

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL
DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO
EXISTENTES**

Por:

BRAYAN PACO QUISPE

SEMESTRE I - 2021

TARIJA -BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL
DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO
EXISTENTES**

Por:

BRAYAN PACO QUISPE

Proyecto de Grado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I - 2021

TARIJA – BOLIVIA

VºBº

.....
M.Sc. Ing. Liliana Carola Miranda Encinas
DOCENTE GUÍA

.....
M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

.....
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

.....
Ing. Fernando Ernesto Mur Lagraba

.....
Ing. Moisés Eduardo Díaz Ayarde

.....
Ing. Carola Sanchez Lopez

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A mis padres que me dieron la vida, educación, apoyo y consejos. A mis hermanos por el apoyo incondicional que me dieron. A mis compañeros de estudio, a mis docentes que sin su ayuda no hubiera sido posible el presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Mi tutor Ing. Carola Liliana Miranda Encinas por su constante apoyo, por estar siempre dispuesto a ayudar, por su experiencia y su profesionalidad.

A mi familia por haberme siempre apoyado.

A mis amigos y a todas aquellas personas que de alguna forma contribuyeron a mi formación como profesional.

“A todos, Muchas gracias”.

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”.

Albert Einstein

RESUMEN

Para el desarrollo de la construcción se ha basado esencialmente la utilización de hormigón, debido a sus propiedades de durabilidad y rentabilidad; y de sus magníficas prestaciones en cuanto a resistencia mecánica al combinarse con acero.

Hace años se consideraba que el hormigón armado era un material prácticamente permanente. Ahora bien, tanto como la experiencia como las investigaciones que se han ido dando indican que diferentes factores de origen físico, químico o mecánico afectan al hormigón causando deterioro en el mismo, dando lugar así a la aparición de diferentes patologías.

En la actualidad las estructuras con muchos años de servicio o muy antiguas, demandan una evaluación estructural debido a su deterioro, a causa de defectos constructivos, catástrofes naturales, u otro factor. Todo esto para prevenir riesgos que pueden influir a las personas que habitan el lugar y determinar el daño que presenta la estructura para adoptar una propuesta de actuación acorde con los intereses del propietario.

Este trabajo, presenta las diferentes patologías que pueden afectar a una estructura de hormigón armado, la metodología para inspeccionar, ensayos a realizar y la evaluación de una estructura deteriorada, además de algunos esquemas de reparación; acordes con los códigos o normas utilizadas.

La finalidad de este trabajo es proponer una Metodología de evaluación que abarque todas las instancias para una buena evaluación, proporcionando detalles paso a paso del esquema a seguir para tener una solución certera.

La evaluación se abordará mediante dos métodos. La evaluación estructural simplificada o detallada está enfocada a estructuras que requieran ser evaluadas debido al deterioro por el paso del tiempo, corrosión, fisuración, pérdidas de resistencia, asentamientos o requieran cambio de uso, entre otros. El segundo método, o evaluación post sísmica, se orienta a estructuras que han sufrido un fenómeno del sismo, para el cual también se propone una forma rápida y detallada.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

1. OBJETIVO DEL CONOCIMIENTO

1.1 EL PROBLEMA.....	1
1.1.1 PLANTEAMIENTO	1
1.1.2 FORMULACIÓN.....	1
1.1.3 SISTEMATIZACIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 GENERAL	2
1.2.2 ESPECÍFICOS	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	2
1.3.1 ACADÉMICO.....	2
1.3.2 TÉCNICO.....	3
1.3.3 SOCIAL	3
1.3.4 HIPÓTESIS.....	3
1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	4

CAPÍTULO II

2. PATOLOGÍAS DEL HORMIGÓN ARMADO

2.1 INTRODUCCIÓN	6
2.2 PATOLOGÍA DE HORMIGÓN ARMADO.....	6
2.2.1 PATOLOGÍAS DEL HORMIGÓN	7
2.2.2 PATOLOGÍA DE LA ARMADURA	24

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN EXISTENTES EN PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

