



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**

TEMA

**“ANÁLISIS DE DAÑOS PRESENTES CAUSADOS POR EL SISMO 2016
EN LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO MUNICIPAL DE
ESMERALDAS”**

TUTOR

MSC. ING. JULY ROXANA HERRERA VALENCIA

AUTORA

GRACE ARIELA ANDRADE GONZALEZ

GUAYAQUIL

2023

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

“Análisis de daños presentes causados por el sismo 2016 en la estructura del edificio Municipal de Esmeraldas”

AUTOR/ES:

Andrade González Grace Ariela

REVISORES O TUTORES:

Msc. Ing. July Roxana Herrera Valencia

INSTTUCIÓN:

Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Tercer Nivel De Grado

FACULTAD:

Ingeniería, Industria y Construcción

CARRERA:

Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2023

N. DE PAGS:

94 Páginas

AREAS TEMÁTICAS:

Área: Ingeniería, Industria y Construcción

Sub área: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE:

Sismo, edificio, obras públicas, mantenimiento.

RESUMEN:

La estructura Municipal de Esmeraldas ha sufrido varios daños a causa de los movimientos sísmicos, pero el más fuerte que terminó colapsando la mayoría de la estructura fue el del 16 de abril del año 2016 con magnitud de 7.8 en la escala de Richter. Ya que estos sismos actúan con fuerza rompiendo por cortante y desplome de los elementos, todo esto es debido a principalmente de la mano de obra y el poco mantenimiento a la estructura.

Esta estructura por antigüedad en general se ven grietas de mayor y bajo grado, por motivo del transcurso de los años, para la elaboración de este análisis, se realiza el formulario de

<p>evaluación de eventos sísmicos, con el fin de reconocer los tipos de daños que la estructura sufrió luego del sismo.</p>		
<p>N. DE REGISTRO (en base de datos):</p>	<p>N. DE CLASIFICACIÓN:</p>	
<p>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</p>		
<p>ADJUNTO PDF:</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>NO <input type="checkbox"/></p>
<p>CONTACTO CON AUTOR/ES:</p> <p>Andrade González Grace Ariela</p>	<p>Teléfono:</p> <p>093 904 2736</p> <p>098 166 6587</p>	<p>E-mail:</p> <p>gandradeg@ulvr.edu.ec</p>
<p>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</p>	<p>Mg. Ing. Milton Gabriel Andrade Laborde</p> <p>Decano de Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción.</p> <p>Teléfono: (04) 2596500 Ext. 241</p> <p>E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec</p> <p>Mg. Ing. Alexis Wladimir Valle Benítez</p> <p>Director de Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción.</p> <p>Teléfono: (04) 2596500 Ext. 242</p> <p>E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec</p>	

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

5/1/23, 12:39

Turnitin - Informe de Originalidad - ANÁLISIS DE DAÑOS PRESENTES CAUSADOS POR EL S...

Visualizador de documentos

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 05-ene.-2023 08:23 -05
Identificador: 1988832021
Número de palabras: 17394
Entregado: 1

ANÁLISIS DE DAÑOS
PRESENTES CAUSADOS POR
EL S... Por Grace Andrade
Gonzalez

Índice de similitud
4%

Similitud según fuente

Internet Sources: 4%
Publicaciones: 0%
Trabajos del estudiante: 1%

excluir citas

Excluir bibliografía

excluir las coincidencias menores

modo:

ver informe en vista quickview (vista clásica)

imprimir

actualizar

descargar

1% match (Internet desde 31-oct.-2022)

<https://fdocuments.ec/document/tesis-raquel-bedoya.html>



1% match (Internet desde 06-ene.-2018)

<http://www.do.undp.org>



<1% match (Internet desde 25-ago.-2021)

<http://repositorio.utn.edu.ec>



<1% match (Internet desde 26-nov.-2022)

<http://repositorio.utn.edu.ec>



<1% match (Internet desde 31-oct.-2022)

<http://repositorio.utn.edu.ec>



<1% match (Internet desde 26-nov.-2022)

<http://repositorio.utn.edu.ec>



<1% match (Internet desde 12-oct.-2022)

<http://repositorio.utn.edu.ec>



<1% match (trabajos de los estudiantes desde 09-jun.-2021)

[Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2021-06-09](#)



<1% match (trabajos de los estudiantes desde 09-may.-2021)

[Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2021-05-09](#)



<1% match (trabajos de los estudiantes desde 30-oct.-2017)

[Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2017-10-30](#)



<1% match (Internet desde 26-dic.-2021)



© 2023 Turnitin, Inc. Todos los derechos reservados.
JULY ROXANA HERRERA
VALENCIA

https://www.turnitin.com/newreport_classic.asp?lang=es&oid=1988832021&ft=1&bypass_cv=1

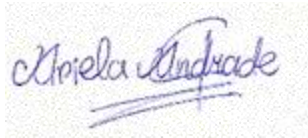
1/1

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El(Los) estudiante(s) egresado(s) GRACE ARIELA ANDRADE GONZPÁLEZ, declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, (Análisis de daños presentes causados por el sismo 2016 en la estructura del edificio Municipal de Esmeraldas), corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

A handwritten signature in blue ink that reads "Ariela Andrade". The signature is written in a cursive style and is underlined with two horizontal lines.

Firma:

GRACE ARIELA ANDRADE GONZÁLEZ

C.I. 0850826066

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación (Análisis de daños presentes causados por el sismo 2016 en la estructura del edificio Municipal de Esmeraldas), designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: (Análisis de daños presentes causados por el sismo 2016 en la estructura del edificio Municipal de Esmeraldas), presentado por los estudiantes GRACE ARIELA ANDRADE GONZÁLEZ como requisito previo, para optar al Título de (INGENIERO CIVIL), encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

MSC. ING. JULY ROXANA HERRERA VALENCIA

C.C. 0916201569

AGRADECIMIENTO

Agradezco inmensamente a:

Dios, gracias a él estoy aquí culminando una de las etapas más importantes de mi vida, por darme fuerza a seguir adelante y no rendirme. A mi madre la Sra. Grace, por el amor incondicional, el apoyo en mi vida y por guiarme a lo largo de toda mi etapa, por enseñarme lo que significa ser un verdadero ser humano y una buena mujer. Por recordarme siempre que puedo llegar muy lejos y creer en mí. A mi madrina, la Sra. Yadira, por el apoyo y amor a lo largo de mi vida y de mi carrera universitaria. A mi tía la Sra. Teresa, por apoyarme en mi carrera universitaria e inculcarme que nunca me rinda y siga adelante. A mi hermano Sr. Joseph, gracias por apoyarme y siempre estar para mí y nunca dejarme sola. A mi abuela la Sra. Haideé, y mis tías y tíos la Sra. Gabriela, Sra. Bexaida, Sra. Piedad, Sra. Emilia, Sr. José González y Sr. Eduardo González por sus consejos, su amor, sus palabras, su apoyo. A mis hermanas (Kerstin y Asarenka) por ayudarme emocionalmente y darme fuerzas. Y demás familia en general, por sus consejos y por recordarme que si puedo salir adelante. A mi tutora la Msc. Ing. July Herrera por ayudarme y guiarme en el proceso de mi tesis. A mis maestros en general por el apoyo en el desarrollo de este proyecto. A mis amigas que estuvieron apoyándome hasta culminar el objetivo propuesto. Y a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil por permitirme ser parte de ellos.

Grace Ariela Andrade González

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primero a mi Dios, a mi madre Grace González, a mi madrina Yadira Valencia, a mi abuelita Haideé Charcopa y hermanitas (Kerstin y Asarenka), por ayudarme día a día en mis estudios y enseñarme cómo salir adelante, por creer en mí y ser una mejor persona y mujer. Por inculcarme valores y ética, han sido mi fuerza, mi ayuda y mi ejemplo a seguir en todos los aspectos de mi vida.

Grace Ariela Andrade González

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1.Tema.....	3
1.2.Planteamiento del Problema.....	3
1.3.Formulación del Problema	5
1.4.Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
1.5.Hipótesis	5
1.6.Línea de Investigación Institucional/ Facultad	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1.Antecedentes	6
2.2.Marco Conceptual.....	7
2.2.1. Los Sismos	8
2.2.2. Comportamiento de las Estructuras Durante los Sismos	8
2.2.3. Impacto que Causan los Sismos a las Edificaciones.....	8
2.2.4. Durabilidad	9
2.2.5. Intemperismo	9
2.2.6. Daños por Acciones Físicas y Químicas.....	9
2.2.7. Daños Causados por Corrosión en Armaduras	15
2.2.8. Protección Contra la Corrosión de Armaduras	18
2.2.9. Mantenimiento de la Estructura	19
2.2.10. Patologías del Hormigón.....	20
2.2.10.1Pronóstico de una Estructura	23
2.2.10.1.1 Pronóstico Optimista.....	24
2.2.10.1.2 Pronóstico Pesimista	24
2.2.10.2 Vida útil de una Estructura.....	24
2.2.10.2.1 Vida útil de Servicio	25
2.2.10.2.2 Vida útil Última	25

2.2.11. Fallas en la Estructura de Hormigón.....	25
2.2.11.1 Fallas por Materiales	25
2.2.11.2 Fallas por Construcción	25
2.2.11.3 Fallas por Uso de la Estructura	26
2.2.12. Reparación de Fisuras	27
2.2.12.1 Cicatrización	27
2.2.12.2 Grapado	27
2.2.13 Inyecciones	28
2.2.13.1 Inyecciones con Pasta de Cemento y Mortero	28
2.2.14. Mecanismos de Daño	28
2.2.14.1 Acciones Físicas en la Estructura	28
2.2.14.1.1. Cambios de Humedad	30
2.2.14.2 Acciones Químicas en la Estructura	32
2.2.14.3 Carbonatación	32
2.2.14.4 Corrosión.....	33
2.2.15 Acciones Mecánicas en la Estructura.....	35
2.2.15.1 Deficiencia Estructural	35
2.2.15.2 Abrasión	35
2.2.16 Acciones Biológicas.....	35
2.2.16.1. Bacterias.....	35
2.2.16.2. Hongos	36
2.2.17 Daños de una Estructura	37
2.2.17.1. Congénitos	37
2.2.17.2. Adquiridos.....	37
2.2.17.3. Accidentales.....	37
2.2.18 Fisuración	38
2.2.19 Análisis Estructural Sísmico	40
2.2.20 Criterio de Falla de Materiales.....	40
2.2.21 Comportamiento de los Materiales Clásicos	40
2.2.21.1. Piedra	40
2.2.21.2. Barro	40
2.2.21.3. Adobes	41
2.2.21.4. Madera	41
2.2.21.5. Mortero.....	41

2.2.21.6.Metal	41
2.3 MARCO LEGAL	41
2.3.1. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2011	41
2.3.1.1 Capítulo 1, numeral 1.2.4 “Requisitos de Durabilidad del Hormigón”	41
2.3.1.2.Capítulo 2, “Peligro Sísmico”	41
2.3.2. Instituto Americano del Concreto (ACI 2011)	41
2.3.2.1.ACI 201, “Durabilidad del Hormigón”	41
2.3.2.2.ACI 224.1 R, “Causas, evaluación y reparación de grietas en estructuras de hormigón”	41
2.3.2.3.ACI 228.1 R, “Métodos en sitio para determinar la resistencia del hormigón”	41
2.3.2.4. ACI364 R”Guía para la evaluación de estructuras de hormigón antes de la rehabilitación.....	42
2.3.3. Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM)	42
2.3.3.1.Norma ASTM C42, “Método de ensayo normalizado de obtención y ensayo de núcleos perforados de hormigón”	42
2.3.3.2.Norma ASTM E119, “Método de ensayo para medir resistencia al fuego del hormigón”	42
2.3.3.3.Norma ASTM C227, “Reacción álcali-agregado”	42
2.3.3.4.Norma ASTM C295, “Caracterización petrografía del agregado”	42
2.3.3.5.Norma ASTM C452, C1012, “Resistencia a los sulfatos”	42
2.3.3.6.Norma ASTM C586, “Reacción álcali-carbonato”	49
2.3.3.7.Norma ASTM C805, “Procedimiento martillo esclerómetro	42
2.3.3.8.Norma ASTM C856, “Examen por microscopio petrográfico del hormigón endurecido”	42
2.3.3.9.Norma ASTM 876, “Protección contra la corrosión”	42
2.3.3.10 Norma ASTM C779, “Resistencia a la abrasión”	42
2.3.4. Norma Técnica Colombiana NTC	42
2.3.4.1.Norma NTC 3692, “Procedimiento martillo esclerómetro	42
2.3.4.2.Norma NTC 3759, “Resistencia a la penetración	42
2.3.4.3.Norma NTC 3658, “Extracción de núcleos	42
CAPÍTULO III	43
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	43

3.1 Enfoque de la Investigación.....	43
3.2 Alcance de la Investigación	43
3.3 Técnicas e Instrumentos	43
3.4 Población y Muestra.....	43
3.5 Presentación y Análisis de Resultados.....	44
3.5.1. Identidad de Daños	44
3.5.1.1.Rotura de Columna	44
3.5.1.2.Rotura de Muro	45
3.5.1.3.Rotura General en Planta	45
3.5.1.4.Colapso General.....	46
3.5.1.5.Grietas Graves en Paredes.....	46
3.5.1.6.Grietas Leves en Paredes	47
3.5.1.7.Grietas en Losa	47
3.5.1.8.Fallo en Escalera	48
3.5.2. Evaluación General del Impacto Destructivo en la Zona	48
3.5.3. Formulario de Evaluación Rápida	49
3.5.4. Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones	50
3.5.5. Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones	51
3.5.6. Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones	52
3.5.7. Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones	53
3.5.8. Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones	54
3.5.9. Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones	55
3.6. Entrevista	56
3.7. Propuesta	58
3.7.1. Título de la Propuesta	58
3.7.2. Desarrollo de la Propuesta	58
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍAS	61
ANEXOS	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Hormigón sin atacar y atacado por las heladas .	10
Ilustración 2. Hormigón atacado por el sulfato de magnesio.	12
Ilustración 3. Estructura atacada por sales de amonio	14
Ilustración 4. Carbonatación del hormigón en función de la humedad.	17
Ilustración 5. Pila electroquímica de corrosión en el hormigón armado.	18
Ilustración 6. Origen de daños.	20
Ilustración 7. Patología del concreto.	22
Ilustración 8. Acciones físicas.	29
Ilustración 9. Grietas cuarteadas.	30
Ilustración 10. Contracción por secado.	31
Ilustración 11. Humedecimiento y secado del hormigón.	31
Ilustración 12. Desintegración por fatiga.	32
Ilustración 13. Carbonatación.	33
Ilustración 14. Corrosión.	33
Ilustración 15. Tipos de corrosión.	34
Ilustración 16. Abrasión.	35
Ilustración 17. Bacterias.	36
Ilustración 18. Hongos.	36
Ilustración 19. Daños en elementos estructurales.	37
Ilustración 20. Tipos de fisuras presentes en las estructuras de hormigón armado.	39
Ilustración 21. Rotura de columna. Edificio Municipal de Esmeraldas	44
Ilustración 22. Rotura de muro Municipio de Esmeraldas.	45
Ilustración 23. Rotura de losa general en planta Municipio de Esmeraldas.	45
Ilustración 24. Colapso general de escaleras del Municipio de Esmeraldas.	46
Ilustración 25. Grietas graves en paredes del Municipio de Esmeraldas.	46
Ilustración 26. Grietas leves en paredes del Municipio de Esmeraldas.	47
Ilustración 27. Grietas en losa del Municipio de Esmeraldas.	47
Ilustración 28. Fallo en escalera del Municipio de Esmeraldas.	48
Ilustración 29. Formulario de Evaluación Rápida de Estructuras Post-Evento	49
Ilustración 30. Formulario: Evaluación rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones	50

Ilustración 31.	Formulario: Evaluación rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones.....	51
Ilustración 32.	Formulario: Evaluación rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones.....	52
Ilustración 33.	Formulario: Evaluación rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones.....	53
Ilustración 34.	Formulario: Evaluación rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones.....	54
Ilustración 35.	Formulario: Evaluación rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones.....	55
Ilustración 36.	Entrevista: Ing. Roberto Solórzano, Fiscalizador de obra, Municipio de Esmeraldas.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea de Investigación Institucional/Facultad.	5
Tabla 2. Agresividad de los sulfatos presentes en el agua (mg/l).	12
Tabla 3. Espesor tolerable de fisuras.	27
Tabla 4. Técnica e instrumentos.	43

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Espesor alcanzado por el CO ₂ en el transcurso de tiempo.	19
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Edificio Municipal de Esmeraldas antes del sismo 16 de abril de 2016	65
Anexo 2. Edificio Municipal de Esmeraldas después del sismo 16 de abril del 2016 en remodelación.	66
Anexo 3. Edificio Municipal de Esmeraldas	67
Anexo 4. Edificio Municipal de Esmeraldas.	68
Anexo 5. Edificio Municipal de Esmeraldas.	69
Anexo 6 . Edificio Municipal de Esmeraldas.	70
Anexo 7. Edificio Municipal de Esmeraldas.	71
Anexo 8. Edificio Municipal de Esmeraldas.	72
Anexo 9. Edificio Municipal de Esmeraldas	73
Anexo 10. Edificio Municipal de Esmeraldas	74
Anexo 11. Edificio Municipal de Esmeraldas.	75
Anexo 12. Edificio Municipal de Esmeraldas	76
Anexo 13. Edificio Municipal de Esmeraldas.....	77

INTRODUCCIÓN

Según el Terremoto en Ecuador, provincia de Manabí el 16 de abril del 2016, logró afectar una gran parte de la población en la ciudad de Esmeraldas, dejando graves consecuencias en pérdidas humanas y en la economía. En infraestructura como: viviendas, edificaciones y áreas públicas. En especial el edificio Municipal de Esmeraldas.

