Memorias del

VI Congreso Venezolano de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción

Caracas, 25 y 26 de octubre de 2024

Editor:
Alfredo Urich



DOI: https://doi.org/10.21041/VICONPAT-Ve2024

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Memorias del

VI Congreso Venezolano de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción

Caracas, 25 y 26 de octubre de 2024

Editor:
Alfredo Urich

Asociación Latinoamericana de Control de Calidad,
Patología y Recuperación de la Construcción
Delegación Venezuela (ALCONPAT-Ve)

© 2025 ALCONPAT Internacional
DOI: https://doi.org/10.21041/VICONPAT-Ve2024

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de esta publicación ni de las instituciones involucradas en la organización del congreso. Se autoriza la reproducción total o parcial de estas memorias, siempre y cuando se otorgue el debido crédito a los autores y a la publicación, incluyendo la dirección electrónica.

ÍNDICE GENERAL

Índice de palabras clave vii

Índice de autores ix

PRESENTACIÓN

ALCONPAT-Ve 3

Mensaje de bienvenida 5

Sede del Congreso 6

Comité organizador 7

Comité científico 8

Patrocinadores y aliados institucionales 10

CONFERENCISTAS INVITADOS

Dr. Pedro Castro Borges

Apropiación social del conocimiento sobre durabilidad del concreto en comunidades vulnerables 13

Dr. Ángel Castillo Talavera

Instituto Eduardo Torroja 90 años en la vanguardia de la ciencia de la construcción. Presente y futuro en la investigación de la evaluación de la durabilidad de las estructuras de hormigón 14

Ing. Jorge Alberto Rendón Ospina

Euronorma UNI-EN 1504. La receta para el éxito en rehabilitación de estructuras 15

Dra. Oladis Troconis de Rincón

Evaluación a largo plazo de recubrimientos hidrofóbicos para la protección del acero de refuerzo en concreto expuesto a ambientes marinos tropicales hostiles 16

Ing. Iván Perozo Padilla

Aditivos reductores de permeabilidad y su importancia para incrementar la vida de servicio del concreto 17

Ing. Juan Capacho

Reparación de las estructuras de concreto en muelles o puertos marítimos 18

Dr. Humberto Varum

Diseño sísmico de edificios de hormigón armado: lecciones de sismos recientes, normativas y resultados de investigación 19

Ing. José María de Viana
Rehabilitación de los acueductos de la Gran Caracas. Caso de patología compleja. Notas de memoria a mano alzada....20

Alessandro Famiglietti, Nicolás Labropoulos, Carlos Rodríguez A., Ángela Rodríguez
Conversatorio: "El Rizoma de una Adecuación Patrimonial" 21

Dra. Arq. Melin Nava
Vulnerabilidad y patología en los centros poblados. Un problema a ser resuelto. Caso de estudio: Bello Campo 22

Ing. Liana Arrieta de Bustillo
Problemas patológicos en la autoconstrucción de viviendas. La escuela comunitaria de vivienda como experiencia importante de educación 23

Acad. Herbert Lynch Blackman
Valores éticos y morales "prioridad nacional"....24

TRABAJOS PRESENTADOS

1. Normas y criterios para el control de calidad

Primero apareció cualidad y luego calidad: análisis comparativo entre cualidades y calidades para identificar áreas temáticas de investigación relacionadas con la construcción de edificaciones
G. Izaguirre Luna 28

Errores en calidad de construcción de edificaciones de concreto reforzado para uso residencial
G. Bonilla*, Y. Sirit....44

Vivienda Inteligente, ¿Sostenible?
A. Bravo....60

2. Materiales de construcción

Nanotecnología, la ciencia que salva al concreto
A. Balza....76

Evaluación a largo plazo de recubrimientos hidrofóbicos para la protección del acero de refuerzo en concreto expuesto a ambientes marinos tropicales hostiles
O. Troconis de Rincon*, V. Millano, M. Aboulhosn, C. Morales, M. León Romero y A. López....92

