendado para inspección visual

Equipo de protección personal	**Riesgo que reduce**	**Uso recomendado**
Casco de seguridad	Golpes por objetos o desprendimientos	Inspección en zonas con recubrimientos sueltos, cubiertas o elementos altos
Guantes de seguridad	Cortes, contacto con oxido, polvo o materiales irritantes	Revisión de acero expuesto, desprendimientos y limpieza superficial
Gafas de seguridad	Proyección de partículas o polvo	Inspección cercana, limpieza o raspado superficial

Mascarilla	Inhalación de polvo, moho o partículas	Zonas con humedad, eflorescencias, polvo o deterioro de acabados
Botas de seguridad	Golpes, resbalones o perforaciones	Recorridos de campo, cubiertas, patios o zonas en reparación
Chaleco reflectivo	Identificación y visibilidad	Inspecciones en exteriores, parqueaderos o zonas comunes
Arnés de seguridad	Caída en altura	Solo si la inspección se realiza en cubiertas o bordes elevados y con personal capacitado

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.11 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL

El mantenimiento correctivo comprende acciones destinadas a reparar patologías visibles de baja o mediana severidad, siempre que no comprometan de forma evidente la estabilidad de la edificación. En el marco de este manual, las técnicas propuestas se limitan a intervenciones compatibles con una evaluación visual, como sellado de fisuras superficiales, limpieza de eflorescencias, impermeabilización localizada, protección de acero expuesto y resanes menores. Cuando el daño sea severo, progresivo o este asociado a deformaciones, asentamientos o grietas importantes, debe solicitarse una evaluación estructural especializada conforme al enfoque sé que especifica en ACI 562-21 (ACI 562, 2021).

2.11.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL PARA FISURAS

Las fisuras deben tratarse según su ubicación, abertura, trayectoria, repetición y posible evolución. Cuando se trate de fisuras finas, superficiales y sin evidencia de movimiento, puede considerarse el sellado superficial para evitar ingreso de humedad o agentes contaminantes. Sin embargo, si la fisura es diagonal, atraviesa elementos estructurales, presenta aumento progresivo o esta asociada a deformaciones, no debe tratarse únicamente como un problema superficial, sino derivarse a evaluación especializada. La norma ACI 224R-01 indica que el control de fisuración debe considerar las causas que la originan y no solamente su apariencia externa (ACI PRC-224-01, 2002).

Tabla 15. Acciones correctivas iniciales para fisuras

Condición visual	**Acción recomendada**	**Limite del manual**
Fisura fina superficial sin humedad	Limpieza de la superficie y aplicación de sellador acrílico flexible compatible con hormigón	Registrar y monitorear
Fisura con ingreso de agua	Sellado de la fisura y aplicación localizada de sistema impermeabilizante compatible con el elemento afectado	Verificar origen de filtración
Fisura repetitiva con o aumento visible	Monitoreo mediante registro fotográfico periódico y control de la	Derivar si aumenta

	evolución de la abertura observada	
Grieta diagonal en elemento estructural	Restringir intervenciones superficiales y solicitar evaluación técnica especializada antes de ejecutar reparaciones	Requiere evaluación especializada
Fisura con desprendimiento o acero visible	Protección temporal de las áreas expuestas y solicitud de evaluación técnica para definir procedimientos de reparación	Requiere técnico estructural

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.11.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL PARA HUMEDAD Y FILTRACIONES

La humedad visible puede manifestarse mediante manchas, desprendimiento de pintura, moho, eflorescencias o deterioro de acabados. El mantenimiento inicial debe enfocarse en identificar y corregir el origen del ingreso de agua antes de cubrir el daño superficial. En cubiertas, terrazas, baños, balcones o juntas pueden aplicarse soluciones de impermeabilización localizadas cuando el daño sea accesible y no exista compromiso estructural. Fabricantes presentes en Ecuador, como Imptek, ofrecen sistemas de impermeabilización orientados a prevenir humedad, goteras y filtraciones en construcciones (Imptek, 2026).

Tabla 16. Acciones correctivas iniciales para humedad

Manifestación visual	**Posible causa**	**Acción inicial**
Mancha localizada en losa o muro	Filtración puntual	Revisar cubierta, tubería o junta cercana
Pintura desprendida	Humedad persistente	Retirar material suelto y corregir origen
Moho en interiores	Condensación o ventilación deficiente	Mejorar ventilación y limpiar superficie
Humedad en cubierta	Impermeabilización deteriorada	Aplicar sistema impermeabilizante compatible
Humedad junto a instalaciones	Fuga de tubería	Reparar instalaciones antes de resanar

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.11.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL PARA EFLORESCENCIAS

Las eflorescencias son depósitos blanquecinos producidos por la migración de sales solubles hacia la superficie, generalmente asociadas a presencia de humedad. La limpieza superficial puede realizarse mediante cepillado seco o lavado controlado, pero si la humedad persiste, las sales volverán a aparecer. Por lo tanto, el tratamiento correcto debe enfocarse en eliminar o reducir la fuente de humedad. En el manual, la eflorescencia debe registrarse como indicador de presencia de agua y no solamente como un problema estético (ACI 201.1R-08, 2008).

2.11.4 MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL PARA CORROSIÓN VISIBLE

La corrosión del acero de refuerzo en estructuras de hormigón armado es un proceso de deterioro que puede manifestarse visualmente mediante manchas de oxido, fisuración longitudinal, desprendimiento de recubrimiento o acero expuesto. La norma ACI 222R-19 indica que la corrosión del acero en concreto se relaciona con la presencia de humedad, oxigeno, carbonatación o cloruros, y que las medidas remediales deben considerar la condición del acero y del concreto circundante (ACI 222R-19, 2019).

Cuando exista acero expuesto en una zona pequeña y sin pérdida evidente de sección, puede realizarse limpieza mecánica superficial, aplicación de un recubrimiento anticorrosivo compatible y reposición del recubrimiento con mortero de reparación. En Ecuador, SikaTop Armatec-108 se comercializa como recubrimiento cementico anticorrosivo para proteger acero de refuerzo en hormigón, por lo que puede considerarse como ejemplo de material disponible localmente (SIka Ecuador, 2025).

Tabla 17. Acciones correctivas iniciales para corrosión visible

Condición visual	**Acción inicial**	**Limite del manual**
Mancha leve de oxido sin desprendimiento	Registrar y monitorear	Revisar humedad cercana
Acero apenas visible sin pérdida de sección	Limpieza, pasivador y resane	Intervención menor
Recubrimiento desprendido	Retirar material suelto y proteger acero	Requiere criterio técnico
Acero con pérdida visible de sección	No intervenir solo con resane	Evaluación estructural obligatoria

Corrosión extensa en columnas o vigas	Señal de riesgo	Derivar a especialista

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.11.5 MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL PARA DESPRENDIMIENTOS DE RECUBRIMIENTO

El desprendimiento del recubrimiento puede originarse por corrosión interna del acero, mala adherencia, impactos, humedad o envejecimiento del material. Cuando el desprendimiento es superficial, localizado y no evidencia pérdida estructural, puede retirarse el material suelto, limpiar la zona, proteger el acero si esta expuesto y reponer el volumen con mortero de reparación compatible. Sin embargo, si el desprendimiento afecta elementos principales como columnas, vigas o losas, o si existe acero deteriorado, la reparación debe ser evaluada por un profesional competente (ACI 562, 2021).