Cabe reconocer que la mayoría de las deficiencias encontradas en la estructura del Municipio pueden ser eliminadas, mediante la reconstrucción, reparación y reforzamiento sismo resistente de los defectos de la obra, así se observa los códigos municipales establecidos por los gobiernos locales.

Los terremotos son uno de los factores de riesgo, lo cual hace más vulnerable a la industria de la construcción estructural, amenazando el bienestar de la humanidad. Los tipos de riesgos localizados se deben resolver lo antes posible con profesionales de Ingeniería Civil y Arquitectura.

En esta tesis de titulación, se presenta una propuesta del análisis y evaluación de los daños posibles que tiene la estructura del edificio Municipal, de la provincia de Esmeraldas. Este proceso realizado dispone el adecuado uso de la Norma de Construcción Antisísmicas (NEC-SE-DS) para evitar el colapso innecesario para futuras construcciones. Con este planteamiento se logra una evaluación de análisis de los daños posibles externos e internos que posee la estructura.

El éxito de este proyecto es identificar los daños que sufrió la estructura durante el sismo del 16 de abril del año 2016, hasta la actualidad ya que dicha estructura se encuentra en remodelación. Para lograr una durabilidad de la estructura el éxito es el mantenimiento, remodelación y readecuación depende de los preparativos durante la etapa de planificación. Ya que en este proyecto se debe realizar actividades como: detalle de la estructura de la edificación, una gestión de los riesgos que puede poseer, consultar las propiedades y gobernanza adecuada.

Requisitos de diseño sísmico y diagnóstico según la norma:

- NEC – SE – DS. Peligro sísmico.

Elaboración del plan de remodelación y demolición según las normas:

- NEC – SE – DS. Peligro sísmico – Diseño Sismo Resistente.
- NEC – SE – DS. Peligro sísmico – Cargas Sísmicas.
- NEC – SE – RE. Peligro sísmico – Evaluación, Rehabilitación de Estructuras.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema

Análisis de daños presentes causados por el sismo 2016 en la estructura del edificio Municipal de Esmeraldas.

1.2. Planteamiento del Problema

Los perjuicios que presenta el hormigón son las características de falla que podría sufrir el concreto y que conducen a sus causas, sus consecuencias, y sus soluciones. En una estructura, la presencia de daños tiene una directa afectación en lo que es su funcionamiento, ya sea en el deterioro de los materiales de construcción, el incremento de vulnerabilidad de la edificación, los escasos en reparación pronta y remodelación, desastres naturales dentro de los últimos años, incendios, entre otros... han logrado llevar a desatar muchas dudas de los posibles daños presentes en la construcción (Edificio Municipal de Esmeraldas).

En el diseño de cualquier tipo de estructura, debe estar presente una resistencia que garantice los factores de seguridad suficientes a lo largo de toda su vida útil, en la cual se deberán tener presentes la admisibilidad a ciertas pérdidas de resistencia.

Con el pasar del tiempo resulta ser de extrema necesidad la intervención en las estructuras ya construidas, para verificar, mantener, restituir o mejorar su capacidad resistente, dependiendo de la magnitud y alcance del problema, las intervenciones podrán incluir el diagnóstico, el mantenimiento, y la reparación.

Según J.A. Venitez y J.L. Ramírez, las causas patológicas predominantes son los errores de proyectos, con 51,5% de los casos, los fallos en ejecución están presentes el 38,5% de las veces y los defectos propios de la calidad de los materiales aparecen el 10,0% de veces.

El concreto que se conoce, es un material de construcción formado al mezclar diversos elementos utilizados en la construcción, como por ejemplo las rocas (áridos), que cumplen con las características físicas, las cuales estarían unidas entre sí por la pasta cementante, que se elabora con cemento y agua, lo cual aportará las condiciones de hormigón cuando éste se encuentre en estado fresco y en su estado sólido, además, puede transformar sus diferentes características físicas y químicas, claro, dependiendo de los materiales que se logre utilizar, permitiéndole, dentro del campo de construcción, adaptarse en cualquier especificación que desee. Antes de todo, se debe mencionar que,

en la mayoría de los casos, las causas de los daños en la estructura de concreto, es por desviaciones graves con respecto a la asesoría y atención de especialistas y no a variaciones internas de las propiedades de los materiales.

Según el ACI (American Concrete Institute), nos indica que la durabilidad del concreto está definida por ser la habilidad de resistir la acción del intemperismo, resistencia a ataques químicos, resistencia a la abrasión o cualquier otro proceso que ponga en riesgo la salud del concreto y produzca deterioro de la estructura.

Una de las características más predominantes en el concreto es su durabilidad, que se entiende como la capacidad de resistir las condiciones para las cuales fue diseñado, sin esta propiedad se ocasiona problemas causados por agentes internos y externos en el hormigón, lo cual conlleva a daños físicos, químicas, mecánicas y biológicas.

Niño Hernández (2010), sostiene que, la durabilidad de un elemento de concreto dependerá de las propiedades de éste y la forma de colocación, siendo primordial el medio en el que se ve rodeado y las características a la que estará sometido.

En varios países involucrando a Ecuador, no existen políticas de conservación de edificaciones, en las que se deberían incluir inspecciones, diagnósticos y mantenimiento periódico para estas, debido a esto, el mantenimiento resulta muy costoso, en algunos casos puede llegar a alcanzar el 50% del valor de inversión total de la estructura.

En todos los casos anteriores, el problema surge debido a causa del deterioro visible en la estructura del edificio municipal de Esmeraldas, debido al intemperismo, ya que nunca se ha tenido registros de una evaluación estructural durante toda la existencia de este.

En esta investigación se evaluarán técnicamente las afectaciones en los elementos estructurales del edificio municipal de esmeraldas, dentro del cual, existen zonas en que la humedad, y el poco recubrimiento en columnas y vigas, origina corrosión en el acero de refuerzo, generando con el tiempo una zona de posible falla para la estructura.

Se investigará cualquier tipo de daño, así sea pequeño para determinar su naturaleza, alcance, causas y consecuencia a sus necesidades para intervenir a un diagnóstico urgente.

Cabe mencionar que se analizará los daños originados en la etapa de operación, que, por la falta de mantenimiento y desastres naturales, aumentan las posibilidades de encontrar una estructura deteriorada para posteriormente determinar posibles soluciones

en cada una de las afectaciones presentes. Minimizando los efectos causados por agentes externos que afectan a la estructura, es por ello por lo que se presentarán soluciones preventivas con bajo costo.

1.3. Formulación del Problema

¿Qué perjuicios presenta la estructura del edificio Municipal de Esmeraldas tras los daños producidos por el sismo del 16 de abril 2016 hasta la actualidad?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar los perjuicios en elementos estructurales, tomando como evidencia el edificio Municipal colapsado o agrietado, después del sismo aportando un estudio a esta problemática.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Asociar un análisis visual para determinar los daños presentes en la estructura del edificio Municipal de Esmeraldas.
- Desarrollar una evaluación cualitativa de las afectaciones que la estructura presentó desde el año 2016 hasta la actualidad.
- Explicar los resultados de la ficha de observación, en el estado que se encuentra la estructura.

1.5. Hipótesis

El edificio Municipal de Esmeraldas presenta daños en la estructura, físicamente se observa en sus espacios: fisuras, grietas, disgregaciones y humedades, efectos a causa del sismo 2016 con magnitud de 7,8 grados. Para ello, se realizará un análisis localizando todos los tipos de daños en la estructura por medio de fichas post eventos sísmicos. La rehabilitación de la estructura de manera antisísmica, podría alargar la vida útil de la edificación logrando tener soporte a sismos venideros.

1.6. Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Tabla No 1. Línea de investigación de FIIC.

DOMINIO:	LÍNEA:	SUBLÍNEA:
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	Territorio	Ordenamiento territorial, usos del suelo y Urbanismo.

Fuente: (ULVR)

Elaborado por: (Andrade, 2023)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Desde los inicios de la civilización se ha visto en la necesidad de ocupar materiales cementantes para poner a salvo de los factores climáticos, es así como, para construir una habitación pequeña, se mezclaban materiales como arcilla para unir las piedras y formar una estructura para dicho fin.

No hay un registro que determine la fecha exacta que se utilizó un aglomerante, pero existen vestigios que indican que la construcción más antigua de concreta data de alrededor del año 5600 a.C (Niño Hernandez, 2010)

En el año 500 a.C los griegos empezaron a combinar caliza calcinada con agua, adicionando arena, con el fin de unir las piedras. Aquí surge el primer concreto de la historia

Estos morteros compuestos de cal viva tenían un inconveniente bajo la acción del agua durante periodos largos de tiempo, es así como a través de pruebas netamente empíricas se supo que la arena proveniente de algunas rocas volcánicas tenía más resistencia tanto como en agua dulce y tanto como en agua salada. Los romanos utilizaron una arena extraída de la bahía de Nápoles, la misma que contiene sílice y alúmina que combinada con la cal, dieran como resultado el cemento puzolánico que se conoce en nuestras épocas (Niño Hernandez, 2010)

Los daños estructurales son tan avanzadas como las propias construcciones, hace cuatro mil años, en Mesopotamia, se establecieron cinco reglas para la prevención de imperfecciones en las estructuras, por tanto, es el primer registro de daños del que se tiene referencia. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

En esta época se ha observado un cambio en la calidad de la construcción, pero existe una importante interrogante sobre el comportamiento que tendrán las estructuras con el paso del tiempo, no está demás pensar en que probablemente presentarán problemas a largo plazo y debido a esto, algunas empresas dedican especial atención a los daños estructurales que existirán con el fin de encontrar una solución (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

No se puede prescindir de la calidad de la construcción, debido a que sin ella se podrían presentar gastos excesivos por reparación, pero lamentablemente cada día se conocen más problemas de durabilidad y calidad, aun cuando los ingenieros y arquitectos consideran precauciones para no provocar acciones que lleven a la estructura

a su estado límite, pero sin embargo la realidad es otra y queda mucho por avanzar. Una combinación de preparación técnica y control de calidad por parte de los ingenieros y arquitectos reduciría notablemente las fallas que podrían presentarse en la construcción. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

En el Ecuador, las plazas centrales de las ciudades tienen gran relevancia social porque representan la cultura y la identidad de estas. En ellas comienza la historia urbana y Esmeraldas no es la excepción, cuenta con un gran espacio destinado a una explanada y un edificio, el cual sirve como recinto para albergar las oficinas de todos los funcionarios municipales de este cantón. El edificio se encuentra en el centro de la ciudad y su construcción data de hace más de 40 años, la misma se realizó nivel por nivel durante varios periodos de tiempo. Gran parte de los daños estructurales son de carácter evolutivo, siendo el caso de que los problemas se presenten en mayor o menor tiempo del esperado, lo que conlleva a ubicar a las estructuras bajo una vigilancia para intervenir los daños con prontitud.

2.2 Marco Conceptual

Al conceptualizar al cemento como tal mencionado de los conglomerantes hidráulicos son aquellos que forman una especie de masa bajo la acción del agua, gracias a esta fraguan y se endurecen, y esto puede ser expuestos al aire libre o sumergidos en agua. Es así como de manera general se pueden clasificar en cemento portland y cementos especiales (Jimenez, 2008)

Gracias a este, surge el hormigón, que se utiliza para la construcción de diferentes tipos de estructuras debido a que presenta una ventaja muy importante en comparación con los demás materiales, como la facilidad de adaptarse a cualquier forma siguiendo el molde para el cual se disponga en obra.

La composición del hormigón es simple pero muy importante, sus elementos son los áridos, que se conforman por los agregados gruesos y finos, y cemento, que, junto con el agua, obtendrá la resistencia deseada.

Es importante hacer notar que para que el hormigón pueda tener un funcionamiento adecuado, tanto a tracción como a compresión, se debió seguir un adecuado proceso a la hora de mezclar sus componentes, ya que esto garantiza la seguridad de la estructura. Teniendo en cuenta los recubrimientos que deben existir entre la armadura de acero y el mundo exterior para que los factores climáticos no corroan las mismas, por lo tanto, el recubrimiento será la distancia libre desde la superficie y la pieza más próxima de acero. (Jimenez, 2008)

Así pues, la norma ecuatoriana de la construcción dice que se deben colocar los aceros de refuerzos a una distancia mínima, ya que se evitaría la oxidación de estos, ya sea por intemperismo o por fuego, disminuyendo las posibilidades de pérdida de resistencia. (NEC, 2014)

El hormigón posee una propiedad muy importante, esta es la resistencia a la compresión, que se obtiene como un valor después de realizar el ensayo de probetas cilíndricas, y gracias a esta se pueden determinar otras propiedades mecánicas por tener vinculación con estas. (NEC, 2014)

Como resultado de una elaboración que mezcla diferentes materiales y en la cual el hombre interviene, la fabricación del hormigón está propensa a errores, lo que produciría perjuicios estructurales a lo largo de la vida útil de la estructura en la cual se ve inmerso.

Según Do Lago (1997), los daños estructurales presentan características externas fácilmente observables, y a partir de estas se podría deducir la naturaleza de estas. Se nota que el hormigón no está exento de presentar daño a causa de diferentes factores, y tratarlos con una metodología adecuada será fundamental para corregir el problema.

2.2.1 Los Sismos

Son movimientos que se producen por el choque de las placas tectónicas, lo cual libera energía mientras los materiales de la corteza terrestre se reorganizan logrando equilibrio mecánico. (S.E, 2017)

2.2.2 Comportamiento de las Estructuras Durante los Sismos

En las edificaciones un sismo no causa daño por impacto, por lo general daña la fuerza de la inercia generando por la vibración de la masa del edificio. La masa del edificio su dimensión y configuración determinan la fuerza en lo cual afecta. (Suinaga, 1987)

En una estructura los daños a causa de un sismo son variables y tienen diferentes tipos de material y de estructura, lo cual los daños que más preocupan son los conocidos como cortante, lo cual se caracterizan por grietas en los muros o en las columnas ocasionando el colapso de la estructura, para todo esto dentro de las normas de construcción se indaga que las fallas de esta naturaleza no ocurran. (UNAM, 2015)

2.2.3 Impacto que Causan los Sismos a las Edificaciones

Un sismo o temblor es un fenómeno donde el terreno se mueve repetidamente en todas las direcciones. Cuando está cerca el punto donde se originó el sismo, se perciben intensos movimientos tanto verticales como horizontales.

Una construcción cuando está sometida a movimientos horizontales y verticales del terreno, se generan fuerzas de inercia o fuerzas sísmicas. La fuerza a la cual está sometida la estructura depende mucho de la masa y de la altura que ésta posee, mientras más peso haya en la parte superior, mayor es la fuerza lateral que genera la construcción. Transmitiendo estas fuerzas sísmicas de la losa hacia los muros, columnas, transmitiendo a los pisos y finalmente a la cimentación. Para que estas fuerzas tengan resistencia se debe tener una cierta cantidad y distribución adecuada de los elementos resistentes en este caso los muros o columnas de carga. Y cuando la resistencia logra exceder, los elementos estructurales de la edificación que sufren daños como agrietamientos graves o leves, aplastamiento y deformaciones, logra causar un colapso, es decir derrumbe total del edificio. (CENAPRED, 2005)

2.2.4 Durabilidad

Es la principal característica que hacen de este, uno de los componentes más utilizados en la industria de la construcción, pero su fabricación influye un poco para la pérdida notable de la durabilidad.

El hormigón no solo debe resistir, sino también debe ser durable, así pues, se puede definir a la durabilidad como un conjunto de propiedades que se requieren para que el material conserve un coeficiente de seguridad a lo largo de su vida útil. (Jimenez, 2008)

Los factores que determinan la misma pueden notarse a partir del diseño, el cálculo de la estructura, los materiales que se emplean para su fabricación y los procedimientos de construcción, de protección y de curado. (Sánchez de Guzman, 2011)

2.2.5 Intemperismo

La agresividad del entorno siempre estará relacionada con las acciones físicas y químicas que actúan sobre las estructuras de hormigón, independientemente de las acciones mecánicas, variaciones de volumen, y otras características que se prevén en el dimensionamiento de las estructuras de hormigón. (Broto, 2004)

2.2.6 Daños por Acciones Físicas y Químicas

En este tiempo los daños sufridos por estas causas son muy elevados, por ello, algunas de las estructuras son reparadas y otras demolidas, ambos casos suponen un alto costo.

Conocer las condiciones ambientales y de servicios, a las cuales está sometido el hormigón es de gran importancia, pues de ellas dependerá, elegir el tipo de áridos, granulometría, relación agua cemento, etc., que son factores para obtener hormigones

durables, y que no presenten problemas patológicos. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

- **Acciones Físicas**

Estas pueden deteriorar al hormigón llevándolo a un desgaste superficial o disgregación, existen las que tienen que ver con la congelación y la descongelación y la abrasión, la cual puede presentarse por diversas circunstancias, entre ellas por rozamiento de elementos sólidos que lleven las aguas en movimiento. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

- **Acción de Congelación y Descongelación**

Se presenta con frecuencia en los hormigones que se ubican en las zonas con muy baja temperatura, la cual consiste en la absorción del agua por efectos de hielo y deshielo, dentro de los poros del hormigón.