3.1	METODOLOGÍAS INTERNACIONALES	33
3.1.1	MÉTODO YUGOSLAVO	34
3.1.2	MÉTODO DEL ATC – 20	34
3.1.3	MÉTODO JAPONÉS	35
3.1.4	MÉTODO MEXICANO	36
3.1.5	MÉTODO ITALIANO	36
3.1.6	MÉTODO DEL ACI 364.1 R - 94. (REAPROBADA EN 1999).	37
3.1.7	MÉTODO EUROPEO EN 309020	38
3.2	METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE DAÑOS DESARROLLADAS A NIVEL NACIONAL	39
3.3	CONCLUSIONES SOBRE LAS METODOLOGÍAS EN PATOLOGÍA AVANZADAS	40

CAPÍTULO IV

4. PROBLEMAS MÁS COMUNES EN LA EVALUACIÓN DE DAÑOS

4.1	FALTA DE ENTRENAMIENTO Y CALIFICACIÓN DE LOS EVALUADORES.....	43
4.2	SUBJETIVIDAD EN LAS EVALUACIONES.....	43
4.3	FALTA DE UN PLAN DE CONTINGENCIA ABSOLUTO	44
4.4	FALTA DE PLANIFICACIÓN DE LAS VISITAS.....	44
4.5	MANEJO INADECUADO DE LOS OCUPANTES DE LAS EDIFICACIONES	45

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

5.1	INSPECCIÓN VISUAL Y REALIZACIÓN DE ENSAYOS A ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO	48
-----	---	----

5.1.1 OBTENCIÓN DE DATOS PREVIOS	50
5.1.2 RECONOCIMIENTO VISUAL DEL EDIFICIO	51
5.1.3 REALIZACIÓN DE PRUEBAS Y ENSAYOS	56
5.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE UN EDIFICIO	70
5.1.1 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	72
5.1.2 EVALUACIÓN POST SÍSMICA.....	93
CAPÍTULO VI	
6. ORIENTACIÓN PARA UNA CORRECTA REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO	
6.1 INTRODUCCIÓN	102
6.2 METODOLOGÍA GENERAL	102
6.3 PROCEDIMIENTO GENERAL DE REPARACIÓN	103
6.3.1 ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN.....	104
6.3.2 DISEÑO DE SOLUCIÓN A UNA PATOLOGÍA	105
CAPÍTULO VII	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1 GENERALIDADES	107
7.2 CONCLUSIONES	108
7.3 RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFÍA.....	1
12	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: PATOLOGÍAS DEL HORMIGÓN ARMADO.....	7
FIGURA 2.2: A) FISURACIÓN DEBIDAS A ESFUERZOS TRACCIÓN. B) FISURAS DEBIDAS A ESFUERZOS DE COMPRESIÓN	7
FIGURA 2.3: FISURACIÓN TRANSVERSALES EN ZONAS DE TRACCIÓN	8
FIGURA 2.4 FISURACIÓN POR COMPRESIÓN.....	8
FIGURA 2.5 FISURACIÓN INCLINADA EN VIGAS DEBIDO A ESFUERZOS DE CORTE.....	9
FIGURA 2.6 FISURACIÓN LONGITUDINAL EN PILARES POR COMPRESIÓN.....	10
FIGURA 2.7 FISURACIÓN INCLINADA EN PILARES POR CORTANTE.	11
FIGURA 2.8 FISURACIÓN TRANSVERSAL EN PILARES DEBIDA AL PANDEO.....	12
FIGURA 2.9 FISURACIÓN POR TORSIÓN.....	12
FIGURA 2.10 FISURACIÓN POR PUNZONAMIENTO.....	12
FIGURA 2.11 INFLUENCIA DE LAS FISURAS EN LA CORROSIÓN.....	13
FIGURA 2.12 FISURACIÓN EN MUROS POR DEFORMACIÓN EXCESIVA.....	13
FIGURA 2.13 FISURACIÓN POR DEFORMACIONES DIFERENCIALES.....	14
FIGURA 2.14 FISURACIÓN EN LONGITUDINAL EN LA JUNTA DE LA VIGUETA O VIGA Y LA BOVEDILLA	14
FIGURA 2.15 FISURACIÓN POR ACUMULACIÓN DE CARGAS EN VOLADIZOS	15
FIGURA 2.16 ASENTAMIENTO PLÁSTICO EN LOSAS	17
FIGURA 2.17 FISURAS ALEATORIAS EN LOSAS	18
FIGURA 2.18 FISURAS PARALELAS EN LA CARA SUPERIOR DE LOSAS DEBIDO A LA RETRACCIÓN PLÁSTICA DEL HORMIGÓN	18
FIGURA 2.19 FISURACIÓN EN MAPA	19
FIGURA 2.20 FISURACIÓN TRANSVERSAL EN LOSAS DEBIDO A LA RETRACCIÓN HIDRÁULICA DEL HORMIGÓN.	20
FIGURA 2.21 FISURACIÓN LONGITUDINAL SIGUIENDO LA DIRECCIÓN DE LAS VIGAS DEBIDO A LA RETRACCIÓN HIDRÁULICA DEL HORMIGÓN.....	21
FÍGURA 2.22 FISURACIÓN EN LOSAS POR VARIACIONES TÉRMICAS	21
FIGURA 2.23 FISURACIÓN EN ESTRELLA POR ATAQUE QUÍMICO ÁRIDO – ÁLCALI.	23