Tabla 18. Acciones correctivas iniciales para desprendimientos

Manifestación	**Acción recomendada**	**Observación**
Desprendimiento de pintura o enlucido	Retirar material suelto y resanar acabado	No necesariamente estructural
Desprendimiento superficial de recubrimiento	Limpieza, protección y mortero de reparación	Verificar si hay acero expuesto
Sonido hueco en superficie	Delimitar zona restringida	Puede indicar pérdida de adherencia
Desprendimiento con acero expuesto	Protección del acero y reparación técnica	Evaluar severidad
Desprendimiento extenso	No reparar sin diagnóstico	Requiere especialista

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.12 MATERIALES DISPONIBLES EN ECUADOR PARA MANTENIMIENTO CORRECTIVO INICIAL

Dentro de las consideraciones para el manual de mantenimiento se debe tener en cuenta que no solo depende de la identificación de las patologías, sino también de la disponibilidad real de materiales compatibles con las intervenciones recomendadas. En el contexto ecuatoriano, el mercado de la construcción dispone de sistemas comerciales para reparación superficial, protección anticorrosiva, sellado de fisuras impermeabilización y restauración localizada del concreto.

Teniendo en cuenta que el plan inicial del manual de mantenimiento se basa en evaluación visual, los materiales considerados corresponden a productos orientados a intervenciones de baja y mediana complejidad, excluyendo sistemas de reforzamiento estructural avanzado.

2.12.1 MORTEROS DE REPARACIÓN

Los morteros de reparación son mezclas cementicas formuladas para reponer volumen perdido, corregir desprendimientos localizados y restaurar recubrimientos deteriorados. Su uso es adecuado cuando el daño es superficial o moderado y no comprende la capacidad estructural del elemento. En el Ecuador, una referencia comercial ampliamente disponible es Sika MonoTop, sistema de mortero de reparación de cemento para resanes estructurales y no estructurales (Sika Ecuador, 2025).

2.12.2 PROTECCIÓN ANTICORROSIVA

Cuando existe exposición localizada del acero de refuerzo sin pérdida severa de sección, puede aplicarse protección anticorrosiva previa al resane.

Productos disponibles y recomendados:

- SikaTop Armatec-108

Usos:

- Protección anticorrosiva
- Puente de adherencia
- Reparación localizada

2.12.3 IMPERMEABILIZANTE

En Ecuador existen diversos sistemas de impermeabilización utilizados para el control de humedad y filtraciones en edificaciones de hormigón armado. Entre los más comunes se encuentran los impermeabilizantes de cemento, membranas líquidas y selladores elastoméricos, los cuales son comercializados por diferentes fabricantes disponibles en el mercado nacional, como IMPTEK, Sika e Intaco.

Productos comerciales referenciales disponibles en Ecuador:

- Impermeabilizante de cemento
- Membranas líquidas
- Selladores elastoméricos

Estos productos son comercializados por diferentes fabricantes disponibles en Ecuador, entre ellos IMPTEK, Sika e Intaco, los cuales se mencionan únicamente como referencia comercial y no como recomendación exclusiva.

Tabla 19. Materiales comerciales referenciales disponibles en Ecuador

Tipo de material	Aplicación	Ejemplo comercial
Mortero reparación	Resane superficial	Sika MonoTop
Protección anticorrosiva	Acero expuesto	SikaTop Armatec
Sellador flexible	Fisuras superficiales	Sikaflex
Impermeabilizante	Humedad y filtraciones	IMPTEK / Sika
Pintura protectora	Protección superficial	Recubrimientos acrílicos

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.13 NORMATIVA APLICABLE

Dentro del desarrollo del manual se contemplará el respaldo normativo nacional e internacional que garantice la coherencia técnica en evaluación, mantenimiento y criterios de intervención para las patologías.

2.13.1 NORMATIVA ECUATORIANA

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)

La norma ecuatoriana de la construcción NEC constituye el principal marco normativo ecuatoriano aplicable al diseño y evaluación de edificaciones.

NEC-SE-HM

Hormigón armado

Aplicación:

- Criterios del material
- Durabilidad
- Diseño general

NEC-SE-DS

Diseño sismorresistente

Aplicación:

- Contexto sísmico en Quito
- Vulnerabilidad estructural
- Importancia del mantenimiento

2.13.2 NORMATIVA INTERNACIONAL

ACI 201.1R-08

Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete in Serve.

Aplicación:

- Inspección visual
- Observación del deterioro
- Registro de daños

ACI 224R-01

Control de fisuración.

Aplicación:

- Fisuras
- Causas
- Evaluación

ACI 222R-19

Corrosión del acero.

Aplicación:

- Corrosión visible
- Protección
- Deterioro

ACI 562-21

Evaluación y rehabilitación.

Aplicación:

- Criterios de intervención
- Cuando derivar
- Seguridad estructural

Tabla 20. Resumen de normativa aplicable al desarrollo del manual

Norma	**Aplicación**
NEC -SE-HM	Hormigón armado
NEC-SE-DS	Contexto sísmico
ACI201.1R	Inspección visual
ACI 224R	Fisuración
ACI 222R	Corrosión
ACI 562	Evaluación de estructuras existentes

Fuente: Elaboración propia (2026).

2.14 FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA DEL MANUAL PROPUESTO

El desarrollo de un manual general de mantenimiento para edificaciones de hormigón armado se fundamenta en la necesidad de disponer de una herramienta práctica, técnicamente

sustentada y aplicable en contextos donde no siempre existe acceso inmediato a evaluaciones estructurales especializadas.

En Ecuador, particularmente en zonas urbanas como Quito, la coexistencia de edificaciones formales, viviendas autoconstruidas y estructuras con mantenimiento reactivo incrementa la necesidad de mecanismos accesibles de inspección y diagnóstico preliminar.

La evaluación visual constituye una metodología viable porque permite identificar manifestaciones externas de deterioro de forma rápida, económica y no destructiva. Aunque no sustituye evaluaciones especializadas, sí permite detectar señales tempranas que orienten acciones correctivas iniciales o derivaciones técnicas oportunas (ACI 562, 2021).

El carácter general del manual permite su aplicación en una amplia variedad de edificaciones de hormigón armado, mientras que el plan piloto en Quito permitirá validar su aplicabilidad en un entorno urbano con condiciones sísmicas, climáticas y constructivas representativas del contexto ecuatoriano. Además, el enfoque en materiales y herramientas disponibles en el mercado nacional garantiza la factibilidad práctica de implementación.

Finalmente, la propuesta integra criterios normativos, fundamentos de patología estructural y procedimientos simplificados de inspección visual, constituyéndose como un instrumento técnico de apoyo para mantenimiento correctivo inicial.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación adopta un enfoque cualitativo con orientación aplicada, debido a que se centra en el análisis técnico de patologías visibles en edificaciones de hormigón armado y en el desarrollo de una propuesta práctica de mantenimiento correctivo mediante un manual general aplicable en condiciones reales.

El enfoque cualitativo resulta adecuado porque permite interpretar visualmente el estado de conservación de las edificaciones a partir de observaciones directas, registros fotográficos y criterios técnicos de evaluación estructural preliminar, sin depender de mediciones instrumentales complejas o ensayos destructivos. Asimismo, el carácter aplicado de la investigación se justifica porque el propósito principal no es únicamente generar conocimiento teórico, sino desarrollar una herramienta técnica utilizable para apoyar procesos de mantenimiento inicial en edificaciones de hormigón armado.

Hernández Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018) mencionan, la investigación aplicada busca resolver problemas concretos mediante el uso del conocimiento científico, mientras que el enfoque cualitativo permite comprender fenómenos a partir de observación, interpretación y análisis contextual.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se clasifica como aplicada, descriptiva, documental y de campo.

Investigación aplicada

Es aplicada porque se orienta al desarrollo de un manual técnico general de mantenimiento correctivo que pueda emplearse como herramienta práctica para la identificación y tratamiento inicial de patologías visibles en edificaciones de hormigón armado.