Cuando el agua se congela experimenta un incremento de volumen de un 9%, lo que provocaría tensiones en el hormigón llevándolo al agotamiento. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

Los efectos que se producen por dicho aumento terminan por disgregar al elemento superficialmente, ya que cuanto mayor sea la porosidad del hormigón, y cuanto mayor sea el número de ciclos de hielo y deshielo a que se encuentre sometido, la estructura perderá durabilidad. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994) (Sánchez de Guzman, 2011)

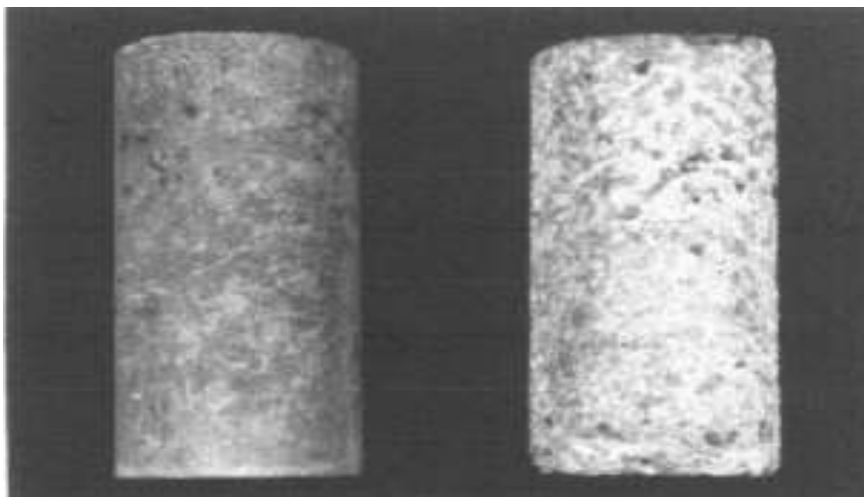


Ilustración 1. *Hormigón sin atacar y atacado por las heladas.*

Fuente. (Cánovas, 2011)

Es importante proyectar el hormigón con una relación agua cemento relativamente baja, con cementos puzolánicos para que puedan fijar la cal y se evite la

lixiviación por el agua, empleando aditivos aireantes para que se creen poros de muy pequeños diámetros.

Cuando se produce el deshielo, los poros no se vacían completamente, lo cual lleva a que el agua se acumule, dando lugar a que el peligro de ciclos de hielo y deshielo sea mayor cada vez más, por ello es fundamental usar aditivos aireantes con extrema precaución técnica.

- **Abrasión por Sólidos**

Generalmente la producen los elementos que rozan sobre las superficies del hormigón, lo que produce un desgaste notable, incluso teniendo como fin la destrucción del hormigón. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

La resistencia a la compresión del hormigón se relaciona con la resistencia al desgaste, y para conseguir hormigones durables suelen utilizarse capas superficiales de morteros especiales. Un ejemplo de esto sucede cuando en un pavimento industrial, la resistencia al desgaste de los áridos tiene mucha más influencia que la resistencia a la compresión de este. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

- **Acciones Químicas**

Uno de los mayores daños en el hormigón es debido a la acción de agentes químicos, y esto representa mucha dificultad a la hora de aplicar las correcciones necesarias. En la mayor parte de los casos, los agentes químicos atacan al cemento, es por ello que se debe elegir un cemento adecuado a la hora del diseño, y en ocasiones muy peculiares el ataque será a los áridos. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

Sin dudas la presencia de agua contribuye mayormente a que aparezcan los efectos por corrosión.

Otra de las reacciones nocivas que se producen en el hormigón es la carbonatación del hidróxido de calcio procedente de la hidratación del cemento, y esto supone un aumento elevado del riesgo de corrosión debido a la pérdida de alcalinidad de las armaduras de acero. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

- **Ataque por Sulfatos**

Los sulfatos quizás son las sales que más agresividad presentan hacia el hormigón, en su acción, perjudican al cemento destruyéndose totalmente.

Esta reacción se origina con el aluminato tricálcico del cemento cuando tiene presencia de agua, resultando así, un sulfoaluminato tricálcico con treinta y una moléculas de agua, que se suele conocer con el nombre de “Bacilo del Cemento”, es así

como, el cambio de coloración del hormigón indica el inicio de la desagregación y enseguida comienza la aparición de fisuras. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

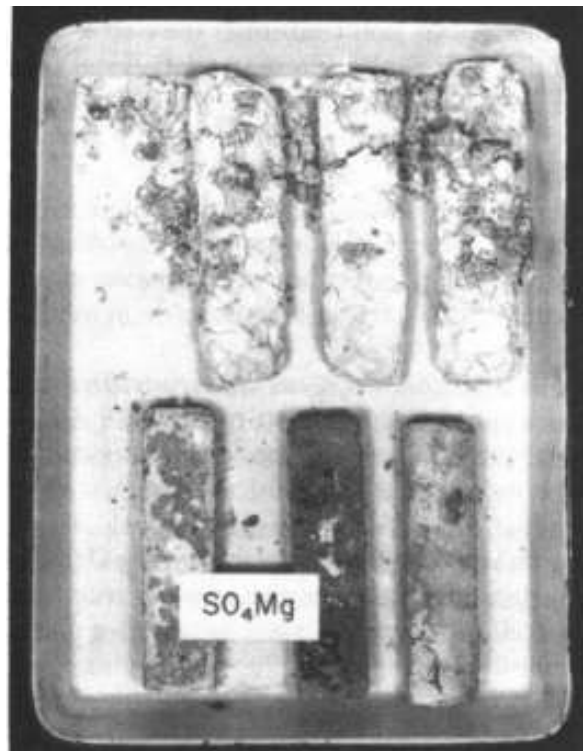


Ilustración 2. *Hormigón atacado por el sulfato de magnesio*

Fuente. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

Según la ASTM los cementos se pueden clasificar de acuerdo con su resistencia a los sulfatos, es así como, tendrán una resistencia moderada si el contenido máximo de aluminato tricálcico (C_3A) es del 8%, y tendrán una resistencia alta cuando el contenido máximo de (C_3A) sea del 5%. Los cementos con bajos contenidos de (C_3A) dan lugar a hormigones más permeables, lo cual es peligroso para la armadura.

El siguiente cuadro ilustrativo muestra los valores de contenido de sulfatos en el agua que generarían diferentes grados de agresividad.

Tabla 2. *Agresividad de los sulfatos presentes en el agua (mg/l)*

Agresividad	SO_4^{2-} (mg/l)
Nula	0 - 150
Débil	150 - 1000
Fuerte	1000 - 2000
Muy fuerte	> 2000

Fuente. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

Elaborado por. (Andrade, 2023)

En el caso del agua de mar, los sulfatos que posee reaccionan con el aluminato tricálcico y estos solubilizan la cal, pero este ataque es menos intenso que el de un agua que contenga la misma cantidad de sulfatos que la del agua de mar debido a que los cloruros merman la acción de los sulfatos al crear cloroaluminato no expansivo, en este contexto, el hidróxido de magnesio crea una película protectora que hace disminuir la agresividad del agua de mar, la cual tendrá presencia de hidróxidos de calcio junto con cloruro sódico. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

Los cationes principales que pueden generar acciones corrosivas en el hormigón son el magnesio y el amonio, las sales que forman estos elementos tiene un comportamiento similar y equivalente que el de los ácidos equivalentes reactivos, es así como, el cloruro de amonio reaccionaría como ácido clorhídrico libre. El catión magnesio favorece enormemente a la corrosión.

La agresividad que generan los iones cloro en el hormigón dependerá de los cationes a los que estén unidos, en muchos casos, pequeñas cantidades resultan perjudiciales dando lugar a cloruro de magnesio o cloruro sódico. Si los iones cloro se presentan en cantidades superiores a 6 g/l podría presentarse la corrosión en las armaduras de las estructuras (Fernández Cánovas, Manuel, 1994).

Las reacciones del catión amonio con la cal generan amoniaco en forma gaseosa, si la formación de soluciones es débilmente agresiva, es recomendable usar cementos de bajo contenido de cal, pero por el contrario si son muy agresivas hay que hacer uso de cementos aluminosos. Estos cationes amonio, se encuentran en gran cantidad en fertilizantes y atacan al hormigón en temperaturas cálidas y con alta humedad.



Ilustración 3. *Estructura atacada por sales de amonio*

Fuente. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

- **Ataque por Ácidos**

La acción de los ácidos en el hormigón se traduce en la aparición de compuestos cálcicos, como el silicato o el aluminato cálcico hidratado. Debido a que la pasta del cemento tiene un carácter alcalino, naturalmente se verá atacada por los ácidos resultando sales cálcicas que en la mayoría de los casos hará que el hormigón sea más poroso, exponiendo su superficie al ataque.

No todos los ácidos tienen la misma intensidad de ataque, pero se definirá a esta por el potencial de hidrógeno (Ph) que presenta el ácido en cuestión. Si la disolución tiene un Ph entre 6.5 y 5.5 se puede considerar como débilmente agresiva, si tiene un ph entre 5.5 y 4.4 se considera fuertemente agresiva y si tiene un ph menor a 4.5 es altamente agresiva. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

De entre los principales ácidos inorgánicos que existen, se menciona al ácido sulfúrico que produciría sulfato cálcico, el ácido fosfórico que reacciona con el hidróxido de calcio y produce una capa protectora en el hormigón, el ácido carbónico que genera una sal soluble que generalmente se elimina por lixiviación. El ácido oxálico, siendo un ácido orgánico, forma oxalatos insolubles que protegen al hormigón cerrando sus poros.

- **Reacción Álcali – Árido**

El principal efecto de deterioro del hormigón es cuando se produce la reacción entre los álcalis del cemento portland y la sílice de determinados áridos. Esta reacción se produce cuando los minerales silíceos son atacados por los hidróxidos alcalinos de los óxidos de sodio y de potasio generando un gel que embebe agua produciendo una expansión y cuando la pasta se endurecen provocan fuertes tensiones que fisura el hormigón. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

Los daños de esta reacción dependen del contenido en álcalis del cemento, de la dosificación de este, del tamaño y cantidad de los áridos, y de la presencia de agua. Generalmente se presentan en forma de pequeñas fisuras de forma irregular en la superficie o en forma de cráteres en los cuales existirán gotas del gel antes mencionado. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994).

Los aditivos en los hormigones mejoran sustancialmente el comportamiento de este frente a estos ataques, y serán más eficaces si se someten a un estricto proceso de curado. Según Fernández Canovas (1994), se ha comprobado que la expansión provocada por la reacción en cementos siderúrgicos, con contenido de escorias superiores al 60% tiene lugar a una velocidad de reacción de 100 a 1000 veces más reducida que en los cementos portland, y se observó un efecto parecido en cementos puzolánicos fabricados con cenizas volantes o puzolanas naturales.

2.2.7 Daños Causados por Corrosión en Armaduras

Se presentan en lugares donde los terrenos contienen alta concentración de cloruros, en zonas próximas al mar y en atmósferas salinas. Es un problema que no causa admiración se su mecanismo se conoce desde hace mucho tiempo, pero a partir del año 1960 cuando se produce una gran interrogante sobre los fenómenos relacionados con la corrosión del acero dentro del hormigón, la misma que puede ser consecuencia de las pérdidas económicas por efectos de la corrosión del acero, éstas suponen pérdidas del 3.5% del PIB en países industrializados. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

Por su alcalinidad, el hormigón, es un excelente protector de las barras de acero, pero la misma puede afectarse cuando el hormigón no posee la calidad suficiente y los recubrimientos que poseen no son los suficientes considerados por norma.

- **Mecanismo de Corrosión**

La oxidación es un tipo de corrosión que se presenta en el metal, y esta tiene lugar en toda la superficie de este, relacionándolo de forma homogénea con el oxígeno del

aire, cabe destacar que en este proceso no se producen reacciones oxidación reducción y por tanto no hay transporte de electrones. También existe una corrosión electroquímica que es el resultado de la diferencia de potencial existente cuando se ponen en contacto eléctrico dos metales diferentes. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

La oxidación se presenta en toda la superficie del acero mientras que la corrosión se localiza en un principio en puntos que actúan como ánodos, dando lugar a una corrosión localizada para luego extenderse por toda la superficie, formando una corrosión generalizada.

Cuando la barra de acero se ve embebida del hormigón portland, se produce una pasivación del acero, debido a la alta alcalinidad y por su Ph superior a 13, creando una ligera capa o película de óxido de hierro gamma (γFe_2O_3) con lo cual el acero queda protegido de la corrosión. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994).

La pérdida de la pasividad del acero se producirá fundamentalmente por los siguientes factores:

- **Neutralización:** el anhídrido carbónico se difunde a través de los poros llenos de aire del hormigón reacciona con el hidróxido cálcico, produciendo carbonato cálcico y haciendo que el Ph descienda. La profundidad de penetración del anhídrido carbónico (CO_2), es un proceso de difusión de un gas. En este contexto, cuanto mayor sea el contenido de cemento y arena, cuanto mayor sea la relación agua cemento, más poroso resultará el hormigón.

El recubrimiento juega un papel muy importante, debido a que el espesor de este determinará que la carbonatación alcance el nivel de la barra de acero y neutralice al hormigón de su alrededor, haciendo que el acero pierda la pasividad. La velocidad de penetración de la carbonatación es rápida al inicio, pero mientras avanza el tiempo se va ralentizando, pudiendo alcanzar una profundidad de 5cm cada 100 años, tratándose de hormigón compacto (Fernández Cánovas, Manuel, 1994).

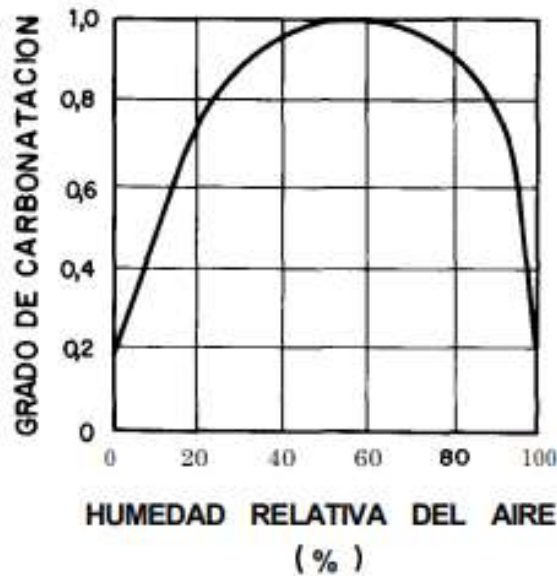


Ilustración 4. Carbonatación del hormigón en función de la humedad.

Fuente. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

El proceso de carbonatación dependerá de la humedad del aire, según Verbek, la carbonatación máxima se produce para una humedad relativa del aire del 60% mientras que en ambientes secos solo se produce el 20% de esa carbonatación máxima. Cuando ocurre la carbonatación, no necesariamente tiene que ocurrir la corrosión del acero, pues para que ocurra debe existir presencia de oxígeno y un medio conductor que lo produce el agua presente en el hormigón. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

- **Acción de los Iones Cloro, Bromo y Sulfato:** estos iones actúan sacando de la pasividad al acero a consecuencia de la formación de iones muy complejos, los mismos que penetran por difusión a través de los poros del hormigón. Los cloruros dan origen a la aparición de un electrolito más conductor cuanto mayor es la concentración de estos, favoreciendo la transportación de electrones entre el cátodo y el ánodo durante la corrosión química. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

Para iniciar la corrosión electroquímica debe existir un ánodo, un cátodo, un electrolito y oxígeno. La misma ocurre en el ánodo, haciendo que, en este lugar, el metal pierde electrones al reaccionar con el ente corrosivo. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

El tiempo en que los iones cloro que se tardan en alcanzar las barras de acero dependerá de la concentración de cloruros del tipo catión al que se une el anión cloro, además del espesor del recubrimiento relación agua cemento y cantidad de fisuras presentes en el recubrimiento.

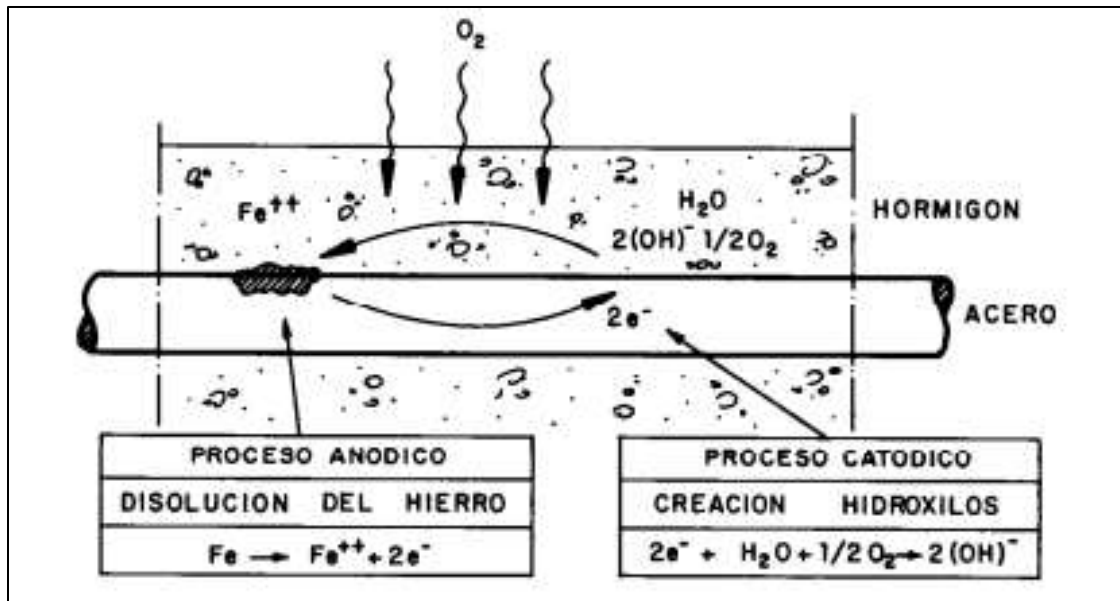


Ilustración 5. Pila electroquímica de corrosión en el hormigón armado

Fuente: (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

En ambientes salinos es común la procedencia de iones cloro desde el exterior al interior del hormigón. En la actualidad existen varios ensayos que nos permiten determinar cuantitativamente, uno de ellos consiste en verter nitrato de plata al 1% sobre un trozo de hormigón recién extraído, la superficie de color blanquecino indicará la presencia de iones cloro libres.