FIGURA 2.24 FISURACIÓN DE DISTRIBUCIÓN ALEATORIA POR ATAQUE QUÍMICO DE SULFATOS.	24
FIGURA 2.25 FISURACIÓN DE DISTRIBUCIÓN ALEATORIA POR ATAQUE QUÍMICO DE SULFATOS.	25
FIGURA 2.26 ATAQUE GENERALIZADO EN LA ARMADURA DEBIDO A LA CORROSIÓN POR CARBONATACIÓN.	26
FIGURA 2.27 PENETRACIÓN DEL CO ₂ AL HORMIGÓN DEPENDIENDO DEL ESTADO DE LOS POROS.	26
FIGURA 2.28 ATAQUE LOCALIZADO EN LA ARMADURA DEBIDO A LA CORROSIÓN POR CLORUROS.	27
FIGURA 2.29 EFECTOS DE LA CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO.	29
FIGURA 2.30 FISURACIÓN TRANSVERSAL MARCANDO LA POSICIÓN DE LOS ESTRIBOS.	30
FIGURA 2.31 MANCHAS DE ÓXIDO MARCANDO LA POSICIÓN DE LAS ARMADURAS. ..	31
FIGURA 5.1 PROCESO DE INSPECCIÓN VISUAL Y REALIZACIÓN DE ENSAYO	49
FIGURA 5.2 CORROSIÓN DE LA ARMADURA: NIVEL DE DAÑO DESPRECIABLE.	60
FIGURA 5.3 CORROSIÓN DE LA ARMADURA: NIVEL DE DAÑO BAJO.....	61
FIGURA 5.4 CORROSIÓN DE LA ARMADURA: NIVEL DE DAÑO MODERADO.....	61
FÍGURA 5.5 CORROSIÓN DE LA ARMADURA: NIVEL DE DAÑO ALTO	62
FÍGURA 5.6 PÉRDIDA DE SECCIÓN DE LA ARMADURA.....	63
FÍGURA 5.7 PÉRDIDA DE LA SECCIÓN DE HORMIGÓN.....	64
FÍGURA 5.8 REGLA PARA MEDIR FISURAS	66
FÍGURA 5.9 FORMAS DE COLOCACIÓN DE TESTIGOS.....	67
FÍGURA 5.10 EFECTOS DE RAISES	70
FÍGURA 5.11 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DAÑO ESTRUCTURAL	72
FÍGURA 5.12 DIAGRAMA DE FLUJO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL SIMPLIFICADA. 73	
FÍGURA 5.13 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CORROSIÓN.....	74
FÍGURA 5.14 ÍNDICE ESTRUCTURAL.....	76
FÍGURA 5.15 DIAGRAMA DE FLUJO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DETALLADA....	85

FÍGURA 5.16 PÉRDIDA DE SECCIÓN DE LA ARMADURA.....	87
FÍGURA 5.17 A) SECCIÓN INICIAL DE HORMIGÓN. B) SECCIÓN RESIDUAL DE HORMIGÓN.	87
FÍGURA 5.18 DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL DIAGNÓSTICO DE UNA ESTRUCTURA. ...	91
FÍGURA 5.19 CALIFICACIÓN DEL RIESGO DE CORROSIÓN.	92
FÍGURA 5.20 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA	94
FÍGURA 6.1 METODOLOGÍA GENERAL DE ANÁLISIS Y SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO.....	102
FÍGURA 6.2 DIAGRAMA A SEGUIR PARA LA REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS.....	104
FÍGURA 6.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS CONVENIENTE. ...	105
FÍGURA 6.4 ETAPAS QUE CONSTITUYEN UN DISEÑO DETALLADO DE LA SOLUCIÓN DE UN PROBLEMA PATOLÓGICO EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO.	106