Investigación descriptiva

Es descriptiva porque busca identificar, caracterizar y clasificar visualmente las patologías observables presentes en edificaciones existentes, así como describir sus manifestaciones, severidad y posibles acciones correctivas iniciales.

Investigación documental

Corresponde a investigación documental porque se fundamenta en el análisis de normas técnicas, artículos científicos, tesis académicas, manuales de inspección y documentos especializados relacionados con patologías estructurales, mantenimiento y evaluación visual.

Fuentes para la información:

- **ACI (American Concrete Institute):** Organismo internacional que desarrolla normas, guías técnicas y recomendaciones para el diseño, evaluación, mantenimiento y reparación de estructuras de hormigón armado.
- **NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción):** Conjunto de disposiciones técnicas oficiales del Ecuador que regulan aspectos relacionados con diseño estructural, seguridad, construcción y desempeño de edificaciones.
- **FHWA (Federal Highway Administration):** Agencia del Departamento de Transporte de los Estados Unidos que publica manuales técnicos y documentos de referencia sobre inspección, evaluación y mantenimiento de infraestructura civil.

- **Tesis ecuatorianas:** investigaciones académicas desarrolladas en universidades nacionales relacionadas con patologías estructurales, mantenimiento de edificaciones y evaluación visual.
- **Artículos científicos:** Publicaciones especializadas indexadas que aportan evidencia técnica y criterios actualizados sobre deterioro, inspección y conservación de estructuras de hormigón armado.

Investigación de campo

Se considera de campo porque el manual será aplicado mediante observación directa en dos edificaciones reales ubicadas en la ciudad de Quito, utilizando la metodología propuesta, que se basa en el uso de registro fotográfico y fichas de inspección visual como instrumentos de levantamiento de información (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es no experimental, debido a que no se manipulan variables ni se alteran deliberadamente las condiciones naturales de las edificaciones evaluadas. La investigación se desarrolla mediante observación directa de patologías visibles existentes en estructuras de hormigón armado, registrando sus características sin intervenir experimentalmente sobre su comportamiento estructural. Este diseño es coherente con el enfoque metodológico adoptado, ya que la finalidad es analizar condiciones reales y desarrollar una propuesta técnica de mantenimiento basada en dichas observaciones (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.4 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método principal corresponde al método analítico-observacional, complementado con revisión documental técnica. El componente observacional se desarrolla mediante inspección

visual estructurada de edificaciones existentes, identificando manifestaciones visibles de deterioro como fisuras, humedad, corrosión, desprendimientos y deformaciones aparentes.

El componente analítico permite interpretar técnicamente las observaciones realizadas, clasificarlas según criterios de severidad y relacionarlas con procedimientos de mantenimiento correctivo inicial. Además, la revisión documental proporciona sustento normativo y técnico para la estructuración del manual.

3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

Debido a la naturaleza aplicada de la investigación, la población de referencia corresponde a edificaciones de hormigón armado susceptibles de presentar patologías visibles asociadas a procesos de deterioro o mantenimiento insuficiente. Esta población se considera de manera conceptual, ya que el objetivo principal de la investigación no consiste en realizar una caracterización estadística de edificaciones, sino en desarrollar un manual general de mantenimiento basado en evaluación visual.

Muestra

Para la aplicación del plan piloto y validación práctica del manual se seleccionaron dos edificaciones de hormigón armado ubicadas en la ciudad de Quito mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. La selección respondió a criterios de accesibilidad, disponibilidad de información visual, presencia de patologías observables y en representación de contextos habitacionales distintos.

El primer caso corresponde a una vivienda unifamiliar con crecimiento progresivo ubicada en el sector del Valle de los Chillos, mientras que el segundo caso corresponde a una edificación

multifamiliar localizada en el sector de Carcelén. La utilización de ambos casos permite evaluar la aplicabilidad del manual en escenarios reales con características constructivas diferentes.

La selección corresponde a los siguientes criterios:

- Disponibilidad de acceso para inspección visual
- Existencia de registro fotográfico
- Presencia de patologías visibles
- Representatividad de condiciones urbanas reales
- Factibilidad de aplicación del manual

La utilización de dos casos piloto permite validar de forma comparativa la aplicabilidad práctica del manual sin ampliar excesivamente el alcance de la investigación (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se utilizarán las siguientes técnicas:

- **Observación visual directa**

Permite identificar patologías visibles mediante recorrido técnico estructurado.

- **Registro fotográfico**

Documenta visualmente cada hallazgo.

- **Revisión documental**

Permite fundamentar técnica y normativamente el manual.

Instrumentos

- **Ficha técnica de inspección visual**

Permitirá registrar:

- Identificación de la edificación
- Ubicación
- Elemento inspeccionado
- Tipo de patología
- Severidad
- Descripción
- Recomendación

- **Checklist de patologías**

Herramienta rápida de verificación.

- **Registro fotográfico**

Evidencia visual del estado estructural.

3.7 VALIDACIÓN DEL MANUAL

La validación del manual se realizará mediante validación práctica y técnica conceptual.

Validación práctica

Aplicación en dos casos piloto reales.

Validación por expertos

Revisión técnica por profesionales del área estructural o mantenimiento.

Aspectos evaluables:

- Claridad
- Aplicabilidad
- Pertinencia técnica
- Coherencia metodológica

3.8 CONSIDERACIONES ÉTICAS Y LIMITACIONES

La investigación no contempla intervenciones destructivas ni procedimientos invasivos.

Se utilizará información técnica verificable y observación visual directa.

Las limitaciones principales incluyen:

- Dependencia de evidencia visible
- Imposibilidad de detectar daños internos
- Muestra reducida
- Dependencia del criterio técnico observacional

CAPÍTULO 4

4. DESARROLLO DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO

4.1 INTRODUCCIÓN AL MANUAL

El presente capítulo desarrolla el producto técnico central de la investigación, un manual general de mantenimiento correctivo inicial para edificaciones de hormigón armado basado en evaluación visual, concebido como una herramienta práctica de apoyo para la identificación, clasificación y tratamiento preliminar de patologías visibles.

La propuesta surge como respuesta a la necesidad de contar con instrumentos accesibles que permitan orientar procesos de mantenimiento en edificaciones existentes, especialmente en contextos donde no siempre es posible disponer de evaluaciones estructurales especializadas inmediatas. En ciudades como Quito, donde convergen edificaciones formales, estructuras con mantenimiento reactivo y construcciones progresivas, resulta pertinente disponer de mecanismos técnicos simplificados que permitan reconocer tempranamente signos visibles de deterioro.

El manual desarrollado no sustituye estudios estructurales especializados ni procedimientos instrumentales avanzados; su propósito consiste en facilitar la detección preliminar de daños visibles y orientar acciones de mantenimiento correctivo inicial dentro de un marco técnicamente fundamentado. Su estructura se apoya en criterios de inspección visual del concreto en servicio y principios de evaluación de estructuras existentes establecidos por normativa técnica internacional (ACI 562, 2021).

De esta manera, como parte del proceso metodológico, el manual será validado mediante aplicación piloto en dos edificaciones reales ubicadas en la ciudad de Quito, utilizando observación visual y registro fotográfico previamente disponible.

4.2 ESTRUCTURA GENERAL DEL MANUAL

El manual propuesto ha sido estructurado como una herramienta técnica de consulta práctica, organizada de manera secuencial para facilitar su aplicación en procesos de inspección visual y mantenimiento correctivo inicial.

Su estructura integra criterios de identificación de patologías visibles, clasificación de severidad, procedimientos de observación, instrumentos de registro y recomendaciones básicas de intervención compatibles con el alcance metodológico de la presente investigación.