Según (Fernández Cánovas, Manuel, 1994), la corrosión se produce como un proceso que abarca todo el metal, de forma homogénea y a lo largo de su superficie, generando un incremento consistente de volumen haciendo que existan grandes tensiones en el hormigón, y según el caso, podrían llegar a los $40N/mm^2$, lo que produciría fisuración y pérdida de la adherencia del hormigón con el acero.

2.2.8 Protección Contra la Corrosión de Armaduras

Químicamente, la naturaleza alcalina del cemento, pasiva al acero y físicamente, los espesores del recubrimiento del hormigón, hará que las estructuras no se corroan, aunque transcurra mucho tiempo desde el inicio de servicio de la estructura, caso contrario, ocurriría corrosión por la deficiente calidad. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

El cemento portland supone un mejor material frente a los cementos que contienen aditivos, porque la alcalinidad que aporta es mayor y por ello, su efecto pasivo será más energético. Así mismo, la procedencia de los áridos no debe ser de playas, existen estudios que revelan que, en muchos casos, se ha empleado áridos procedentes

de playas. Es indispensable que el agua para el amasado sea potable y los aditivos no deben poseer cloruros.

(Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

El recubrimiento adecuado del hormigón hará que la penetración por difusión del dióxido de carbono y el avance de iones de cloro sea relativamente lenta y esta, irá disminuyendo cada vez más con el pasar del tiempo. Es así como mediante la siguiente expresión se debe encontrar el espesor alcanzado por el dióxido de carbono en un tiempo

$$e = k\sqrt{t}$$

Ecuación 1. Espesor alcanzado por el CO₂ en el transcurso del tiempo

Fuente. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

Elaborado por. (Andrade, 2023)

Donde el factor k, es un parámetro dependiente de la impermeabilidad del hormigón del recubrimiento.

2.2.9 Mantenimiento de la Estructura

Una estructura al ser colocada, dentro de la práctica ingenieril es importante la planificación de mantenimientos, para así menguar la presencia de daños en tal caso que lleguen a darse, para poder solucionarse a tiempo y a lo largo la estructura o esté afectada. Debe considerarse que las condiciones de servicio de la estructura no pueden ser predecibles para poder mantener su funcionamiento, durabilidad, estabilidad y sobre todo la seguridad, lo cual es necesario realizar inspecciones y mantenimientos rutinarios, para esto existen diferentes tipos de mantenimiento relacionado a las estructuras lo cual necesitan:

- **Mantenimiento Preventivo:** Su objetivo en los trabajos es la reparación de los elementos para impedir el avance de defectos que ya han aparecido, que a lo largo producirán deterioros en el caso de no ser solucionados a tiempo.
 - **Mantenimiento Correctivo:** Es la restitución de las condiciones que tiene el diseño, lo cual busca establecer los elementos y materiales para que la estructura tenga su forma original.
 - **Mantenimiento Curativo:** Se logra cuando existe una amputación de cualquier elemento que ha sido afectado por defectos o deterioro para lograr ser reemplazado.
- (Sánchez de Guzmán, 2006)

2.2.10 Patologías del Hormigón

Dentro de la ingeniería civil, las patologías son el estudio de la imperfección presente en las obras civiles. Lo cual se debe analizar el proceso, las causas, características, origen y consecuencias de todo tipo de patologías estructurales. De la misma manera que las patologías en el cuerpo humano presentan etapas, que con el paso del tiempo empeoran, lo mismo se da en las estructuras civiles y se determinará las soluciones posibles para ser adaptadas.

En un proyecto es importante identificar las lesiones que presenta, ya sean en su origen o diseño de ejecución, en los materiales, en la mano de obra que se aplica o al momento de utilizarla. De todas estas maneras hay oportunidades donde se puede prevenir y evitar la presencia de patologías, ya que está a cargo de las personas involucradas en la construcción de alguna edificación. Cuando hablamos de daños estructurales, se debe determinar que las mismas inciden dentro de una construcción y se da estas porciones:

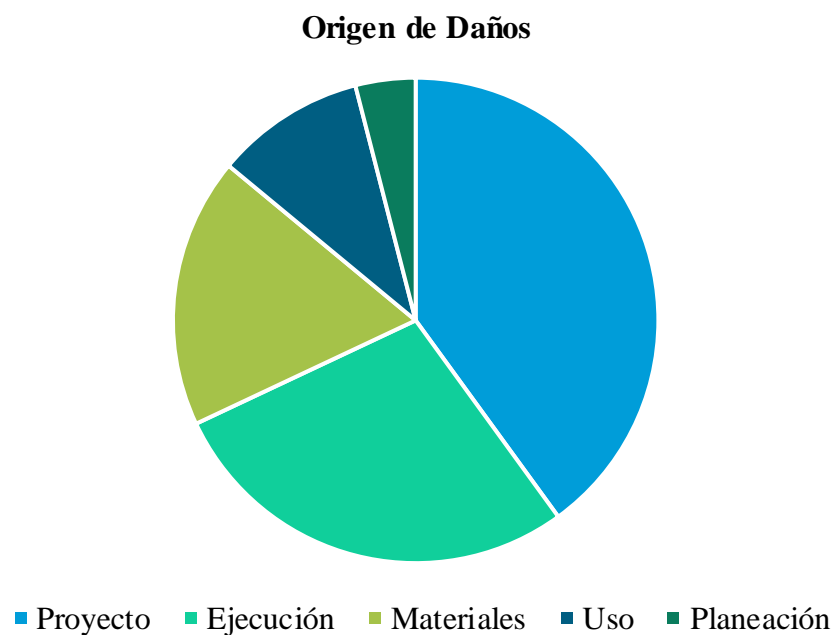


Ilustración 6. *Origen de Daños*

Fuente: (Cristina, 2011)

En el Municipio de Esmeraldas al ser una construcción lo cual se utilizaron materiales que en su mayoría son elementos de mampostería y morteros, que en la actualidad y gracias a las intervenciones mencionadas posee de elementos completos que son elaborados de hormigón, armadura y acero. Es por esto que el estudio de los daños estructurales al ser realizado se enfoca en las áreas elaboradas en hormigón

armado, distinción al análisis visual que serán implementados para las secciones antiguas en las áreas hechas de mampostería.

En este gráfico, se muestra un modelo que los daños en la estructura logran alcanzar en el concreto, propuesto por un experto Omar Javier Silva.

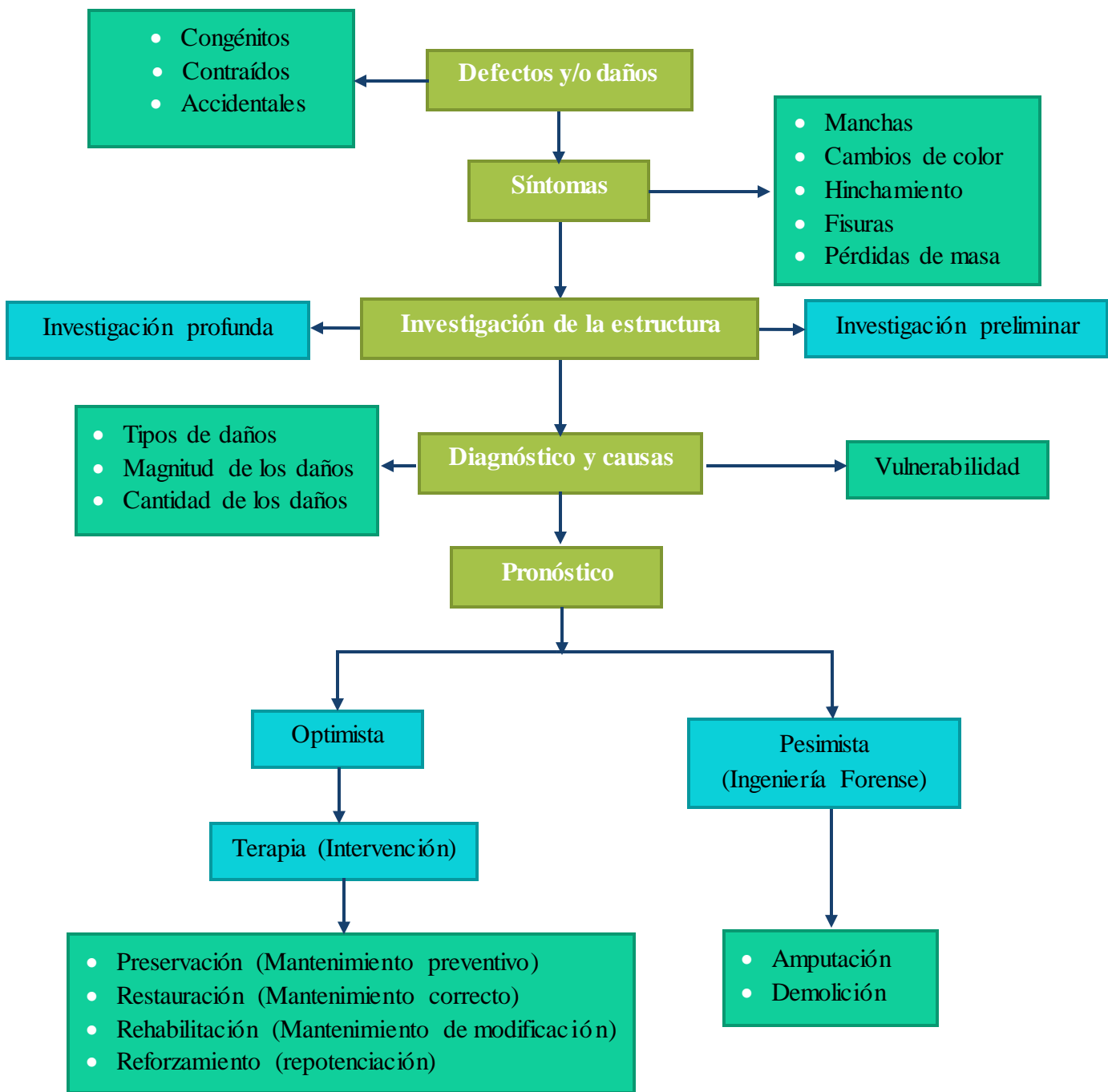


Ilustración 7. (Patología del Concreto)

Fuente: (Fernández Cánovas, 1994)

Se logra observar que está de manera clara que los daños que una estructura presenta, llegan a poseer distintas similitudes a las enfermedades y lesiones que un ser humano sufre.

Distintamente en la columna principal del modelo que se muestra con etapas como: síntomas, investigación de la estructura, diagnóstico o causas y pronóstico para llegar a un análisis que debe ser desarrollado en el documento presente y tomando en cuenta esta secuencia ya que así se logra asegurar que el proceso se debe realizar de manera planificada, obteniendo resultados útiles. Se debe identificar el tipo de daño que se trata dependiendo de su resistencia o su límite de servicio, es decir, si está afectando la estructura directamente a las consideraciones de seguridad dentro de la estructura y el funcionamiento respectivo.

Para evaluar los daños estructurales en los materiales, es importante prestar atención a los síntomas que esta posee, ya que pueden variar desde: manchas, hinchamiento, pérdida de volumen de varios elementos constructivos y cambios de color, debido a todos estos síntomas se debe realizar un estudio. Para empezar, se debe analizar la estructura completa de manera profesional y para esto, se debe tener el conocimiento completo de la edificación, es decir, sus antecedentes como: origen, su construcción, reparaciones, remodelaciones realizadas, identificación de cargas de diseño, la vida útil de la estructura, sus condiciones actuales, etc. Lo cual será necesario realizar una inspección visual, ya que a simple vista se logra ver las imperfecciones que tiene la estructura físicamente, analizando los elementos afectados, explorar, analizar la estructura y análisis de muestra. (Sánchez de Guzmán, 2006)

Cuando se obtiene la información que se requiere, se relacionan los antecedentes con los resultados de ensayo, es decir, se juntará todos los tipos de daños físicos existentes para obtener el diagnóstico requerido, lo cual determinará la magnitud y la cantidad de cualidades negativas en los elementos de la estructura. Concluyendo con este proceso, se obtiene como resultado un pronóstico del comportamiento que la estructura tiene a futuro y se obtienen dos tipos y son: pronóstico optimista y pronóstico pesimista.

2.2.10.1 Pronóstico de una Estructura

Este pronóstico se obtiene una vez que se realiza el estudio de los daños estructurales y ya mencionado se lo hace respecto al comportamiento que los elementos afectados tienen por los daños y la estructura e global, y existen dos tipos:

2.2.10.1.1 Pronóstico Optimista

Un pronóstico estructural es optimista, se deben tomar medidas de manera terapeuta como objetivo conseguir alguna de las siguientes condiciones:

- **Prevención:** Es el proceso que mantiene una estructura en su condición que presenta posterior a deterioros.
- **Restauración:** Es el proceso que restablece los materiales, ya sea su forma y apariencia que estos tengan.
- **Reparación:** Cuando se procede a reemplazar o restaurar algún material de la estructura este proceso se aplica, cuando estén deteriorados o defectuoso.
- **Rehabilitación:** Este proceso repara o restaura la estructura con el fin de llevarla a una condición deseada.
- **Reforzamiento:** En este proceso se debe aumentar la capacidad que tiene la estructura o una parte de ella para que pueda resistir cargas pesadas. (Sánchez de Guzmán, 2006)

2.2.10.1.2 Pronóstico Pesimista

Cuando este proceso es pesimista, significa que su única solución dentro de una afectación que presenta la estructura, es la amputación del elemento que está en la peor condición y no puede ser mejorado o restaurado se llega al peor caso de una demolición completa. (Sánchez de Guzmán, 2006)

2.2.10.2 Vida Útil de una Estructura

Las obras civiles no se encuentran visibles a cargas de servicio con el paso del tiempo se van deteriorando, pero el medio que rodea también las afecta. Vida útil enfocado en un proyecto civil se entiende como el periodo de tiempo que el objeto en este caso la edificación cumple con el objetivo lo cual fue creado de manera que cumplió su propósito de funcionalidad, brindando seguridad y satisfacción al usuario sin tener algún tipo de intervención.

Los proyectos de ingeniería civil, tienen un tiempo de vida útil, el cual es calculado por el diseñador, dentro de un cierto tiempo, el mismo que determina los mantenimientos correctos que ayudará que la estructura cumpla con la duración prevista. Ya que en estructuras comunes elaboradas en base de hormigón su vida útil está entre los 50 y 100 años, tomando en cuenta que se cumplan las recomendaciones de mantenimiento y cuidados pertinentes. (Sánchez de Guzmán, 2006)

2.2.10.2.1 Vida Útil de Servicio

Trata sobre el periodo de tiempo que inicia la construcción, hasta el momento en que se presenta cualquier tipo de deterioro visible pero que es aceptable, hasta que el daño comience sus primeros síntomas visibles para los usuarios. (Sánchez de Guzmán, 2006)

2.2.10.2.1 Vida Útil Última

En este periodo de tiempo se contabiliza desde el inicio de la construcción de la obra hasta el momento que colapse la estructura, lo cual puede ser total o parcial, por posibles fallas en la adherencia que presenta el hormigón o el acero, o con la reducción de material.

2.2.11 Fallas en las Estructuras de Hormigón

Dentro de las diferentes fallas estructurales hay:

2.2.11.1 Fallas por Materiales

Al momento de seleccionar materiales, para una construcción estructural, se debe tomar en cuenta como prioridad la calidad, luego la capacidad y como están formulados, ya que se pueden mencionar algunas fallas comunes causadas por materiales y son:

- Falta del control de calidad de elementos, la falta de realización de ensayos, ya que ignoran la tolerancia permisible a los asentamientos dentro de la estructura.
- Utilizar poca cantidad de cemento, para buscar una reducción económica o ya sea lo contrario, utilizar de manera exagerada cantidad de cemento, lo cual llega a generar mezclas propensas a fisurar.
- No contar con seguridad adecuada.
- Utilizar agregados que son de tamaño incorrecto y adicionar agua excesivamente.
- Retraso de fraguado, ya que genera fisura por asentamiento y siendo también afectada la adherencia mecánica del hormigón.
- Aceros de refuerzo que son de baja calidad ya sea en los anclajes o en las longitudes de desarrollo. (Sánchez de Guzmán, 2006)

2.2.11.2 Fallas por Construcción

En una estructura lo cual presenta una mayor probabilidad estar de manera correcta construida, puede llegar a tener una mayor vida útil, ya que es más duradera y los procesos al momento de la construcción deberán estar regidos a las especificaciones, lo

cual la estructura actuará frente a distintas sollicitaciones según se haya construido. Son varias las fallas comunes dentro de la construcción y son:

- Picar agujeros en los elementos estructurales para realizar conexiones ya sean: eléctricas o sanitarias.
- La falta de cálculos, defectos y mal diseño en el encofrado.
- Desplazamiento del acero de refuerzo durante el vaciado del hormigón.
- Mala compactación del hormigón.
- Precargar la estructura del hormigón, antes que tenga la capacidad necesaria para resistir.
- Falta de control al no verificar su estabilidad de la estructura. ((Sánchez de Guzmán, 2006)

2.2.11.3 Fallas por Uso de la Estructura

En una estructura, la vida útil se puede reducir si se generan abusos en el uso que se le da, ya sea en el aumento de las cargas permitidas, explosiones, inundaciones, presencia de fuego, cambios de cargas de servicio.