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 5.1 RELACIÓN ENTRE EL DESPLAZAMIENTO Y LA ALTURA DEL PISO	69
TABLA 5.2 VALOR DE LA AGRESIVIDAD AMBIENTAL	74
TABLA 5.3 VALORES DE ÍNDICE DE DAÑO POR CORROSIÓN.....	75
TABLA 5.4 VALOR ÍNDICE DE CORROSIÓN	76
TABLA 5.5 ÍNDICE DE ARMADURA TRANSVERSAL.....	77
TABLA 5.6 ÍNDICE ESTRUCTURAL PARA ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN.....	78
TABLA 5.7 ÍNDICE DE ARMADO TRANSVERSAL.	79
TABLA 5.8 ÍNDICE ESTRUCTURAL PARA ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXO- COMPRESIÓN.....	80
TABLA 5.9 ÍNDICE DE DAÑO ESTRUCTURAL.	82
TABLA 5.10 MÁRGENES DE SEGURIDAD.	83
TABLA 5.11 VALOR FINAL DE IDE TENIENDO EN CUENTA EL MARGEN DE SEGURIDAD.	83
TABLA 5.12 URGENCIA DE INTERVENCIÓN DE ACUERDO AL ÍNDICE DE DAÑO ESTRUCTURAL	84
TABLA 5.13 DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE ESTADO ÚLTIMO	88
TABLA 5.14 CRITERIOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN RÁPIDA	95
TABLA 5.15 CRITERIOS PARA EVALUAR LA REGULARIDAD VERTICAL.....	97
TABLA 5.16 EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE INCLINACIÓN.	98
TABLA 5.17 EVALUACIÓN DEL ASENTAMIENTO	99
TABLA 5.18 CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE DAÑO ESTRUCTURAL.	100
TABLA 5.19 CLASIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN DE ACUERDO AL DAÑO ESTRUCTURAL.....	100

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. INSTRUCCIONES PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS “IN SITU” O LABORATORIO

A.1 ENSAYO TIPO DE CEMENTO

A.2. ENSAYO DE CARBONATACIÓN

A.3 ENSAYO DE CLORUROS

A.4 ENSAYO DESTRUCTIVO

A.4.1. Extracción de Testigos de Hormigón

A.5 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

A.5.1. Ensayo de Esclerometría

A.5.2. Ensayo de Ultrasonido

A.5.3. Ensayo de Resistencia Eléctrica

A.5.4. Ensayo de Velocidad de Corrosión

A.6 CLASES DE EXPOSICIÓN DEL HORMIGON

A.7 Cálculo De La Penetración De Ataque Al Hormigón.

A.7 Cálculo De La Adherencia Residual

A.8 Aperturas De Fisuras

A.8 Ecuaciones De Mayoración De Cargas

A.8 Cálculo Del Estado Límite De Servicio.

ANEXO B, CARTA DE COLORES PARA LA DETERMINACIÓN DE CEMENTO ALUMINOSO Y CEMENTO PÓRTLAND

ANEXO C. FICHAS DE CATEGORIZACIÓN DE DAÑOS

ANEXO D. FORMULARIOS DE INSPECCIÓN, EVALUACIÓN ESTRUCTURAL SIMPLIFICADA

ANEXO E FORMULARIOS DE INSPECCIÓN PARA EVALUACIÓN POST SÍSMICA

ANEXO F. ALGUNOS MÉTODOS DE REPARACIONES Y REFUERZO DE ELEMENTOS DE HORMIGON ARMADO

F.1 Reparación de fisuras

F.2 Reparación de los daños por la corrosión

F.3 Recrecidos de hormigón armado.

F.4 Refuerzo con perfiles metálicos

F.5 Refuerzo con chapas de acero encoladas con epoxi

ANEXO G. MATERIALES PARA LA REPARACIÓN

ANEXO G. FORMULARIOS Y CHECK LIST RECOMENDADOS