La organización del manual responde a principios de sistematización técnica utilizados en procesos de inspección visual de estructuras existentes, adaptados al contexto de edificaciones de hormigón armado y al enfoque de mantenimiento correctivo preliminar.

Tabla 21. Estructura general del manual propuesto

Sección del manual	**Contenido**
Presentación	Descripción general del manual
Objetivo	Finalidad técnica del instrumento
Alcance	Limitaciones y campo de aplicación
Usuarios	Publico objetivo
Procedimiento de inspección	Metodología de evaluación visual
Clasificación de patologías	Tipificación de daños visibles
Criterios de severidad	Clasificación de riesgo visual
Fichas técnicas	Registro y evaluación de hallazgos
Acciones correctivas iniciales	Recomendaciones de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia (2026).

4.3 OBJETIVO DEL MANUAL

4.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un manual técnico general de mantenimiento correctivo inicial para edificaciones de hormigón armado, basado en evaluación visual, permitiendo la identificación, clasificación y orientación del tratamiento preliminar de patologías visibles, contribuyendo a la conservación funcional y preventiva de las estructuras.

4.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL MANUAL

- Establecer criterios técnicos para la identificación visual de patologías frecuentes en estructuras de hormigón armado.
- Definir un procedimiento sistemático de inspección visual aplicable en edificaciones existentes.
- Proporcionar instrumentos de registro técnico para documentar hallazgos observados durante la inspección.
- Clasificar patologías visibles según niveles de severidad y prioridad de intervención.
- Proponer acciones correctivas iniciales compatibles con el alcance del mantenimiento visual preliminar.
- Facilitar la aplicación práctica del manual mediante validación en edificaciones piloto.

4.4 ALCANCE DEL MANUAL

El manual desarrollado posee alcance general para edificaciones de hormigón armado, orientado a apoyar procesos de mantenimiento correctivo inicial mediante inspección visual.

Su aplicación se dirige a estructuras existentes donde sea posible identificar manifestaciones visibles de deterioro, como fisuras, grietas, humedad, eflorescencias, corrosión aparente, desprendimientos o deformaciones perceptibles.

Como parte de la presente investigación, la validación práctica del manual se desarrollará mediante aplicación piloto en dos edificaciones localizadas en la ciudad de Quito; sin embargo, su concepción metodológica permite adaptación a otras edificaciones de hormigón armado con características similares.

El manual se limita a procesos de observación visual y mantenimiento correctivo preliminar, por lo que no incluye:

- Análisis estructural detallado
- Ensayos destructivos
- Ensayos no destructivos instrumentales
- Cálculo estructural
- Diseño de reforzamiento
- Rehabilitación estructural mayor
- Intervenciones sísmicas especializadas

Cuando los daños observados superen el alcance definido; por ejemplo, presencia de deformaciones importantes, grietas estructurales severas, pérdida significativa de sección del acero o evidencia de compromiso estructural, esto deberá recurrirse a evaluación profesional especializada conforme a criterios establecidos por normativa técnica aplicable (ACI 562, 2021).

4.5 USUARIOS DEL MANUAL

El manual ha sido concebido como una herramienta de apoyo técnico orientada a usuarios que participen en procesos de observación, mantenimiento o gestión de edificaciones de hormigón armado. Su lenguaje y estructura buscan mantener equilibrio entre accesibilidad práctica y rigor técnico, permitiendo su utilización en procesos preliminares de inspección.

Usuarios potenciales

- **Técnicos de mantenimiento**

Encargados de inspección básica y mantenimiento preventivo/correctivo inicial.

- **Administradores de edificaciones**

Responsables de gestión operativa de inmuebles.

- **Propietarios asistidos por personal técnico**

Propietarios que cuenten con el apoyo de técnicos de mantenimiento, maestros de obra, tecnólogos o profesionales de la construcción para realizar inspecciones visuales preliminares y tomar decisiones básicas de mantenimiento antes de requerir una evaluación especializada.

- **Ingenieros civiles**

Como herramienta de apoyo para inspección inicial.

- **Supervisores de mantenimiento**

Apoyo en priorización de intervenciones.

- **Restricción importante**

El manual no debe utilizarse como sustituto de evaluación estructural profesional cuando existan daños severos o dudas sobre seguridad estructural.

4.6 PROCEDIMIENTO GENERAL DE INSPECCIÓN VISUAL

El procedimiento general de inspección visual constituye el proceso operativo central del manual propuesto, permitiendo identificar, registrar y clasificar patologías visibles presentes en edificaciones de hormigón armado.

De acuerdo con el ACI 201.1R-08, la inspección visual del concreto en servicio debe desarrollarse mediante observación sistemática, registro técnico y evaluación de manifestaciones visibles de deterioro, con el fin de establecer condiciones generales del elemento inspeccionado (ACI 201.1R-08, 2008).

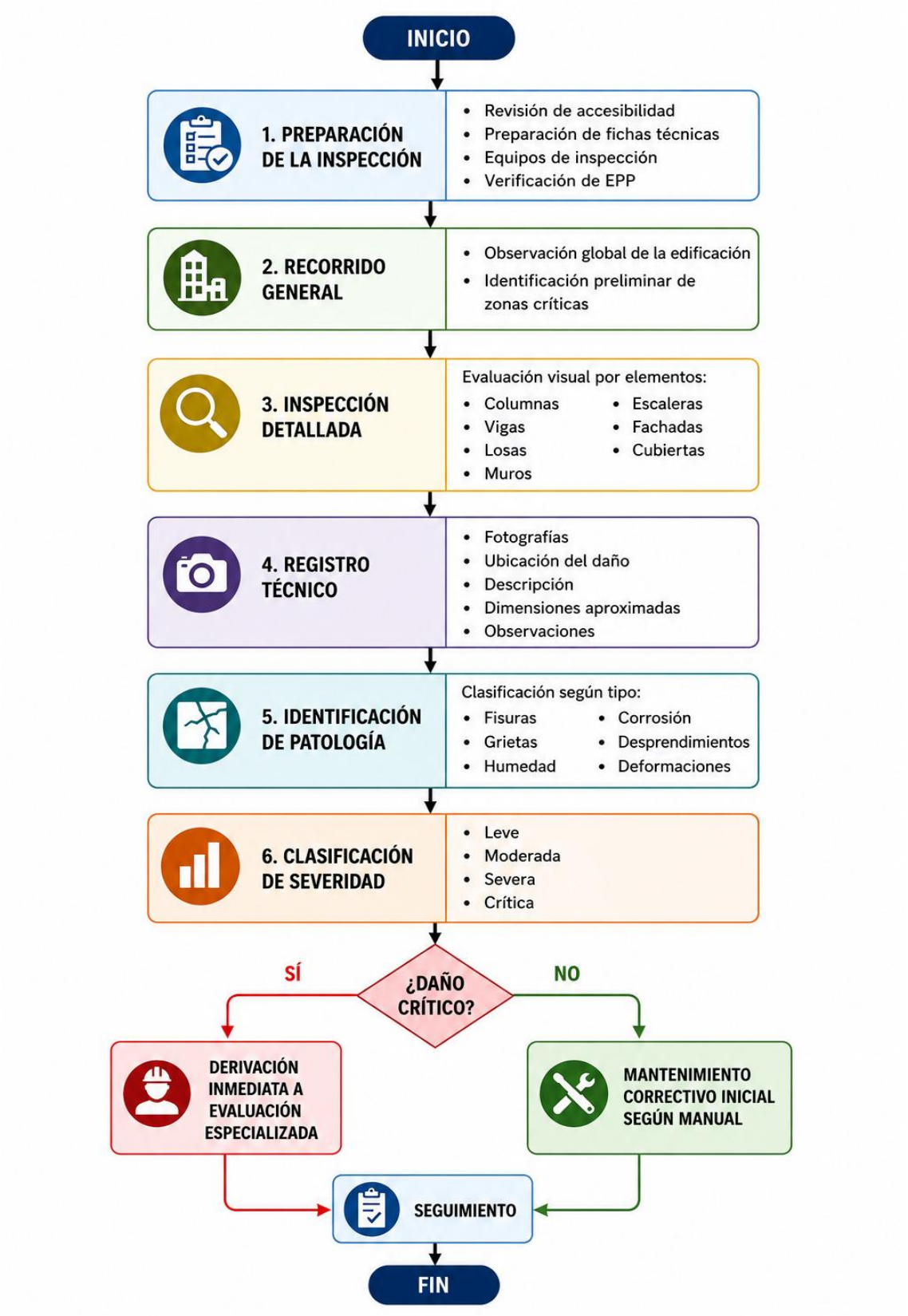
El procedimiento planteado para el manual se estructura en seis etapas detalladas a continuación:

Tabla 22. Procedimiento general de inspección visual

Etapa	**Actividad**	**Resultado esperado**
1	Preparación de inspección	Equipo, fichas y planificación
2	Recorrido general	Identificación preliminar de daños
3	Inspección por elementos	Detección específica de patologías
4	Registro técnico	Evidencia documentada
5	Clasificación	Nivel de severidad
6	Acción recomendada	Definición de mantenimiento inicial o derivación a evaluación técnica especializada

Fuente: Elaboración propia (2026).

Figura 2. Flujograma del procedimiento de inspección visual



Fuente: Elaboración propia (2026).

4.7 CLASIFICACIÓN GENERAL DE PATOLOGÍAS VISUALES

El manual considera seis grupos principales de patologías visibles frecuentes en edificaciones de hormigón armado.

Tabla 23. Clasificación general

Código	**Patología**
FT-01	Fisuras
FT-02	Grietas
FT-03	Humedad / filtraciones
FT-04	Corrosión visible
FT-05	Desprendimientos
FT-06	Deformaciones / asentamientos

Fuente: Elaboración propia (2026).

Cada uno de estos ítems será evaluado mediante una ficha técnica especifica.

4.8 FICHAS TÉCNICAS DEL MANUAL

Tabla 24. Ficha técnica para fisuras

FT-01 Fisuras	
Descripción técnica	Discontinuidades lineales finas y generalmente superficiales en el concreto, visibles durante la inspección visual y normalmente asociadas a retracción, cambios térmicos o movimientos menores.
Manifestación visual	- Líneas delgadas

	- Patron superficial - Fisuras longitudinales - Fisuras diagonales finas
Posibles causas	- Retracción del concreto - Cambios térmicos - Variaciones de humedad - Movimientos menores del elemento
Severidad	Leve: <0.3 mm Moderada: 0.3-1.0 mm Severa: 1.0 mm Crítica: si evoluciona rápidamente
Acción correctiva	- Monitoreo - Sellado superficial - Impermeabilización si aplica
Material sugerido	- Sikaflex - Sellador acrílico
Derivación	Si: - Aumenta - Es diagonal estructural - Aparece repetidamente

Fuente: Elaboración propia con base en ACI 224R-01, ACI 201.1R-08 y ACI 562-21.

Tabla 25. Ficha técnica para grietas

FT-02 Grietas	
Descripción	Discontinuidades de mayor abertura o profundidad, claramente visibles durante la inspección, que pueden estar asociadas a movimientos diferenciales, sobrecargas, asentamientos o deterioro progresivo.
Manifestación visual	- Apertura visible a simple vista - Trayectoria continua - Grietas diagonales marcadas - Separación perceptible de superficies
Posibles Causas	- Sobrecarga - Asentamientos diferenciales - Movimientos estructurales - Deterioro progresivo
Severidad	Leve / moderada / severa / crítica
Acción	No reparación superficial directa sin criterio
Derivación	Obligatoria en casos severos

Fuente: Elaboración propia con base en ACI 224R-01, ACI 201.1R-08 y ACI 562-21.

Tabla 26. Ficha técnica para humedad / filtraciones

FT-03 Humedad / Filtraciones	
Descripción	Presencia visible de humedad
Manifestaciones	- Manchas - Moho - Pintura desprendida - Eflorescencia
Causas	- Filtraciones - Impermeabilización deficiente - Tuberías - Condensación
Acción	- Localizar origen - Impermeabilizar - Corregir fuga
Material	- IMPTEK - Sika impermeabilizantes
Derivación	Si la humedad persiste y afecta la estructura

Fuente: Elaboración propia con base en ACI 224R-01, ACI 201.1R-08 y ACI 562-21.

Tabla 27. Ficha técnica para corrosión visible

FT-04 Corrosión visible	
Descripción	Deterioro del acero de refuerzo
Manifestación	- Manchas óxido - Acero expuesto - Recubrimiento fisurado
Causas	- Humedad - Carbonatación - Cloruros
Acción	- Limpieza - Pasivador - Resane localizado
Material	- SikaTop Armatec - Mortero reparación
Derivación	Si hay pérdida de sección visible

Fuente: Elaboración propia con base en ACI 224R-01, ACI 201.1R-08 y ACI 562-21.

Tabla 28. Ficha técnica para desprendimientos

FT-05 Desprendimientos	
Descripción	Separación del recubrimiento
Manifestación	- Concreto suelto - Huecos - Material caído
Causas	- Corrosión - Impacto - Mala adherencia
Acción	- Delimitar - Limpiar - Resanar
Derivación	Si afecta al elemento principal

Fuente: Elaboración propia con base en ACI 224R-01, ACI 201.1R-08 y ACI 562-21.

Tabla 29. Ficha técnica para deformaciones y asentamientos

FT-06 Deformaciones / Asentamientos	
Descripción	Alteración geométrica visible
Manifestación	- Inclinación - Desnivel - Flecha - Puertas trabadas - Grietas diagonales
Causas	- Asentamiento diferencial - Sobrecarga - Deterioro estructural
Acción	Registro + observación
Derivación	INMEDIATA

Fuente: Elaboración propia con base en ACI 224R-01, ACI 201.1R-08 y ACI 562-21.

4.9 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

Tabla 30. Matriz de decisión

Severidad	**Acción**	**Prioridad**
Leve	Monitoreo	Baja
Moderada	Mantenimiento correctivo	Media
Severa	Intervención técnica	Alta
Critica	Evaluación inmediata	Urgente

Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 31. Relación patología – decisión

Patología	**Acción inicial**
Fisuras	Monitoreo / sellado
Grietas	Evaluación
Humedad	Corregir origen
Corrosión	Protección
Desprendimiento	Reparación localizada
Deformación	Derivación inmediata

Fuente: Elaboración propia (2026).

4.10 APLICACIÓN PILOTO DEL MANUAL

El manual contempla la aplicación del plan piloto para la evaluación de viviendas mediante esta propuesta, por lo que se realizó una inspección visual en dos edificaciones de hormigón armado ubicadas en diferentes sectores de la ciudad de Quito.

La selección de ambos casos responde a criterios de accesibilidad, disponibilidad de registro fotográfico, presencia de patologías visibles y representativas de contextos constructivos diferentes.

El primer caso corresponde a una vivienda unifamiliar con crecimiento progresivo, en cuanto al segundo caso, corresponde a una edificación multifamiliar donde pudieron ser visibles patologías durante la vida útil de la estructura posterior a la entrega.