Las fisuras, son lo mejor para determinar la presencia de los daños dentro de una estructura, lo cual nos indica el estado en el que se encuentre el hormigón y sirven para brindar un diagnóstico. Al momento en que las fisuras se lleguen a corregir a tiempo, además de afectar físicamente a la estructura y no dar seguridad a los usuarios, este permite la entrada de elementos nocivos al hormigón y se vuelve más fácil en lo que es el deterioro y envejecimiento. (Bedoya, 2010)

Las fisuras se clasifican en:

- **Fisura:** tiene un espesor de 0.1 y 0.2 mm, lo cual genera daños respecto a la corrosión depende que la estructura esté en un ambiente severo o muy severo.
- **Microfisuras:** son aquellas que presentan un espesor menor a 0.05 mm, lo cual no son perceptibles y logran producir afectaciones en cuanto a la permeabilidad del hormigón, pero no es muy grande.
- **Macrofisuras:** son aquellas que tienen un espesor mayor a 0.2 mm, y logran producir daños estructurales si no son reparadas a tiempo. (Bedoya, 2010)

Tabla 3. *Espesor tolerable de fisuras.*

Condición de exposición	Espesor
	Tolerable
En aire seco o con membrana de protección	0.4
En ambiente húmedo: aire húmedo o suelo saturado	0.3
Con agente químicos que impide el congelamiento	0.2
Humedecimiento y secado de agua de mar, o salpicaduras de agua de mar	0.15
Estructuras de baja permeabilidad, excluyendo tubería no sujeta a presión	0.1

Fuente: Código ACI 224

2.2.12 Reparación de fisuras

Hay varios tipos de métodos para la reparación de fisuras, depende de las características que tengan. Es de mejor resultado el curado en las fisuras, cuando gracias a las aberturas que se han generado se logra llegar a conocer el acero de refuerzo dentro del hormigón. Ya que es de mucha importancia determinar el origen, las características y el estado en que se encuentran las fisuras, es decir, si es una fisura viva o muerta.

Ya que las fisuras vivas son las que siguen ocurriendo y aumentando su longitud y tamaño a medida que pasa el tiempo. Y las fisuras muertas, son las que no tienen ningún tipo de crecimiento, lo cual se mantiene de manera estable en el estado que se encuentren.

Al momento de modificar las fisuras, se busca aumentar la impermeabilidad del hormigón, para mejorar el aspecto que tienen, alargando su vida útil y recuperando la adherencia que existe entre el concreto y el acero. (Bedoya, 2010)

2.2.12.1. Cicatrización

Es el cierre de las fisuras muertas. Este proceso dura alrededor de 90 días, se da únicamente gracias a la fuerza de adherencia que se origina, a causa de la carbonatación del óxido e hidróxido cálcico del cemento y por la actuación del anhídrido carbónico del agua y aire. (Bedoya, 2010)

2.2.12.2. Grapado

Es la colocación de grapas hechas de acero, entre las dos partes del hormigón afectado que se encuentran divididas por una fisura, antes de esto se debe realizar un sellado. Estas grapas deben estar en distintas direcciones y ambas deben ser situadas en las zonas sometidas a esfuerzo de atracción y para que no logren moverse se coloca una resina epóxica. (Bedoya, 2010)

2.2.13. Inyecciones

Se compone a base de una formulación epóxica, que suelda el hormigón cuando se produce un contacto con el mismo. Se suele aplicar en fisuras muertas y con espesores mayores a 0.1mm. Y cuando una fisura está viva, lo más recomendable es utilizar formulaciones epoxi flexible que trabajan como sellante, lo cual impide que la humedad en defecto sea agresiva al interior del hormigón. (Bedoya, 2010)

2.2.13.1. Inyecciones con Pasta de Cemento y Morteros

Es parecido al anterior, lo cual estas buscan sellar las fisuras, a diferencia que en este caso se utilizan morteros que tengan una baja relación agua/cemento, para que no se generen retracciones y se aumente la resistencia al mismo tiempo. (Bedoya, 2010)

2.2.14. Mecanismos de Daño

2.2.14.1. Acciones Físicas en la Estructura

Son los cambios de manera volumétrica ya sea en estado fresco como en estado de endurecimiento que logra tener el hormigón. Ya que estos se producen gracias a la alteración producida por la humedad, variaciones de temperatura o presencia de fuego en la estructura. También altera los cambios de masa como alteración de porosidad y su permeabilidad, que producen contracción de expansión por ataque de sulfatos o hinchazón del acero de refuerzo por una corrosión. (Sánchez de Guzmán, 2006)

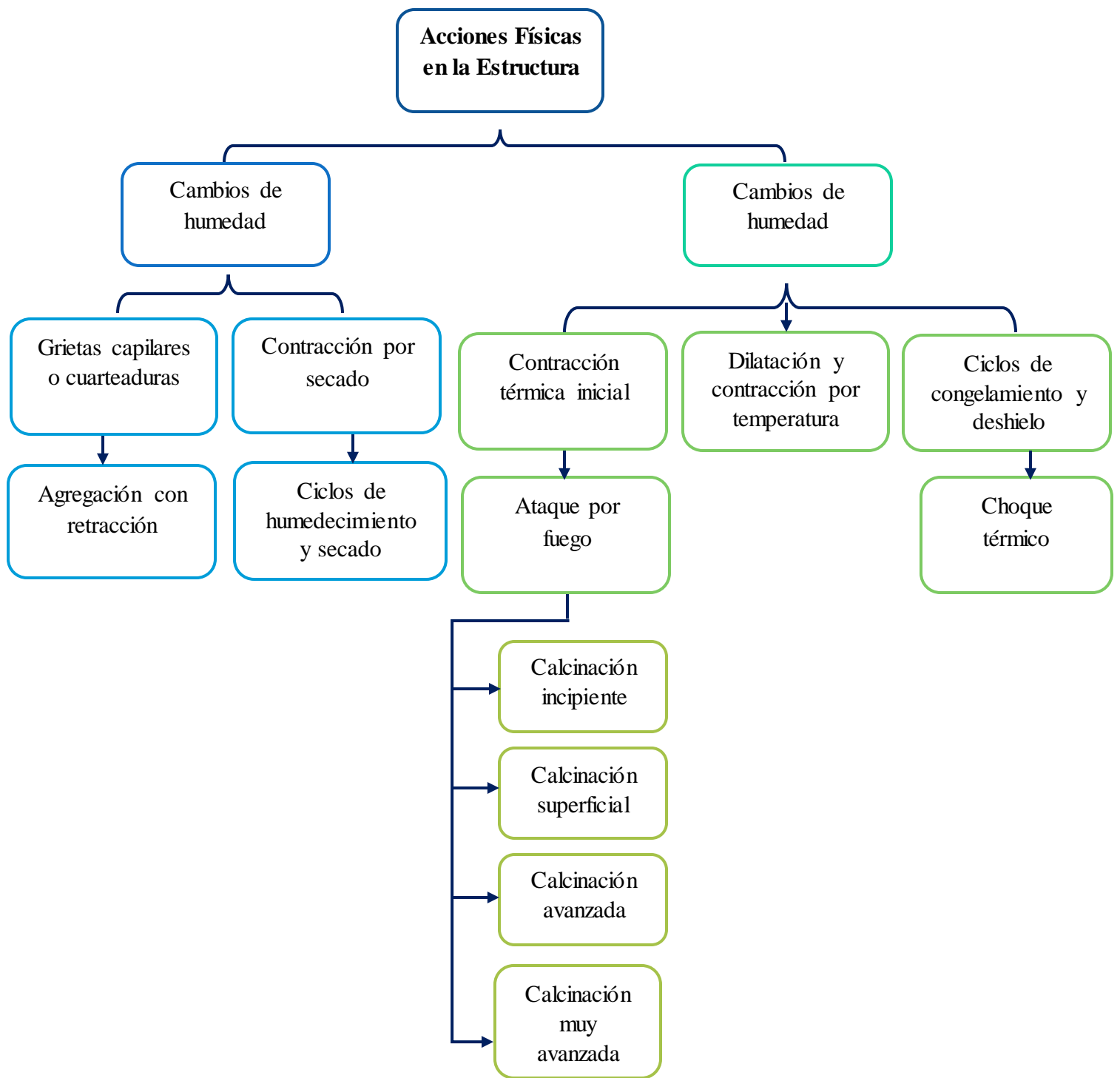


Ilustración 8. *Acciones físicas*

Fuente: (Sánchez de Guzmán, 2006)

2.2.14.1.1. Cambios de Humedad

- **Grietas cuarteaduras:** Se forman de una manera hexagonal, puede darse antes o después que el hormigón haya fraguado. Y se logran formar por la segregación del concreto o por el agua. Cuando este material avanza a la superficie se seca de manera inmediata lo cual causa esfuerzos de tensión, como desventaja causando grietas y fisuras. (Andrés, 2018)



Ilustración 9. *Grietas cuarteadas.*

Fuente: (González F. , 2010)

- **Contracción por secado:** Se conoce como la reducción de volumen en el hormigón, que se halla expuesto en un ambiente húmedo no saturado o también sea por falta de humedad. Para evitar este tipo de grietas es importante reducir al mínimo la cantidad de agua a la mezcla, considerando la consistencia del concreto para que no genere un impacto al darse la contracción realizada por la tensión capilar del agua, en el momento que el hormigón pierde agua. (Andrés, 2018)



Ilustración 10. *Contracción por secado*

Fuente: (Londoño, 1998)

Ciclos de humedecimiento y secado: Aparecen en estructuras hidráulicas donde sus elementos están expuestos la mayor parte del tiempo en el agua. Ya que cuando el elemento se encuentra mucho tiempo en contacto con el agua comienza a secarse, y se da el ciclo de humedecimiento y secado, afectando la corrosión del acero y agrietamiento del concreto. (Andrés, 2018)



Ilustración 11. *Humedecimiento y secado del hormigón.*

Fuente: (Claudio; Claudio)

Desintegración por fatiga: Esto se produce en zonas donde hay descarbonatación de material y la desintegración de la masa de concreto. (Sánchez de Guzmán, 2006)



Ilustración 12. *Desintegración por fatiga.*

Fuente: (COTECNO)

Acciones Químicas en la Estructura

El cemento está compuesto principalmente por los elementos: sílice y la cal, con lo cual se realiza el hormigón. Y son vulnerables y se ven afectados con la presencia de algún tipo de ácido causando un deterioro. Como: desintegración y degradación del hormigón. (Sánchez de Guzmán, 2006)

2.2.14.2. Carbonatación

Es una reacción, cuya afectación es directamente al hormigón, esto logra darse cuando el dióxido de carbono presente en el aire o suelo, ingresa por difusión directamente en los poros del hormigón. Así logrando que el Ph del hormigón disminuye despasivando el acero de refuerzo, produciendo además disminución del volumen del concreto, lo cual se lo denomina como: carbonatación. Como una reacción colateral se produce mayor resistencia superficial en el hormigón, ya que reduce la porosidad porque CaCO_3 logra ocupar mayor volumen que Ca(OH)_2 lo cual es reemplazado.



Ilustración 13. *Carbonatación*

Fuente: (COROBRA, 2022)

Corrosión

La corrosión es el principal problema más grande dentro de las estructuras de hormigón, ya que se produce por la reacción del metal de refuerzo con alguna sustancia del medio ambiente. A causa de la corrosión en el hormigón genera, fisuración interna y fisuración externa del concreto.



Ilustración 14. *Corrosión.*

Fuente: (Jimmy Farrell, 2021)

Se producen dos tipos de corrosión:

- **Corrosión química:** se produce por el ataque de sistemas no electrolíticos, por ejemplo: gases y vapores que se encuentran a temperaturas que no permiten su condensación en la superficie.
- **Corrosión electroquímica:** se produce en el acero de refuerzo embebido en el hormigón y ocurre cuando existe una transferencia de electrones e iones bajo la presencia de un medio acuoso. Esta corrosión puede ser de varios tipos:
 - **Corrosión uniforme:** se genera por la pérdida de la película pasivadora, en beneficio a la disminución del pH a causa de la carbonatación, ya es la presencia de iones de cloruro y por lixiviación de la pasta del cemento.
 - **Corrosión localizada:** Sucede en ciertos lugares específicos, gracias al oxígeno que accede discontinuamente.
 - **Corrosión por picaduras:** Es el tipo de corrosión localizada, que se muestra en forma de picaduras que son estrechas y profundas, donde la película pasivadora se destruye por heterogeneidades.
 - **Corrosión bajo esfuerzo:** Es producida mediante la tracción del acero en contacto con un medio agresivo.
 - **Corrosión biológica:** es producida por la presencia de microorganismos que actúan de manera sinérgica. (Sánchez de Guzmán, 2006)

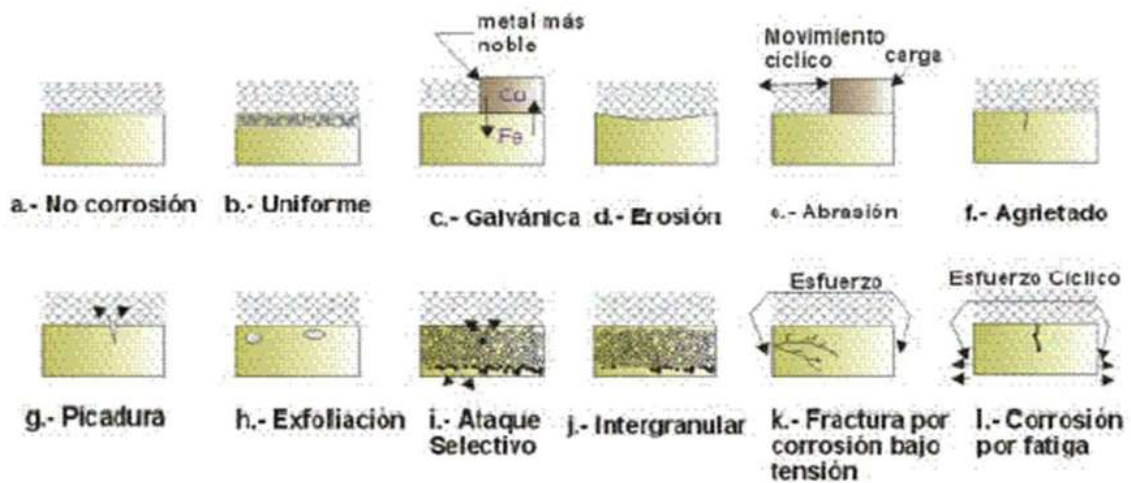


Fig. 3.-Corrosión de metales y aleaciones.

Ilustración 15. Tipos de corrosión.

Fuente: (González Moreno, 2016)

Acciones Mecánicas en la Estructura

2.2.14.3. Deficiencia Estructural

Es cuando se llega a sobrepasar la capacidad de resistencia del material, de manera por precargas o por sobrecargas, ocasionando deflexiones y movimientos excesivos o imprevistos, representando en la estructura de forma microfisuras, fisuras o el colapso.

2.2.14.4. Abrasión

En la estructura, la resistencia de abrasión se define como la capacidad que tiene la superficie para resistir el desgaste, produciendo el frotamiento, fricción y erosión de los materiales. La acción perjudicial cambia de origen y es bastante complicada y por cuya razón se asocia generalmente la resistencia a la abrasión con la resistencia de compresión. (Sánchez de Guzmán, 2006)



Ilustración 16. *Abrasión.*

Fuente: (CHAIYAPHON LOESLAM)

Acciones Biológicas

2.2.14.5. Bacterias

Las bacterias son microorganismos, que se hallan dentro del tamaño de las micras y existen varios tipos y son: bacterias heterotróficas, bacterias sulfo-oxidantes y bacterias sulfo- reductoras. Al combinarse con los químicos que se encuentran en el concreto, el sulfato y la corrosión del acero atacan. (Andrés, 2018)



Ilustración 17. *Bacterias*

Fuente: (YURA)

Hongos

Se las encuentra en presencia de materia orgánica, lo cual pueden causar daños de manera mecánica que afectan a la microestructura que tiene el concreto. (Andrés, 2018)



Ilustración 18. *Hongos.*

Fuente: (Pakizo, 2021)

2.2.15. Daños de una Estructura

Trata sobre un daño en la estructura, afectando al esqueleto que soportan el peso de cada inmueble, como: las columnas, vigas o losas y como desventaja logrando causar un gran colapso ya sea parcial o total. (Seguros, 2021)



Ilustración 19. *Daños en elementos estructurales.*

Fuente: (Haan, 2017)

El deterioro de una estructura se clasifica en tres tipos y son:

2.2.15.1. Congénitos:

Estos daños se dan desde el inicio de la construcción de una edificación, lo cual se relaciona con errores en el diseño, lo cual el ser humano suele provenir, ya sea de manera en el uso de las normas o cuando se hallan los cálculos, produciendo malas prácticas constructivas. (Bedoya, 2010)

2.2.15.2. Adquiridos:

Son daños que van adquiriendo la estructura con el paso del tiempo de su vida útil, generado por agentes externos, que son presentes en el medio ambiente ya sea, en la falta de mantenimiento, envejecimiento o el mal uso de la estructura. (Bedoya, 2010)

2.2.15.3. Accidentales:

Estos daños ocurren de manera imprevista, lo cual no tienen un proyecto para ellos y tampoco son considerados cuando la estructura fue elaborada. Se pueden presentar en la etapa de construcción, cuando se opera la edificación, ya que este tipo de daños se apropian de fenómenos naturales. (Bedoya, 2010)

2.2.16. Fisuración

Este fenómeno se produce cuando un material es sometido a tracción, sobrepasando su última resistencia. La fisuración es tan antigua como el hormigón y debido a que es el daño más común, ha sido motivo de análisis a lo largo de los años por parte de los investigadores. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

En todas las estructuras de hormigón armado podrían aparecer las fisuras, en dependiendo de factores antes mencionados, podría presentarse en días o años. No solo se distinguen por la edad de aparición, sino también por su forma, su abertura etc. Y determinar sus causas nunca es tarea sencilla, pero es de suma importancia como medida previa, para la dar una solución al problema que se podría presentar dentro del hormigón, como la corrosión. Así pues, en fisuras muy abiertas podrían entrar en el elemento, los gases agresivos del tipo químico, siendo eminentemente peligrosos al alcanzar determinados espesores. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

Según (Fernández Cánovas, Manuel, 1994), las principales causas de las fisuras se presentan a continuación, y pueden tener distinto origen, siendo estos:

- **Reacción Álcalis:** generalmente se inicia pasado cinco años de haber puesto el hormigón. En este, se forma una especie de gel a causa de presiones internas que terminan en la fisuración.
- **Alto Contenido de Agua en el Hormigón:** la retracción hidráulica posibilita la aparición de fisuras en el hormigón.
- **Alto Calor de Hidratación:** la excesiva utilización del cemento en la mezcla del hormigón desprende gran cantidad de calor, especialmente cuando dicho cemento es rico en silicato triásico, ocasionando tensiones térmicas que sobrepasan la resistencia del hormigón.
- **Ciclos de Humedad y Sequedad:** son causados por la lluvia y el sol, dando lugar a expansiones y contracciones del material, lo que origina tracciones que causan la fisuración.
- **Cambios de Temperatura:** debido a que, en verano, el hormigón podría alcanzar hasta los 50 °C y en invierno podría alcanzar los -10 °C lo que crearía acortamientos, los mismos que al verse impedidos provocarían la fisuración.
- **Ataque de Sulfatos:** especialmente si estos atacan al aluminato tricálcico hidratado del cemento, generará etringita expansiva, lo que provocará tensiones internas que destruirán el hormigón, previo a fisurarse.

- **Exceso de cargas:** ya sean dinámicas o estáticas provocarán la fisuración.
- **Corrosión:** cuando el hormigón se ubica en un ambiente salino, y generalmente ocurren luego de dos años.

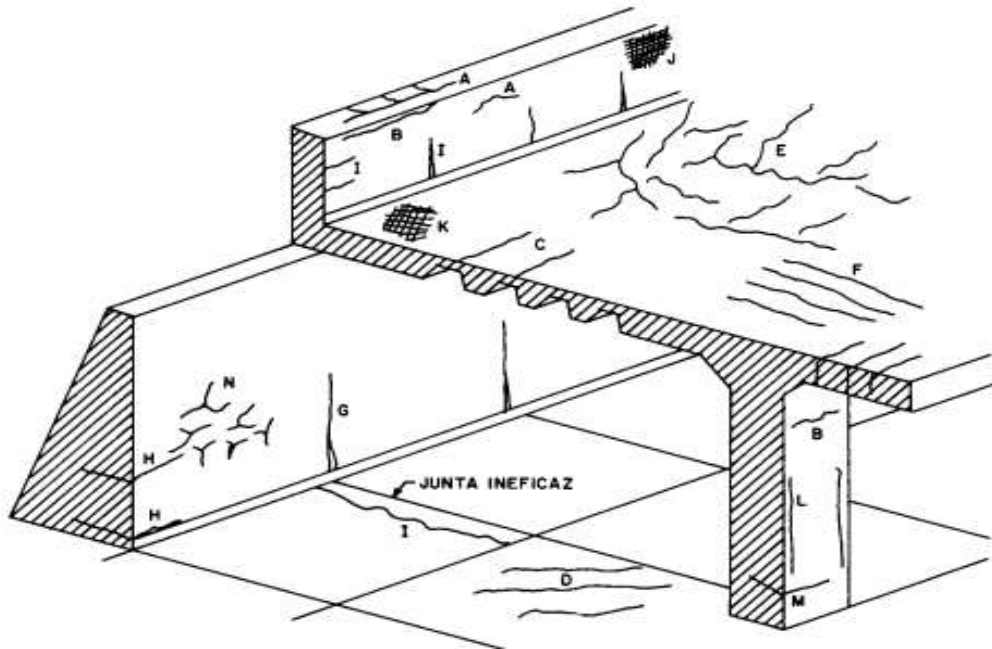


Ilustración 20. Tipos de fisuras presentes en las estructuras de hormigón armado.

Fuente. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

Para que aparezca la fisuración debe existir un proceso que contempla dos etapas, una es la micro fisura inicial y la otra es la macro fisuración posterior. La primera de ellas no se aprecia a simple vista por un técnico y generalmente no aparecen en el exterior, las mismas evolucionan a macro fisuras que son las que toman toda la atención para atenuar la inseguridad en la estructura. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994)

- **Aspectos que se Consideran en la Fisuración del Hormigón Armado**

Como primera fase se emplea la inspección ocular, que, según Fernández Canovas (1994) se complementa con la utilización de ultrasonidos y extracción de testigos, pero se deben considerar los siguientes aspectos:

- Se debe considerar si las fisuras han aparecido en elementos estructurales o en mampostería
- Se deberá comprobar si las fisuras afectan el elemento resistente o se localizan en las capas de protección o revestimientos.
- Se debe observar si los elementos resistentes tienen fisuras superficiales o profundas.
- Observar la línea de fisura, su forma, orientación, manchas de óxido, frecuencia etc.

- Se deberá conocer el espesor de la fisura en la fase de exploración de la estructura, debido a que pueden ser fuente de corrosión
- Se deberá seguir el estado de evolución del elemento fisurado, ya que constituirá un aspecto importante para determinar la sintomatología.
- Será fundamental conocer las causas que han provocado el daño, un especialista deberá evaluar los mismos, y dará ideas de la influencia que podrían tener en la seguridad de dicha estructura.
- La observación debe ser sistemática y organizada y cubrir un intervalo de tiempo lo suficientemente prolongado para dar un veredicto concluyente, teniendo un apoyo fotográfico auxiliar en esos casos.

Las fisuras presentes en elementos estructurales que trabajan a tracción, flexión, cortante o torsión, son inevitables, pero siempre que no sobrepasen los límites no generarán mayor riesgo para las condiciones de servicio para las que fue diseñada la estructura. (Fernández Cánovas, Manuel, 1994) Pag 166 de Canovas.

2.2.17. Análisis Estructural Sísmico

Este análisis es realizado, donde se intervienen los resultados de las cargas gravitacionales, es decir, cargas muertas y sobrecarga y las fuerzas sísmicas. Con este análisis se logra comprobar la estabilidad de la edificación por acción del sismo, la resistencia de los materiales estructurales. (González C. P., 2014)

2.2.18. Criterio de Falla de Materiales

Estos criterios permiten establecer los límites de seguridad de fractura de un material en función de las tensiones, produciendo por acción cargas de tracción, compresión o flexión. Los criterios de falla, ayuda a anunciar estos límites combinando el esfuerzo en cualquier parte de la estructura. (Peceros, 2009)

2.2.19. Comportamiento de los Materiales Clásicos

2.2.19.1. Piedra

La piedra es parte de un material estructural para la construcción de elementos formados por bloques sobrepuestos, y es utilizada en base a dos propiedades que son: facilidad y durabilidad. (Peceros, 2009)

2.2.19.2. Barro

Este material se empezó a utilizar en las construcciones, en la modalidad de tierra apisonada o como relleno de entramados de madera, lo cual tiene como principal

debilidad la degradación y el agrietamiento por causa de una contracción por secado, ya que como consecuencia la vida útil de las construcciones de este tipo. (Peceros, 2009)

2.2.19.3. Adobes

Son bloques secados al sol, unidos con morteros formados por el mismo lodo, lo cual es una técnica muy antigua de alrededor de 3000 años. Tienen grandes variaciones según las cualidades del suelo con que se fabrica y el cuidado en su elaboración. Uno de los problemas que sufren los bloques de adobe es la degradación del material. (Peceros, 2009)

2.2.19.4. Madera

Este material es el más empleado desde la antigüedad, a favor teniendo buena resistencia a esfuerzo de tracción, ya que es un material biológico de formación estructural variada. Tiene como causa el deterioro por: ataques de insectos, pudrición por humedad y destrucción por intemperismo. (Peceros, 2009)

2.2.19.5. Mortero

En una estructura, la mampostería está unida por morteros de cal y arena, lo que tiene propiedades particulares, lo cual la cal tiene resistencia por un proceso de carbonatación que se da por el contacto con el aire. Los morteros de cal y arena alcanzan resistencia en compresión de entre 5 y 20 kg/cm² y son más durables que los morteros de barro. (Peceros, 2009)

2.2.19.5.1. Metal

Este material se caracteriza por su resistencia, ya que es el acero más utilizado. (Peceros, 2009)

2.3. Marco Legal

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2011

- Capítulo 1, numeral 1.2.4 “Requisitos de durabilidad del hormigón”
- Capítulo 2, “Peligro sísmico”

Instituto Americano del Concreto (ACI 2011)

- ACI 201, “Durabilidad del Hormigón”
- ACI 224.1 R, “Causas, evaluación y reparación de grietas en estructuras de hormigón”
- ACI 228.1 R, “Métodos en sitio para determinar la resistencia del hormigón”
- ACI 364 R, “Guía para la evaluación de estructuras de hormigón antes de la rehabilitación”

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM)

- Norma ASTM C42, “Método normalizado de obtención y ensayo de núcleos perforados de hormigón”
- Norma ASTM E119, “Método de ensayo para medir la resistencia al fuego del hormigón”
- Norma ASTM C227, “Reacción álcali – agregado”
- Norma ASTM C295, “Caracterización petrográfica del agregado”
- Norma ASTM C452, C1012, “Resistencia a los sulfatos”
- Norma ASTM C586, “Reacción álcali-carbonato”
- Norma ASTM C805, “Procedimiento martillo esclerómetro”
- Norma ASTM C856, “Examen por microscopio petrográfico del hormigón endurecido”
- Norma ASTM C876, “Protección contra la corrosión”
- Norma ASTM C779, “Resistencia a la abrasión”

Norma Técnica Colombiana NTC

- Norma NTC 3692, “Procedimiento martillo esclerómetro”
- Norma NTC 3759, “Resistencia a la penetración”
- Norma NTC 3658, “Extracción de núcleos”

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

Para la recolección del análisis de datos la investigación es de enfoque cualitativo, ya que se observan las cualidades físicas internas y externas de la estructura del edificio Municipal de Esmeraldas.

3.2. Alcance de la investigación

La estructura del edificio Municipal de Esmeraldas ubicado en el parque central, en las calles Bolívar y 9 de Octubre, data de hace más de 40 años y fue construido piso por piso en diferentes periodos, donde funcionó el primer Cabildo de Esmeraldas. Por su gran historia este Municipio es considerado actualmente como patrimonio natural, ya que ha pasado por varios tipos de intervenciones de manera estructural, que han puesto en duda el funcionamiento de sus estructuras y mampostería. La vulnerabilidad de las estructuras se refleja mediante el análisis y evaluación de sus daños, que presenta los materiales de las estructuras de una construcción, lo cual llega a ocasionar varios tipos de desventajas, causando incomodidad a sus ocupantes, hasta el colapso total de la edificación. La importancia de la realización del análisis en el edificio para la ciudad, junto a la ingeniería y la construcción, se basa en obtener resultados confiables para la seguridad de la estructura.

3.3 Técnica e Instrumentos

Los daños presentes en la estructura del edificio Municipal de Esmeraldas, se recopila la información a través de:

Tabla 4. *Técnicas e instrumentos*

Técnica	Instrumentos
Estudio de caso	Guía de trabajo
Evaluación	Información de zona
Entrevista	Información de zona analizada

Elaborado por. (Andrade, 2023)

3.4 Población y Muestra

Tipos de Muestra en Investigación Cualitativa

- Muestra no probabilística: Muestreo de los casos (casos extremos, casos críticos, casos sensibles y casos no extremos).
- Evidencia de las zonas afectadas por el sismo.

3.5 Presentación y Análisis de Resultados

3.5.1 Identificación de daños

Las lesiones evidentes muestran los diferentes fallos que la estructura a obtenido en el transcurso de los años, después de la ocurrencia del sismo:

- Colapso de estructura
- Columna corta
- Rotura de columna
- Rotura de viga
- Rotura de muro
- Grietas de loza
- Grietas de muro
- Grietas cuarteaduras
- Desintegración por fatiga
- Corrosión

3.5.1.1 Rotura de columna

La estructura municipal presenta fenómenos de columnas cortas. Lo cual la columna rompe la cortante generando tensión que produce el corte, se logra observar.



Ilustración 21. *Rotura de columna edificio Municipal de Esmeraldas*

Fuente. (Andrade, 2023)

3.5.1.2 Rotura de muro

En la siguiente figura se muestra el fallo del muro por cortante, falta de refuerzo en armadura. Se produce cortante por hundimiento, la tensión generada por el segundo nivel a los elementos del primer nivel lo cual hacen que estos fallen.



Ilustración 22. Rotura de muro de Municipio de Esmeraldas

Fuente. (Andrade, 2023)

3.5.1.3 Rotura general en planta

Se debe tener en cuenta que, para las edificaciones sísmicas, al momento de elaborar los muros, es de mucha importancia que el diseño sea equitativo, ya sea en la planta como en las elevaciones, ya que el peso debe estar equilibrado evitando los momentos torsor.



Ilustración 23. Rotura losa general en planta de Municipio de Esmeraldas

Fuente. (Andrade, 2023)

3.5.1.4 Colapso general

En esta ilustración se muestra como el edificio Municipal colapsa al fallar parte de su estructura interior aplastando el nivel inferior.



Ilustración 24. *Colapso General de escaleras de Municipio de Esmeraldas*

Fuente. (Andrade, 2023)

3.5.1.5 Grietas graves en paredes

En esta ilustración se muestra una rotura grave en la estructura.



Ilustración 25. *Grietas graves en paredes (Municipio Esmeraldas)*

Fuente. (Andrade, 2023)

3.5.1.6 Grietas leves en paredes

Se logra observar leves roturas dentro de la estructura.



Ilustración 26. Grietas leves en paredes (Municipio de Esmeraldas)

Fuente. (Andrade, 2023)

3.5.1.7 Grietas en losa

En la estructura se observan grietas en la losa en la segunda planta.



Ilustración 27. Grietas en losa (Municipio de Esmeraldas)

Fuente. (Andrade, 2023)

3.5.1.8 Fallo en escalera

La escalera presenta un desprendimiento y agrietamiento.



Ilustración 28. Fallo en escalera (Municipio de Esmeraldas)

Fuente. (Andrade, 2023)

3.5.2 Evaluación General del Impacto Destructivo en la Zona

En la ciudad de Esmeraldas en la parroquia Esmeraldas las edificaciones fueron afectadas por el sismo ocurrido, muchas colapsaron en el proceso constructivo, provocando fallo estructural. Dentro de la estructura se logra observar algunos fallos de vigas, columnas, mampostería, instalaciones eléctricas y de agua potable.

La evaluación se basa en los daños que sufrió la estructura, como resultado los niveles de daños de manera cualitativa.

Para el desarrollo de la evaluación de la edificación se utilizó el “Formulario de Evaluación Rápida” de acuerdo a las normas NEC-SE-DS.

Una vez ocurrido el sismo los elementos estructurales se logra encontrar:

- Grietas verticales y diagonales en las columnas y losa.
- Desprendimiento del recubrimiento.
- Aplastamiento de concreto.
- Fractura de refuerzo.
- Fallas debido a la adherencia del concreto.
- Desprendimiento de concreto.

Formulario de Evaluación Rápida

Inspección

Nombre: Ariela Andrade Fecha, Hora y Lugar de la Inspección : 8:00 15/06/2021, Esmeraldas AM PM
 Inspector/CI: 0850826066 Áreas Inspeccionadas: Solo Exterior Exterior e Interior

Descripción de la Edificación

Nombre de la edificación:
Edificio Municipal del Esmeraldas
 Dirección:
Calles Bolívar y 9 de octubre
 Número de contacto celular de la edificación: (+593-6) 2 995220
 Número de pisos sobre el suelo: 5
 Subsuelos: 1
 Área en planta (m2 o ft2): 8,598,75 M2
 Número de residencias habitadas: 0
 Número de resistencia no habitadas: 0

Tipo de Construcción

- Estructura de madera
 Estructura metálica
 Estructura modular prefabricada
 Estructura de hormigón

- Estructura con muros de hormigón
 Mampostería sin Refuerzo Estructural
 Mampostería con Refuerzo Estructural
 Otros _____

Tipo de Ocupación

- Familiar
 Otro tipo de resistencia
 Asamblea Pública
 Servicios de emergencia

- Comercial Gubernamental
 Oficinas Histórico
 Industrial Colegios
 Otros _____

Evaluación

Investigar la edificación y marcar sus condiciones en una de las columnas.