La aplicación piloto tuvo como finalidad validar el funcionamiento integral del manual propuesto, verificando la coherencia entre sus diferentes componentes y la facilidad de utilización en escenarios reales. Para ello se aplicaron de manera conjunta los instrumentos de inspección visual, los criterios de clasificación, las fichas técnicas de patologías y las recomendaciones de mantenimiento contempladas en el manual.

4.10.1 CASO PILOTO A

Descripción general del caso

El primer caso piloto corresponde a una vivienda unifamiliar de hormigón armado ubicada en el sector del Valle de Los Chillos, en una zona perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito.

Se trata de una edificación de uso residencial, conformada actualmente por dos niveles. Según la información obtenida durante la inspección visual y el levantamiento de antecedentes de la edificación, la vivienda fue originalmente construida como una estructura de un solo piso y posteriormente experimentó una ampliación vertical para incorporar un segundo nivel, como parte de un proceso de crecimiento progresivo de la edificación.

Su antigüedad aproximada corresponde al año 2008, por lo que presenta alrededor de 15–18 años de servicio.

Desde el punto de vista metodológico, este caso resulta relevante porque representa una tipología frecuente dentro del contexto urbano ecuatoriano, donde las edificaciones pueden experimentar modificaciones o ampliaciones posteriores a su propósito inicial.

Objetivo de la aplicación del manual

Aplicar el manual desarrollado para identificar patologías visibles, clasificar su severidad y evaluar la utilidad del procedimiento de inspección visual en una vivienda con crecimiento progresivo.

Patologías observadas

Durante la inspección visual se identificaron las siguientes manifestaciones:

- Fisuras visibles
- Grietas localizadas
- Desprendimientos de recubrimiento
- Tuberías expuestas
- Deterioro superficial de acabados
- Posibles discontinuidades asociadas a ampliaciones

Tabla 32. Patologías evidenciadas en el caso piloto A

Patología	**Elemento observado**	**Severidad estimada**	**Acción propuesta**
Fisuras	Muros / elementos de concreto	Moderada	Monitoreo / sellado
Grietas	Sectores localizados	Severa	Evaluación técnica
Desprendimientos	Recubrimientos	Moderada	Resane localizado
Tuberías expuestas	Instalaciones visibles	Moderada	Corrección / protección
Deterioro superficial	Acabados	Leve	Mantenimiento correctivo

Fuente: Elaboración propia (2026).

Aplicación del manual

El procedimiento de inspección permitió:

- Identificar visualmente patologías frecuentes
- Registrar daños mediante evidencia fotográfica
- Aplicar criterios de severidad
- Definir acciones preliminares

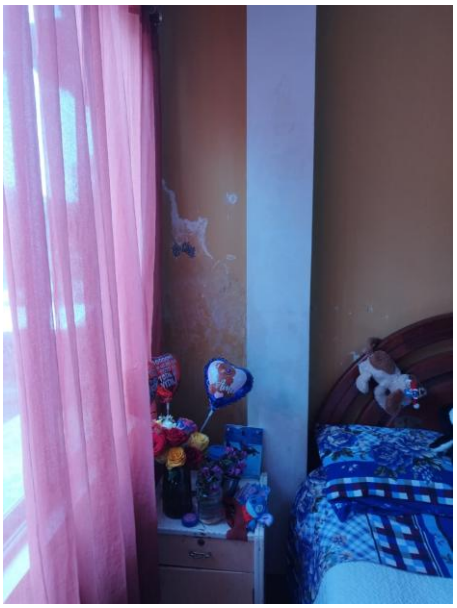
Sin embargo, debido a la presencia de grietas y antecedentes de ampliación vertical, el manual establece derivación técnica especializada para confirmar que no exista afectación estructural mayor.

Ilustración 12. Desprendimiento de material en caso piloto A



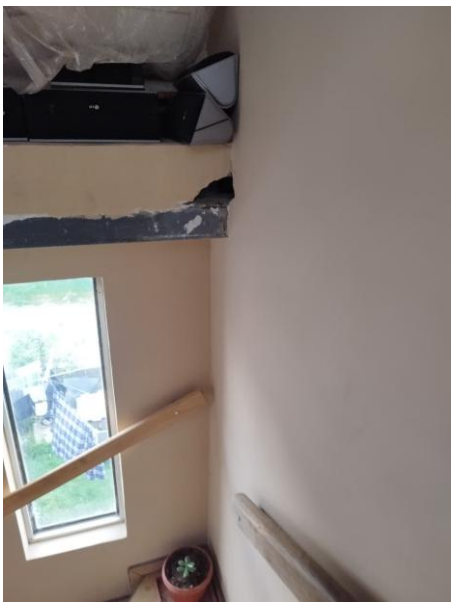
Fuente: Riofrio, C. (2026).

Ilustración 13. Desgaste en muros del caso piloto A



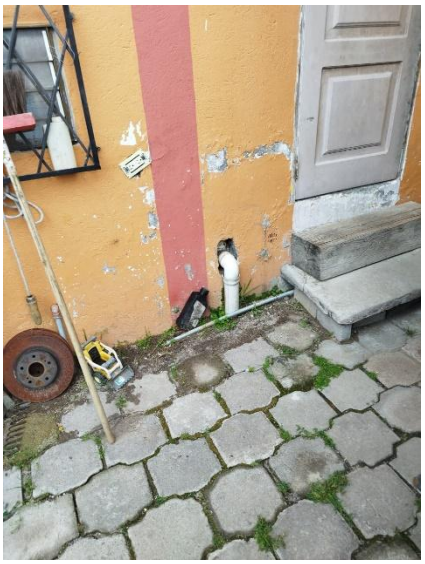
Fuente: Riofrio, C. (2026)

Ilustración 14. Grietas visibles en el caso piloto A



Fuente: Riofrio, C. (2026)

Ilustración 15. Tubería hidrosanitaria visible en la parte frontal de la vivienda del caso piloto A



Fuente: Riofrio, C. (2026)

Ilustración 16. Posibles fisuras aplicadas un correctivo preliminar del caso piloto A.



Fuente: Riofrio, C. (2026)

4.10.2 CASO PILOTO B

Descripción general

El segundo caso piloto corresponde a una edificación multifamiliar ubicada en el sector de Carcelén, en la ciudad de Quito.

La edificación pertenece a un conjunto residencial vertical de aproximadamente ocho a diez niveles, incluyendo subsuelos destinados a estacionamientos y áreas de servicio.

Este caso resulta particularmente relevante porque representa edificaciones formales de vivienda colectiva, donde se realizan inspecciones previas a la entrega de departamentos; sin embargo, con el transcurso del tiempo comienzan a manifestarse deterioros visibles asociados a uso, mantenimiento, humedad o defectos de ejecución.

Objetivo de la aplicación del manual

Evaluar la aplicabilidad del manual en edificaciones multifamiliares verticales con patologías visibles post-ocupación.

Patologías observadas

Durante la observación se identificaron:

- Humedades
- Moho
- Fisuras
- Grietas
- Fallas en tuberías
- Problemas en ventanas
- Deterioros en acabados

Tabla 33. Patologías evidenciadas en el caso piloto B

Patología	**Área observada**	**Severidad estimada**	**Acción propuesta**
Humedad	Muros interiores	Moderada	Corrección de origen
Moho	Ambientes cerrados	Moderada	Limpieza / ventilación
Fisuras	Muros/ acabados	Leve – moderada	Sellado / monitoreo
Grietas	Sectores localizados	Moderada	Evaluación técnica
Problemas tuberías	Instalaciones	Moderada	Reparación
Problemas en ventanas	Cerramientos	Leve	Ajuste correctivo

Fuente: Elaboración propia (2026).

Aplicación del manual

La aplicación permitió verificar que el manual es funcional también en edificaciones multifamiliares, especialmente para patologías relacionadas con:

- Humedad
- Filtraciones
- Acabados
- Fisuración superficial

Se observó buena aplicabilidad de fichas técnicas y criterios de clasificación.

Ilustración 17. Picado en muros por falla en tuberías del caso piloto B



Fuente: Riofrio, C. (2026)

Ilustración 18. Humedad en el interior de los departamentos del caso piloto B



Fuente: Riofrio, C. (2026)

Ilustración 19. Fallas en el alfeizar de ventana del caso piloto B



Fuente: Riofrio, C. (2026)

Ilustración 20. Problemas de moho por humedad en techo del caso piloto B



Fuente: Riofrio, C. (2026)

Ilustración 21. Fisura con resane aplicado en pared del caso piloto B



Fuente: Riofrio, C. (2026)

Ilustración 22. Grieta pronunciada en bordillo de balcón del caso piloto B



Fuente: Riofrio, C. (2026)

Ilustración 23. Desgaste de pintura en pared debido a problemas de humedad en caso piloto B



Fuente: Riofrio, C. (2026)

4.11 VALIDACIÓN TÉCNICA DEL MANUAL

La validación del manual se desarrolló mediante un proceso de validación práctica y técnica conceptual. La validación práctica se realizó a través de la aplicación del manual en dos casos piloto de edificaciones de hormigón armado ubicadas en la ciudad de Quito, mientras que la validación técnica conceptual consistió en verificar la coherencia entre los procedimientos, criterios de clasificación, fichas técnicas y acciones correctivas propuestas, tomando como referencia la normativa y literatura técnica consultada.

Validación práctica

Se realizó mediante aplicación piloto en dos casos reales con características diferentes.

Resultados:

- Aplicabilidad satisfactoria
- Facilidad de uso
- Compatibilidad con evaluación visual
- Utilidad para clasificación inicial

Validación técnica conceptual

El manual fue estructurado conforme a:

- ACI 201.1R
- ACI 562
- NEC
- Criterios de patología estructural

Lo cual fortalece su consistencia técnica.

4.12 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos evidencian que el manual desarrollado constituye una herramienta técnicamente viable para la identificación preliminar de patologías visibles en edificaciones de hormigón armado.

La aplicación piloto demostró que el procedimiento puede adaptarse tanto a viviendas con crecimiento progresivo como a edificaciones multifamiliares formales.

Entre sus fortalezas destacan:

- Facilidad de aplicación
- Bajo costo
- Compatibilidad con observación visual
- Sistematización del diagnóstico

Las principales limitaciones corresponden a:

- Incapacidad para detectar daños internos
- Dependencia del criterio del evaluador
- Necesidad de derivación en casos severos

4.13 RESULTADO PARA EL MANUAL CONSOLIDADO FINAL

Como resultado del proceso investigativo desarrollado, se obtuvo como producto principal un Manual General de Mantenimiento Correctivo Inicial para Edificaciones de Hormigón Armado Basado en Evaluación Visual, concebido como una herramienta técnica práctica orientada a la identificación, clasificación y atención preliminar de patologías visibles presentes en estructuras existentes.

El manual representa el aporte aplicado central de la presente investigación, integrando fundamentos técnicos de patología estructural, criterios normativos de evaluación visual, procedimientos sistematizados de inspección y lineamientos básicos de mantenimiento correctivo inicial.

Su formulación responde a la necesidad de contar con instrumentos técnicamente sustentados, pero operativamente accesibles, capaces de orientar procesos preliminares de mantenimiento en edificaciones donde no siempre se dispone de evaluación estructural especializada inmediata.

A diferencia de metodologías centradas exclusivamente en diagnóstico estructural avanzado o ensayos instrumentales, el manual desarrollado prioriza un enfoque práctico de observación visual sistemática, permitiendo detectar manifestaciones visibles de deterioro y orientar decisiones iniciales de intervención dentro de límites metodológicos claramente establecidos.

4.13.1 DENOMINACIÓN DEL MANUAL TÉCNICO

Manual general de mantenimiento correctivo inicial para edificaciones de hormigón armado basado en evaluación visual

4.13.2 APORTE TÉCNICO DE LA INVESTIGACIÓN

El aporte principal de la presente investigación consiste en transformar criterios técnicos de inspección visual y mantenimiento estructural en una herramienta práctica de aplicación sistematizada.

Desde el punto de vista técnico, el manual permite:

- Estandarizar procesos básicos de inspección visual;
- Facilitar la identificación de patologías visibles frecuentes en edificaciones de hormigón armado;
- Clasificar daños según criterios de severidad;
- Orientar decisiones preliminares de mantenimiento correctivo inicial;
- Establecer criterios de derivación hacia evaluación especializada cuando las condiciones observadas excedan el alcance definido.

Este aporte adquiere especial relevancia debido a que muchas decisiones de mantenimiento en edificaciones existentes suelen ejecutarse de manera reactiva, empírica o sin procedimientos técnicos estructurados, lo que incrementa el riesgo de intervenciones inadecuadas.

En este sentido, el manual constituye un instrumento de apoyo para promover prácticas más organizadas de observación, registro y respuesta preliminar ante manifestaciones visibles de deterioro.

4.13.3 APLICABILIDAD DENTRO DEL CONTEXTO ECUATORIANO

La aplicabilidad del manual resulta especialmente pertinente dentro del contexto ecuatoriano, considerando la diversidad de condiciones constructivas existentes, la presencia de

edificaciones con procesos de ampliación progresiva, la coexistencia de vivienda unifamiliar y edificaciones multifamiliares, así como la necesidad de fortalecer prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo inicial.

En ciudades como Quito, donde confluyen condiciones sísmicas relevantes, variaciones ambientales, exposición a humedad y procesos de envejecimiento constructivo, la observación sistemática de patologías visibles constituye una herramienta útil para la detección temprana de deterioros.

Además, la selección de materiales, herramientas y criterios de mantenimiento considerados en el manual fue planteada considerando disponibilidad real en el mercado ecuatoriano, lo que fortalece su factibilidad de aplicación práctica.

La validación piloto desarrollada mediante dos casos con características constructivas distintas permitió evidenciar que el manual puede adaptarse tanto a edificaciones residenciales de crecimiento progresivo como a edificaciones multifamiliares verticales con manifestaciones patológicas posteriores a su ocupación.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La presente investigación permitió desarrollar un manual general de mantenimiento correctivo inicial para edificaciones de hormigón armado basado en evaluación visual, concebido como una herramienta práctica orientada a la identificación, clasificación y atención preliminar de patologías visibles en estructuras existentes. El producto desarrollado respondió al objetivo general planteado, al integrar criterios técnicos,

procedimientos sistematizados de inspección visual y lineamientos de mantenimiento compatibles con el alcance metodológico definido.