Condiciones Observadas:

Colapso total, parcial o su cimentación afectada
 Edificación fuera de plomo
 Agrietamiento en muros u otro daño estructural
 Daños en el antepecho, chimenea u otro elemento que amenace con caer
 Otro (Especificar)
 Condiciones Observadas: La estructura posee agrietamientos en muros, loza, columnas y desgaste de material por humedad.

Poca/Ninguna	Moderada	Severa
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Marcación

Determinar la marcación de la estructura en base a la evaluación de investigación. Las condiciones severas que amenace el estado estructural de una edificación son suficientes para clasificarla como insegura. Condiciones de daños severas y moderadas pueden clasificar a la estructura como Uso Restringido. Marcar a las estructuras con la pancarta INSPECCIONADAS únicamente en la entrada principal. Marcar a la estructura con la pancarta de USO RESTRINGIDO o INSEGURIDAD en todas las entradas.

- INSPECCIONADA (Pancarta verde) **USO RESTRINGIDO** (Pancarta amarilla) **INSEGURO** (Pancarta roja)

Identificar cualquier restricción de uso existente al igual en la pancarta de marcación:

El edificio Municipal de Esmeraldas, se lo caracteriza como inseguro, ya que, al tener varios tipos de daños en la estructura externa e interna, es muy difícil la circulación de habitantes que laboran ahí. Solo, los trabajadores que están en la remodelación de la estructura.

Futuras Acciones Poner check en cualquier de las cajas que se enseñan a continuación en el caso de que si se necesitan futuras acciones

Uso de barricadas en las siguientes áreas: _____

Recomienda Evaluación Detallada Estructural Geotécnica Otra: _____

Otra recomendación: _____

Comentarios: _____

Ilustración 29: Formulario de Evaluación Rápida de Estructuras Post-Evento

Fuente: (Andrade, 2023)


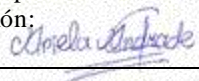
EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES						
PLANTA BAJA						
	Datos de Edificación:					
	Nombre de la edificación: Palacio Municipal de Esmeraldas					
	Dirección: Calle Bolívar y 9 de Octubre.					
	Fecha de evaluación: 01/07/2021			Tipo de uso: Asamblea Pública		
	Año de construcción: 1898			Año de remodelación: 2019		
Área construida: 8,598,75 M ²			Número de pisos: 0/5			
TRIOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL						
Madera	W1	Pórtico Hormigón Arado con muros estructurales				C2
Mampostería sin refuerzo	URM					
Mixta acero- hormigón o mixta madera-hormigón	MX	Pórtico Hormigón Armado mampostería combinada sin refuerzo				C3
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTALES FINAL S						
Tipología del sistema estructural	W1	URM	MX	C2	C3	Promedio
Puntaje Básico	4.4	1.8	1.8	2.8	1.6	0.2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN						
Baja altura (menor 4 pisos)	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	0.2	0
Gran Altura (mayor 7 pisos)	N/A	N/A	0.3	0.8	0.3	
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN						
Irregularidad Vertical	-2.5	-1	-1.5	-1	-1	-0.1
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN						
Pre- código (construido antes de 1977)	0	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.1
Construido en etapa de transición (1977-2001)	0	0	0	0	0	
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	1	2.4	1.4	
TIPO DE SUELO						
Tipo Suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Tipo Suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	
Tipo Suelo E	0	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.1
PUNTAJE FINAL, S						0.2
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA						
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial			x		Firma responsable de evaluación: 
2.0>S>2.5	Media vulnerabilidad					
S>2.5	Baja vulnerabilidad					
OBSERVACIÓN: Este tipo de daño, es una escalera en mal estado que se encuentra en la planta baja de la estructura. Existe riesgo en la estructura en caso de sismo. Por el daño grave que tuvo la escalera, se derroca.						

Ilustración 30: Formulario: Evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones

Fuente: (Andrade, 2023)


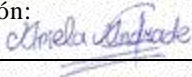
EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES						
1ra PLANTA						
	Datos de Edificación:					
	Nombre de la edificación: Palacio Municipal de Esmeraldas					
	Dirección: Calle Bolívar y 9 de Octubre.					
	Fecha de evaluación: 01/07/2021			Tipo de uso: Asamblea Pública		
	Año de construcción: 1898			Año de remodelación: 2019		
Área construida: 8,598,75 M ²			Número de pisos: 1/5			
TRIOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL						
Madera	W1	Pórtico Hormigón Arado con muros estructurales				C2
Mampostería sin refuerzo	URM					
Mixta acero- hormigón o mixta madera-hormigón	MX	Pórtico Hormigón Armado mampostería combinada sin refuerzo				C3
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTALES FINALES						
Tipología del sistema estructural	W1	URM	MX	C2	C3	Promedio
Puntaje Básico	4.4	1.8	1.8	2.8	1.6	0.2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN						
Baja altura (menor 4 pisos)	0	0	0	0	0	
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	0.2	0
Gran Altura (mayor 7 pisos)	N/A	N/A	0.3	0.8	0.3	
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN						
Irregularidad Vertical	-2.5	-1	-1.5	-1	-1	-0.1
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN						
Pre- código (construido antes de 1977)	0	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.1
Construido en etapa de transición (1977-2001)	0	0	0	0	0	
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	1	2.4	1.4	
TIPO DE SUELO						
Tipo Suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Tipo Suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	
Tipo Suelo E	0	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.1
PUNTAJE FINAL, S						0.2
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA						
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial		x		Firma responsable de evaluación: 	
2.0>S>2.5	Media vulnerabilidad					
S>2.5	Baja vulnerabilidad					
OBSERVACIÓN: Esta escalera es la principal para llegar a los pisos superiores, con colapso en mampostería. Se derrocó las paredes y la escalera para reforzar.						

Ilustración 31: Formulario: Evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones

Fuente: (Andrade, 2023)



EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES						
2da PLANTA						
	Datos de Edificación:					
	Nombre de la edificación: Palacio Municipal de Esmeraldas					
	Dirección: Calle Bolívar y 9 de Octubre.					
	Fecha de evaluación: 01/07/2021			Tipo de uso: Asamblea Pública		
	Año de construcción: 1898			Año de remodelación: 2019		
Área construida: 8,598,75 M ²			Número de pisos: 2/5			
TRIOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL						
Madera	W1	Pórtico Hormigón Arado con muros estructurales				C2
Mampostería sin refuerzo	URM					
Mixta acero- hormigón o mixta madera-hormigón	MX	Pórtico Hormigón Armado mampostería combinada sin refuerzo				C3
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTALES FINAL S						
Tipología del sistema estructural	W1	URM	MX	C2	C3	Promedio
Puntaje Básico	4.4	1.8	1.8	2.8	1.6	0.2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN						
Baja altura (menor 4 pisos)	0	0	0	0	0	
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	0.2	0
Gran Altura (mayor 7 pisos)	N/A	N/A	0.3	0.8	0.3	
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN						
Irregularidad Vertical	-2.5	-1	-1.5	-1	-1	-0.1
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN						
Pre- código (construido antes de 1977)	0	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.1
Construido en etapa de transición (1977-2001)	0	0	0	0	0	
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	1	2.4	1.4	
TIPO DE SUELO						
Tipo Suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Tipo Suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	
Tipo Suelo E	0	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.1
PUNTAJE FINAL, S						0.2
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA						
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial			x	Firma responsable de evaluación: 	
2.0>S>2.5	Media vulnerabilidad					
S>2.5	Baja vulnerabilidad					
OBSERVACIÓN: Esta mampostería está localizada en el piso superior, con colapso total. Se derrocó totalmente todo, para ser reemplazada y con más refuerzo.						

Ilustración 32: Formulario: Evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones

Fuente: (Andrade, 2023)



EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES						
3ra PLANTA						
			Datos de Edificación:			
			Nombre de la edificación: Palacio Municipal de Esmeraldas			
			Dirección: Calle Bolívar y 9 de Octubre.			
			Fecha de evaluación: 01/07/2021		Tipo de uso: Asamblea Pública	
			Año de construcción: 1898		Año de remodelación: 2019	
Área construida: 8,598,75 M ²			Número de pisos: 3/5			
TRIOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL						
Madera	W1	Pórtico Hormigón Arado con muros estructurales				C2
Mampostería sin refuerzo	URM					
Mixta acero- hormigón o mixta madera-hormigón	MX	Pórtico Hormigón Armado mampostería combinada sin refuerzo				C3
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTALES FINAL S						
Tipología del sistema estructural	W1	URM	MX	C2	C3	Promedio
Puntaje Básico	4.4	1.8	1.8	2.8	1.6	0.2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN						
Baja altura (menor 4 pisos)	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	0.2	0
Gran Altura (mayor 7 pisos)	N/A	N/A	0.3	0.8	0.3	
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN						
Irregularidad Vertical	-2.5	-1	-1.5	-1	-1	-0.1
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN						
Pre- código (construido antes de 1977)	0	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.1
Construido en etapa de transición (1977-2001)	0	0	0	0	0	
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	1	2.4	1.4	
TIPO DE SUELO						
Tipo Suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Tipo Suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	
Tipo Suelo E	0	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.1
PUNTAJE FINAL, S						0.2
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA						
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial	x			Firma responsable de evaluación: 	
2.0>S>2.5	Media vulnerabilidad					
S>2.5	Baja vulnerabilidad					
OBSERVACIÓN: Esta loza, ubicada en el salón de actos con grietas graves. Tuvo que ser derrocada por peligro y liberar peso en la estructura.						

Ilustración 33: Formulario: Evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones

Fuente: (Andrade, 2023)



EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES						
4ta PLANTA						
	Datos de Edificación:					
	Nombre de la edificación: Palacio Municipal de Esmeraldas					
	Dirección: Calle Bolívar y 9 de Octubre.					
	Fecha de evaluación: 01/07/2021			Tipo de uso: Asamblea Pública		
	Año de construcción: 1898			Año de remodelación: 2019		
Área construida: 8,598,75 M ²			Número de pisos: 4/5			
TRIOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL						
Madera	W1	Pórtico Hormigón Arado con muros estructurales				C2
Mampostería sin refuerzo	URM					
Mixta acero- hormigón o mixta madera-hormigón	MX	Pórtico Hormigón Armado mampostería combinada sin refuerzo				C3
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTALES FINALES						
Tipología del sistema estructural	W1	URM	MX	C2	C3	Promedio
Puntaje Básico	4.4	1.8	1.8	2.8	1.6	0.2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN						
Baja altura (menor 4 pisos)	0	0	0	0	0	
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	0.2	0
Gran Altura (mayor 7 pisos)	N/A	N/A	0.3	0.8	0.3	
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN						
Irregularidad Vertical	-2.5	-1	-1.5	-1	-1	-0.1
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN						
Pre- código (construido antes de 1977)	0	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.1
Construido en etapa de transición (1977-2001)	0	0	0	0	0	
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	1	2.4	1.4	
TIPO DE SUELO						
Tipo Suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Tipo Suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	
Tipo Suelo E	0	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.1
PUNTAJE FINAL, S						0.2
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA						
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial			x	Firma responsable de evaluación: 	
2.0>S>2.5	Media vulnerabilidad					
S>2.5	Baja vulnerabilidad					
OBSERVACIÓN: Esta pared en el piso superior, la cual tuvo más daños graves, tuvo que ser derrocada. La pared será reemplazada y con refuerzo antisísmico.						

Ilustración 34: Formulario: Evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones

Fuente: (Andrade, 2023)


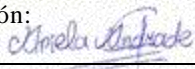
EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES						
5ta PLANTA						
	Datos de Edificación:					
	Nombre de la edificación: Palacio Municipal de Esmeraldas					
	Dirección: Calle Bolívar y 9 de Octubre.					
	Fecha de evaluación: 03/01/2022			Tipo de uso: Asamblea Pública		
	Año de construcción: 1898			Año de remodelación: 2019		
Área construida: 8,598,75 M ²			Número de pisos: 5/5			
TRIOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL						
Madera	W1	Pórtico Hormigón Arado con muros estructurales				C2
Mampostería sin refuerzo	URM					
Mixta acero- hormigón o mixta madera-hormigón	MX	Pórtico Hormigón Armado mampostería combinada sin refuerzo				C3
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTALES FINALES						
Tipología del sistema estructural	W1	URM	MX	C2	C3	Promedio
Puntaje Básico	4.4	1.8	1.8	2.8	1.6	0.2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN						
Baja altura (menor 4 pisos)	0	0	0	0	0	
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	0.2	0
Gran Altura (mayor 7 pisos)	N/A	N/A	0.3	0.8	0.3	
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN						
Irregularidad Vertical	-2.5	-1	-1.5	-1	-1	-0.1
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN						
Pre- código (construido antes de 1977)	0	-0.2	-1.2	-1	-0.2	-0.1
Construido en etapa de transición (1977-2001)	0	0	0	0	0	
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	1	2.4	1.4	
TIPO DE SUELO						
Tipo Suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Tipo Suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	
Tipo Suelo E	0	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.1
PUNTAJE FINAL, S						0.2
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA						
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial		x		Firma responsable de evaluación: 	
2.0>S>2.5	Media vulnerabilidad					
S>2.5	Baja vulnerabilidad					
OBSERVACIÓN: La última planta superior, las columnas fueron derrocadas del todo, con el fin de liberar carga en la estructura.						

Ilustración 35: Formulario: Evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones

Fuente: (Andrade, 2023)

3.6 Entrevista



Ilustración 36: *Entrevista: Ing. Roberto Solórzano, Fiscalizador de obra, Municipio de Esmeralda.*

Fuente: (Andrade, 2023)

Se realizó una entrevista por medio de preguntas el día 14 de diciembre del año 2022, adjuntando más información por parte del Ingeniero Roberto Solórzano, fiscalizador de obra del Municipio de Esmeraldas sobre los daños localizados en la estructura antes y después del sismo. Las cuales son:

1. ¿Cómo afectó el sismo del año 2016 en la estructura?

El sismo del año 2016 tuvo afectaciones en la estructura del edificio Municipal de Esmeraldas, lo cual debió ser evacuado para poner en buen recaudo todo el personal que laboraba en el edificio, posteriormente se realizaron unas visitas técnicas del personal del MIES(Ministerio de Inclusión Económica y Social) para realizar un pequeño diagnóstico preliminar del estado del edificio, lo cual consideraron que debía mantenerse restringido hasta que se hicieran evaluaciones más profundas, pero hubo una afectación no al grado de un colapso total, pero ciertos elementos que tuvieron problemas graves.

2. ¿La estructura fue diseñada para resistir eventos sísmicos?

Se debe reconocer que este edificio tiene más de 40 años, lo cual para su diseño en esa época no se contaba con normativas como existen en la actualidad sobre diseño sismo resistente, entonces los diseños de esta estructura no cuentan con ello, lo cual esta es una de las razones de algunas de las afectaciones que tuvo la estructura y no pudo

soportar eventos sísmicos del año 2016 y cabe recordar que hubo sismos más fuertes años atrás, en el año 1986 y otro en el año 1979.

3. ¿Cuántas intervenciones de rehabilitación ha tenido la estructura en el transcurso de los años?

La estructura nunca había tenido rehabilitación en la edificación, simplemente readecuación y mantenimiento de áreas o de limpieza y esta es la primera rehabilitación que se hace de manera integral, donde se está reparando cuestiones que ha dejado el sismo como: paredes con grietas, mampostería y ciertos elementos estructurales, losas, etc. Y la losa del piso superior (4to) sufrió algunas afectaciones y la última losa (5to) por la afectación grave tuvo que ser derrocada, con la finalidad de liberar pesos para que en una futura ocasión pueda tener mejor resistencia a un eventual sismo.

4. ¿Qué perjuicios presentó la estructura tras los daños producidos por el sismo del año 2016?

Entre las más importantes que tuvo como afectaciones fue en mampostería sobre todo de los pisos superiores (4to y 5to), donde fue la mayor parte de afectaciones y por ese motivo tuvo que ser derrocada y para quitarle peso a la edificación lo cual se consideró como una salida y razón justificada para que la estructura posteriormente no tenga inconvenientes durante sismos venideros. Es el problema fundamental y es por esta razón el proceso de rehabilitación para dotar a la estructura un diseño sismo resistente, lo cual parte de los trabajos que se están realizando es en elementos de columnas, muros de corte para dar a la estructura mayor rigidez y pueda soportar eventos sísmicos.

5. ¿Fue el edificio identificado como un lugar de uso restringido o no?

En la inspección que realizó el personal del MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda) en el año 2016 en la zonas afectadas por el sismo, consideró que la estructura por lo grande que es y porque es zona de atención a usuarios y personal que trabaja, por las afectaciones de mampostería, fisura, etc., consideró que debía ser restringido y a partir de ahí se hizo el desalojo del edificio reubicando al personal a otras edificaciones en mejor estado, hasta que se procediera hacer la rehabilitación estructural que es lo que se está realizando en la actualidad.

3.7 Propuesta

3.7.1 Título de la propuesta

Análisis de daños presentes causados por el sismo 2016 en la estructura del edificio municipal de Esmeraldas.

3.7.2 Desarrollo de la Propuesta

La edificación analizada ubicada en la calle Bolívar y 9 de Octubre en la ciudad de Esmeraldas de la parroquia Esmeraldas es de uso laboral identificada como Palacio Municipal de Esmeraldas: es uno de los edificios más emblemáticos hace 40 años, fue el primero en la zona.