- A partir de la revisión técnica y la aplicación práctica realizada, se evidenció que las patologías visuales más recurrentes en edificaciones de hormigón armado corresponden principalmente a fisuras, grietas, humedades, filtraciones, corrosión visible, desprendimientos y deformaciones aparentes. Estas manifestaciones constituyen indicadores tempranos del deterioro constructivo y, cuando no son atendidas oportunamente, pueden evolucionar hacia condiciones más complejas que comprometan funcionalidad, durabilidad o seguridad.
- El análisis documental permitió establecer que la evaluación visual constituye una metodología técnicamente válida como herramienta preliminar de diagnóstico, especialmente cuando se aplica dentro de límites claramente definidos. La revisión de normativa internacional, criterios técnicos de patología estructural y documentación especializada permitió sustentar el desarrollo del manual con bases metodológicas coherentes, garantizando que su aplicación mantenga criterio técnico aun dentro de un enfoque simplificado.
- La aplicación piloto desarrollada en dos edificaciones con características constructivas diferentes permitió verificar la funcionalidad práctica del manual en escenarios reales. El caso correspondiente a vivienda con crecimiento progresivo y el caso asociado a edificación multifamiliar evidenciaron que el procedimiento de inspección visual, las fichas técnicas y la matriz de priorización permiten organizar de manera efectiva el proceso de observación, clasificación y orientación inicial del mantenimiento.
- Se determinó que, aunque el manual resulta útil como herramienta de apoyo para mantenimiento correctivo inicial, su alcance debe mantenerse estrictamente dentro del marco de evaluación visual. La metodología no permite detectar daños internos,

pérdidas reales de capacidad resistente ni condiciones estructurales ocultas, por lo que en presencia de patologías severas o signos de compromiso estructural resulta indispensable recurrir a evaluación profesional especializada.

- Dentro del contexto ecuatoriano, el manual presenta aplicabilidad relevante debido a la diversidad de condiciones constructivas existentes, la presencia de edificaciones con mantenimiento reactivo, procesos de ampliación progresiva y exposición a condiciones ambientales y sísmicas que favorecen el deterioro estructural. En este sentido, la investigación aporta una herramienta práctica con potencial de utilidad en procesos preliminares de mantenimiento y observación técnica.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el manual desarrollado sea utilizado como herramienta de apoyo para procesos preliminares de inspección visual y mantenimiento correctivo inicial, especialmente en edificaciones donde se requiera organizar técnicamente la identificación de patologías visibles antes de ejecutar intervenciones.
- Cuando durante la aplicación del manual se identifiquen grietas estructurales, deformaciones importantes, corrosión avanzada, asentamientos visibles o daños asociados a posibles afectaciones estructurales, deberá suspenderse cualquier intervención correctiva básica y solicitarse evaluación especializada por parte de profesionales competentes.
- Se recomienda implementar procesos periódicos de inspección visual en edificaciones de hormigón armado, ya que la detección temprana de deterioros permite reducir costos de intervención, mejorar condiciones de conservación y disminuir la probabilidad de evolución hacia daños más severos.
- Para investigaciones futuras, se sugiere complementar el manual desarrollado mediante integración de ensayos no destructivos, metodologías de evaluación instrumental o

procedimientos de diagnóstico estructural avanzado, con el fin de ampliar su capacidad de análisis técnico.

- Se recomienda ampliar la validación del manual mediante aplicación en un mayor número de edificaciones con diferentes tipologías constructivas, antigüedades y condiciones de exposición, con el propósito de fortalecer su adaptabilidad y robustez metodológica.
- Considerando las características del entorno ecuatoriano, se recomienda promover una cultura de mantenimiento planificado en edificaciones residenciales, priorizando acciones preventivas y correctivas tempranas frente a prácticas de intervención únicamente reactiva.

6. BIBLIOGRAFÍA

ACI 201.1R-08. (julio de 2008). *Guide for Conducting a Visual Inspeccion of Concrete in Service*. Obtenido de https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/201.1R-08_preview.pdf

ACI 222R-19. (abril de 2019). *Guide to Protection of Reinforcing Steel in Concrete against Corrosion* . Obtenido de https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/222R-19_preview.pdf

ACI 562. (2021). *ACI CODE 562* . Obtenido de Assesment, Repair, and Rehanilitation of Existing Concrete Structures: https://www.concrete.org/tools/concreterepairportal/562repaircodeportal.aspx

ACI PRC - 201. (2023). *American Concrete Institute*. Obtenido de Durable Concrete Guide: https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/201.2-23_preview.pdf

ACI PRC-224-01. (2002). *Control of Cracking in Concrete Structures*. Obtenido de https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=22401&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_AND_METRIC

American Concrete Institute ACI 222R. (2019). *Guide to Protection of Reinforcing Steel in Concrete Against Corrosion*. Obtenido de https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=CEU22219&Format=ONLINE_LEARNING&Language=English&Units=US_Units

Banco Interamericano de Desarrollo. (22 de mayo de 2019). Obtenido de Ecuador reducirá el déficit de vivienda con apoyo del BID: https://www.iadb.org/es/noticias/ecuador-reducira-el-deficit-de-vivienda-con-apoyo-del-bid

Darwin, D., Dolan, C. W., & Nilson, A. H. (2016). *Design of Concrete Structures.* Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/102845595/DesingofConcreteStructures-libre.pdf?1685529422=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDESIGN_of_CONCRETE_STRUCTURES_Fifteenth.pdf&Expires=1779062999&Signature=dMSE~ZZW~O0VLNyCyOGkXGaPFnnPydxGHwQ

Helene, P. (1992). *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.* Obtenido de https://repositorio.usp.br/directbitstream/ca0d988a-327b-4e5a-b4b8-b70194713076/Helene-1992-manual.pdf

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Obtenido de https://artes.upn.edu.co/wp-content/uploads/2024/11/METODOLOGIA-DE-LA-INVESTIGACION-Sampieri-Mendoza-2018.pdf

Imptek. (2026). *Impermeabilización, aislamiento y humedad*. Obtenido de https://www.imptekcorp.com/profesionales-de-la-construccion/#sobre-imptek

Ipiales Aguirre, M. R. (agosto de 2015). *UIDE*. Obtenido de Guía de Evaluación de Estructuras de Hormigón Armado y procedimientos de ensayos no destructivos, previo a su intervención y reparación.: http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2205

Ministerio del Trabajo. (2022). *Guía básica de prevención de riesgos laborales en la construcción* . Obtenido de https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/Guia-basica-de-prevencion-de-riesgos-laborales-en-la-construccion.pdf

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (diciembre de 2014). *NEC*. Obtenido de Estructuras de hormigón armado: https://www.mit.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion/

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC. (diciembre de 2014). *Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras.* Obtenido de https://www.mit.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2026/03/3.-NEC-SE-RE-Riesgo-sismico-evaluacion-rehabilitacion-de-estructuras.pdf

ONU hábitat. (2020). *The Value of sustainable urbanization*. Obtenido de https://unhabitat.org/wcr/2020

Rossow, M. P. (2012). *FHWA Bridge Inspector's Manual Section 2.2 - Bridge Materials (Concrete)*. Obtenido de https://pdhonline.com/courses/c474/FHWA%20Bridge%20Inspector%27s%20Manual%20Section%202.2-Bridge%20Materials%20%28Concrete%29.pdf

Sika Ecuador. (2025). *SikaRep* . Obtenido de Mortero de reparación del hormigón: https://ecu.sika.com/es/construccion/impermeabilizacion/impermeabilizacionparazonasexteriores/cubiertas-ajardinadas/morteros/sikarep-ec.html

SIka Ecuador. (2025). *SikaTop Armatec - 108*. Obtenido de https://ecu.sika.com/es/construccion/rehabiltacion-deestructuras/reparacion-y-protecciondeestructuras/sikatop-armatec-108.html

Sotomayor, C. (marzo de 2020). *ENTENDIENDO A LAS FISURAS Y GRIETAS EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO.* Obtenido de https://consultcreto.com/wp-content/uploads/2024/12/ENTENDIENDO-A-LAS-FISURAS-Y-GRIETAS-EN-LAS-ESTRUCTURAS-DE-CONCRETO.pdf

WORLD BANK GROUP. (5 de octubre de 2023). Obtenido de World Bank Approves Inclusive and Resilient Urban Housing and Infrastructure Project in Ecuador: https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/10/05/el-banco-mundial-aprobo-proyecto-para-vivienda-e-infraestructura-urbana-inclusiva-y-resiliente-en-ecuador