Con el terremoto del 16 de abril del 2016, sufrió en su estructura muchas afectaciones, por lo que el Comité de Operaciones de Emergencia (COE) lo consideró como zona de riesgo inhabitable.

Lo cual se realizaron varias evaluaciones estructurales privadas, llegando a la conclusión de ser rehabilitado porque su estructura no tenía daños estructurales graves.

CONCLUSIONES

- a) El análisis de la edificación Municipal de Esmeraldas ubicada en las calles Bolívar y 9 de Octubre en la ciudad de Esmeraldas se desarrolló mediante el uso de la “Formulario de Evaluación Rápida de Daños para Inspección Rápida de Edificios Públicos” de la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas del Gobierno de Ecuador donde se evidenció los daños de la estructura ocasionados durante el sismo de 7.8 M en la Escala de Richter.
- b) En base de esta evaluación se concluye que la edificación tuvo varios daños por falta de mantenimiento. La realización del análisis determina la ejecución para reforzamiento, reparación y sustitución, garantizando el cumplimiento de las Ordenanzas Municipales y de las Normas Ecuatorianas de la Construcción, con el fin de brindar la seguridad y una buena ejecución de los métodos constructivos a los trabajadores y los que habitan cerca de la zona.
- c) Se logró obtener los resultados de la ficha de observación de la estructura logrando observar los diferentes tipos de daños que posee, para llegar a posibles soluciones futuras.

RECOMENDACIONES

- a) Es recomendable realizar un estudio cuantitativo de resistencia estructural, para aumentar la resistencia del edificio Municipal, en la provincia de Esmeraldas.
- b) Se recomienda, la utilización correcta de las normas antisísmicas y correcto plan de construcción, para que la estructura tenga un soporte en los esfuerzos y una vida útil duradera, ubicado en la provincia de Esmeraldas.
- c) Es recomendable aplicar en la evaluación de Sismo resistencia estructural, los estudios aprendidos para que la estructura logre tener estabilidad, provincia de Esmeraldas, así evitar un mal funcionamiento o colapso a futuro.

BIBLIOGRAFÍA

(ASTM), S. A. (s.f.).

Abrasión. (s.f.). Obtenido de: <https://es.dreamstime.com/abrasi%C3%B3n-blanca-del-color-de-la-pared-image133105847>.

ACI. (2008). American Concrete Institute.

Andrade, A. (2023).

Andrés, P. C. (2018). *Determinación del Grado de Deterioro Producido por la Acción del Clima en Diferentes Materiales de Construcción Utilizados en Edificaciones de la Ciudad de Quito*. Quito: PUCE.

Angel, H. Z. (2017). *Revisión de estructuras dañadas en sismos ocurridos en la Ciudad de México a la luz de nuevos conocimientos*. México: esis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/88289>.

Antonio, A. M. (2016). *Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca-Ecuador*. Cuenca: UNIVERSIDAD DE CUENCA.

Bacterias. (s.f.). Obtenido de: <https://www.yura.com.pe/blog/patologias-del-concreto/>.

Bedoya, R. (2010). *Evaluación Patológica del Edificio de la Policía Nacional Ubicado en las calles, Jorge Drom y Unión Nacional de Periodistas, en la Ciudad de Quito*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Broto, C. (2004). *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción*. España: Gustavo Gili S.A.

Carbonatación. (s.f.). Obtenido de: <https://www.corobra.com/post/carbonataci%C3%B3n-del-concreto-c%C3%B3mo-detectarla>.

CEC-2022. (2022). Quito: Código Ecuatoriano de la Construcción .

CENAPRED. (2005). CENAPRED. Obtenido de <https://www.cenapred.unam.mx/es/PreguntasFrecuentes/faqpopo3.html>.

CHAIYAPHON LOESLAM. (s.f). Thailand: Dreamstime. Obtenido de <https://es.dreamstime.com/abrasi%C3%B3n-blanca-del-color-de-la-pared-image133105847>

Claudio. (s.f). *Humedad húmeda en la pared*. FREEPIK. Obtenido de https://www.freepik.es/fotos-premium/humedad-humeda-pared_23042713.htm

Contracción por Secado. (s.f.). Obtenido de: <http://www.mundoark.com.pe/2013/01/articulo-las-fisuras-en-los-muros-de.html>.

COROBRA. (2022). *Carbonatación del Hormigón*. COROBRA . Obtenido de <https://www.corobra.com/post/carbonataci%C3%B3n-del-concreto-c%C3%B3mo-detectarla>

- Corrosión*. (s.f.). Obtenido de: <https://sn.astm.org/spanish/?q=update/corrosi%C3%B3n-de-l-concreto-jf21.html>.
- COTECNO. (s.f.). *Tipos de daños químicos en estructuras de hormigón*. Obtenido de <https://www.cotecno.cl/tipos-de-danos-quimicos-en-estructuras-de-hormigon/>
- Cristina, M. (2011). *Patologías de la Construcción (Porcentual de Patologías- Ley de Sitter)*. Obtenido de: https://documen.site/download/porcentual-de-patologias-ley-de-sitter_pdf#.
- Esmeraldas, A. d. (2019). *Memoria Técnica Remodelación del Palacio Municipal y Parque 20 de Marzo*. Esmeraldas: Alcaldía de Esmeraldas.
- Esmeraldas, P. d. (2010). Prefectura Esmeraldas. Obtenido de <https://prefecturadeesmeraldas.gob.ec/index.php/provincia-de-esmeraldas/>.
- Estructural, D. e. (s.f.). Obtenido de: <https://eadic.com/blog/entrada/causas-de-la-disminucion-de-la-seguridad-estructural/>.
- Fatiga, D. p. (s.f.). Obtenido de: <https://www.cotecno.cl/tipos-de-danos-quimicos-en-estructuras-de-hormigon/>.
- Fernández Cánovas, M. (1994). *Patología y terapéutica del hormigón armado*. España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Servicio de Publicaciones.
- Fernández Cánovas, Manuel. (1994). *Patología y Terapéutica del hormigón armado*. Madrid.
- González Moreno, J. (2016). *Tipos de Corrosión en Materiales*. Universidad Tecnológica de Jalisco. Obtenido de https://miutj2.files.wordpress.com/2016/01/exp1_profesor_1-1_tipos-de-corrosion.pdf
- González, C. M. (2014). *Análisis de daños estructurales causados por sismos en escuelas públicas de República Dominicana*. Barcelona: ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA (ETSAB) Obtenido de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24633/20141210%20TFM%20Carmen%20Moreno.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- González, C. P. (2014). *Análisis de daños estructurales causados por sismos en escuelas públicas de Rep.Dom.* Barcelona: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24633/20141210%20TFM%20Carmen%20Moreno.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- González, F. (2010). *Bacterias para eliminar grietas en el hormigón*. Batiburrillo. Obtenido de <https://www.batiburrillo.net/bacterias-para-eliminar-grietas-en-el-hormigon/>
- Granada, U. D. (s.f.). *Sismos: daños en edificios y construcciones*. Instituto Andaluz Universitario de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos, obtenido de: <https://ia.gpds.ugr.es/divulgacion/terremotos/danios-edificios-construcciones>.
- Grietas Cuarteadas*. (s.f.). Obtenido de: <https://www.batiburrillo.net/bacterias-para-eliminar-grietas-en-el-hormigon/>.

- Haan, L. d. (2017). *Causas de la disminución de la seguridad estructural*. Obtenido de <https://eadic.com/blog/entrada/causas-de-la-disminucion-de-la-seguridad-estructural/>
- Hongos. (s.f.). Obtenido de: <https://es.dreamstime.com/el-sucio-cemento-oscuro-o-suelo-de-hormig%C3%B3n-con-hongos-y-bacterias-superficie-h%C3%BAmeda-%C3%A1spera-en-la-puede-extenderse-propagarse-e-image170079218>.
- Humedecimiento y Secado de Hormigón*. (s.f.). Obtenido de: https://www.freepik.es/fotos-premium/humedad-humeda-pared_23042713.htm.
- Jenny Arias, K. C. (Septiembre 2016). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015.
- Jimenez, M. (2008). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gilli.
- Jimmy Farrell. (2021). *Corrosión del concreto*. ASTM INTERNATIONAL . Obtenido de <https://sn.astm.org/spanish/update/corrosion-del-concreto-jf21.html>
- Jose Escorihuela, O. F. (s.f.). *La Durabilidad del Hormigón*. Monografía 232 de IETCC.
- Londoño, C. (1998). *¿QUÉ SABES DE LA CONTRACCIÓN (RETRACCIÓN) DEL CONCRETO?* Colombia: Empresa de Cemento ARGOS. Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/que-sabes-de-la-contraccion-retraccion-del-concreto/>
- López, P. A. (2022). *ANÁLISIS DEL NIVEL DE DAÑO PARA DIFERENTES NIVELES DE PELIGRO SÍSMICO EN ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN Y*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica .
- López, P. M. (2016). *SISMO RESISTENCIA EN EDIFICIOS DE HORMIGÓN Y ACERO PARA*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Luis, P. C. (2013). *DISEÑO SISMO RESISTENTE POR DESEMPEÑO Y SUS EFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- NEC. (2014). *Estructuras de Hormigón Armado*. Quito: Dirección de Comunicación Social MIDUVI.
- NEC-2011. (2011). Quito: Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Niño Hernandez, J. (2010). *Tecnología del concreto*. Bogotá: Nomos Impresores.
- NTC, N. T. (s.f.).
- Pakizo. (2021). *El sucio cemento oscuro o el suelo de hormigón con hongos, hongos y bacterias, superficie húmeda y húmeda áspera en la superficie*. Dreamstime. Obtenido de <https://es.dreamstime.com/el-sucio-cemento-oscuro-o-suelo-de-hormig%C3%B3n-con-hongos-y-bacterias-superficie-h%C3%BAmeda-%C3%A1spera-en-la-puede-extenderse-propagarse-e-image170079218>
- Patología del Concreto*. (s.f.). Obtenido de: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/la-patologia-del-concreto/>.

- Peceros, H. E. (2009). *Evaluación Estructural de la Torre de la Basílica de la Merced*. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/576/torres_he.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- R-01-, A. 2. (s.f.). Instituto Nacional de Tecnología Industrial, obtenido de: <https://www.inti.gob.ar>.
- S, A. B. (2017). *EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA DE DAÑOS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES PRODUCIDAS POR EL TERREMOTO DE 7.8 EN LA PARROQUIA TARQUI DE LA CIUDAD DE MANTA EL 16 DE ABRIL DEL 2016, PARA ELABORAR UN PLAN DE DEMOLICIÓN, RECONSTRUCCIÓN, READECUACIÓN Y MANTENIMIENTO, CASO*. Guayaquil: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL.
- S.A, GOESTUDIOS. (2014). *Estudio Microzonificación Sísmica y Geotécnica de la Ciudad de Esmeraldas según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015*. Guayaquil: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- S.E, T. (2017). *Sismo, que son y cómo se forman*. CABA: Agencia Nacional de Noticias.
- Sánchez de Guzmán, D. (2006). *Durabilidad y Patología del Concreto*. Bogotá: Instituto del Concreto.
- Sánchez de Guzman, D. (2011). *Durabilidad y Patologías del Concreto*. Bogotá: Asociación Colombiana de Productos de Concreto- ASOCRETO.
- Seguros, L. (2021). *Que es un daño estructural en la vivienda*. México: La Latino Seguros.
- Suinaga, N. (1987). *COMPORTAMIENTO DE LOS EDIFICIOS ANTE UN SISMO*. <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Febrero2005/pdf/spa/doc186/doc186-contenido.pdf>.
- Tipos de Corrosión*. (s.f.). Obtenido de: https://miutj2.files.wordpress.com/2016/01/exp1_profesor_1-1_tipos-de-corrosion.pdf.
- ULVR. (s.f.). *Líneas de Investigación Institucional*.
- UNAM. (2015). *Los sismos y su efecto en las estructuras*. Protocolo Foreign Affairs & Lifestyle. Obtenido de <http://www.protocolo.com.mx/internacional/los-sismos-y-su-efecto-en-las-estructuras/>.
- Vaca, D. (2020). *ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS PRESENTES EN LA ESTRUCTURA DEL TEATRO NACIONAL SUCRE DEL DM DE QUITO*. Quito: PONTIFICA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR.
- Vidal, L. E. (2018). *Análisis del Comportamiento Sísmico de un Edificio con Muros Estructurales Aplicando la Interacción Suelo-Estructura (Condominio Los Girasoles-Comas-Lima)*. Lima: REPOSITORIO ACADEMICO USMP.
- YURA, C. (s.f.). *Patologías del concreto*. Cemento Yura. Obtenido de <https://www.yura.com.pe/blog/patologias-del-concreto/>

ANEXOS

Anexo 1. Edificio Municipal de Esmeraldas antes del sismo 16 de abril del 2016



Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 2. *Edificio Municipal de Esmeraldas después del sismo 16 de abril del 2016 en remodelación*



Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 3. Edificio Municipal de Esmeraldas



Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 4. *Edificio Municipal de Esmeraldas*



Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 5. Edificio Municipal de Esmeraldas.



Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 6. *Edificio Municipal de Esmeraldas*



Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 7. Edificio Municipal de Esmeraldas



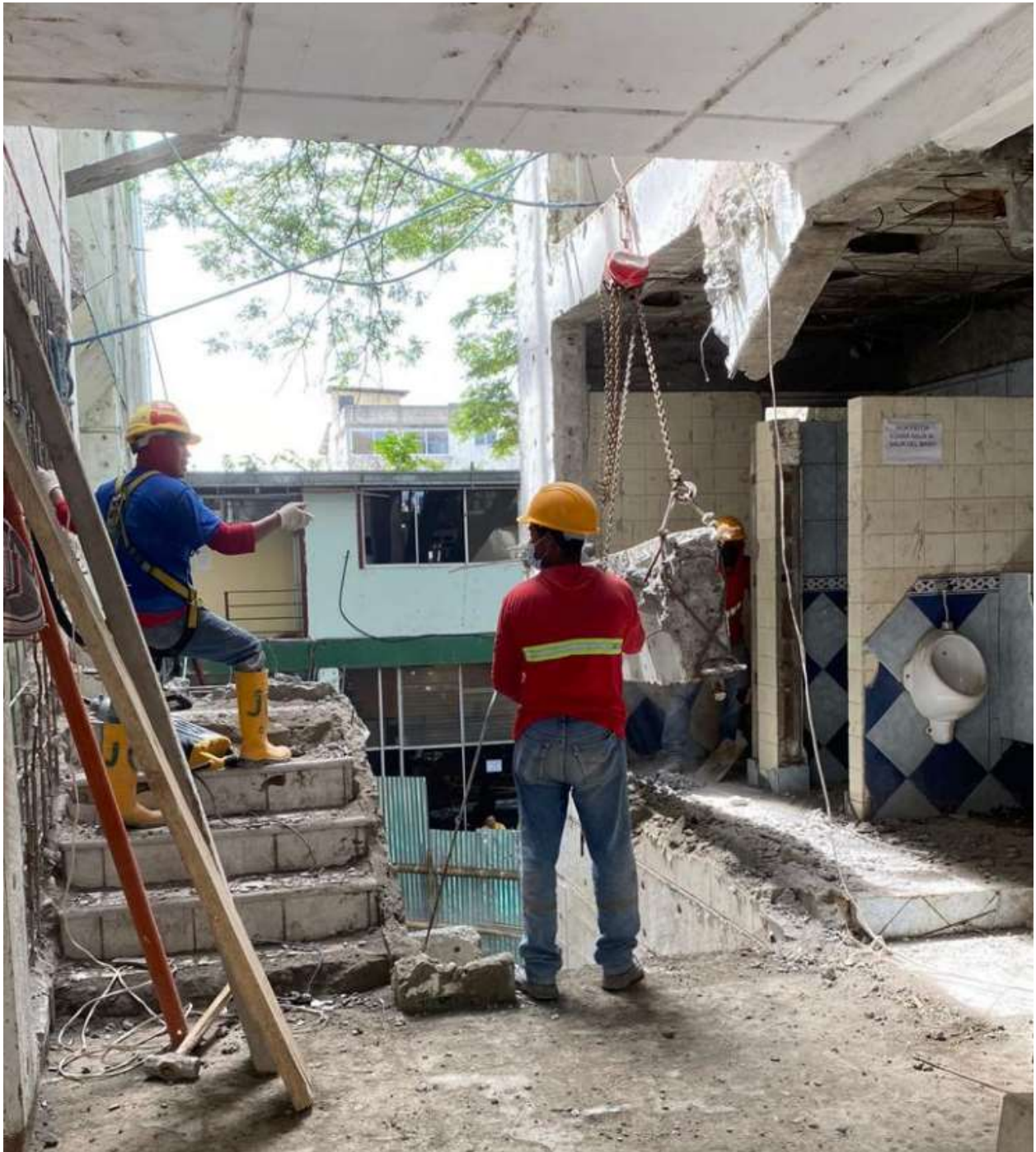
Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 8. *Edificio Municipal de Esmeraldas*



Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 9. *Edificio Municipal de Esmeraldas*



Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 10. *Edificio Municipal de Esmeraldas*



Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 11. *Edificio Municipal de Esmeraldas*



Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 12. *Edificio Municipal de Esmeraldas*



Fuente. (Andrade, 2023)

Anexo 13. *Edificio Municipal de Esmeraldas*



Fuente. (Andrade, 2023)