Aditivos derivados del petróleo: Una alternativa para la fabricación de bloques de sobrecimiento impermeables
H. Cañola*, G. Barreto, A. Urrego 108

Estudio de la adherencia a partir del comportamiento en la flexión de vigas reforzadas usando concreto con alto desempeño (CAD)
R. Rojas*; J. Yépez; V. De Lima; F. Gonçalves; L. Santos ; D. Costa.....122

Caracterización de concretos elaborados con cemento adicionado (tipo CPCA) en estructuras en funcionamiento.
H. Bolognini*, O. Troconis, I. Pena, J. Espinoza 136

Propiedades físicas y mecánicas del concreto fabricado con agregado grueso reciclado con granulometría controlada: problemas patológicos que plantea
R. Torres*, J. Gonzalez.....146

Análisis de las propiedades mecánicas entre grouts de diversas marcas comerciales con la adición de agregado grueso (arrocillo).
N. Gallardo*, W. Besserini, L. Lecuna. 160

Elaboración de una unidad estructural realizada a partir de un compuesto con bajo contenido de
V. Bolívar*, H. Sosa, V. Osechas; R. Torres, E. Ordoñez; L. Videla.....174

Utilización de cubos de compuesto de cementicio con bajo contenido de basalto como blindaje ante radiación
V. Osechas*, V. Bolívar, H. Sosa, J. Camacho, A. Acevedo, N. Camacho, L. Videla. 188

3. Métodos evaluación y ensayos

basalto

Evaluación patológica de edificaciones mediante filosofía BIM
R. Torres*, L. Torres 200

Factores e indicadores que determinan el estado de conservación de un inmueble según sus patologías de construcción
R.E. Malave de Corrales*, J. Yánez Mayorana.....214

Metodología para la Evaluación Rápida de Daños en Edificaciones y su Aplicación
G. Coronel-Delgado*, O. A. López, C. Ginés, F. Fierro, A. Marinilli, A. Urich, R. Rojas 228

Macromodelo para análisis estático no lineal de pórticos con paredes de relleno y mampostería confinada
A. Urich*; O.A. López; S. Orsini; L. Hernández.....242

Ensayos normativos no destructivos disponibles para evaluar la integridad del vaciado de concreto en pilas y pilotes
F. Centeno P.*, R. Centeno W., C. Rodríguez A. 254

4. Corrosión y durabilidad de las construcciones

Evaluación de la corrosión en concreto armado expuestos a medios agresivos a largo plazo
L, Navarro*, J. Chirinos, V. Millano, O. Troconis de Rincón, y M. Sánchez. 272

Valoración de estructuras de concreto armado con edad cercana o superior a su vida de diseño a partir de datos de durabilidad.
J. Barraza*, N. Timaure 282

Evaluación de los Daños por Corrosión en un "*Pipe-Rack*" expuesto a un Ambiente Marino-Industrial
L. Picón*, A. Camacaro, M. Sánchez, O. T. de Rincón, V. Millano. 296

Lecciones aprendidas de una falla por punzonado como ventana a la detección de un problema mayor: la corrosión
C. Ceballos*, A. Urich, R. Scannone 308

Levantamiento de fallas en miembros estructurales del Decanato de Ciencias de la Salud de la UCLA
M. Olavarrieta*, A. Valero, F. Rodríguez.....320

Caracterización de fallas de una edificación escolar en concreto armado ubicada en el municipio José Laurencio Silva, estado Falcón
D. C. Rojas*, G. A. Pérez, M. A. Olavarrieta 332

Proyecto Margarita Real 2 – recuperación y tratamiento de la procura, rediseño del proyecto y supervisión de la ejecución
E. Tenreiro; H. Onay*.....344

Recomendaciones de intervención en ménsulas de concreto armado en un sótano de un edificio ubicado en Barquisimeto estado Lara.
M. Galíndez*, K. Giménez, M. Olavarrieta, R. Malavé.....352

5. Evaluación y adecuación de estructuras

Influencia de las Paredes de Relleno en el Comportamiento Sismorresistente de Edificaciones de Pórticos en Concreto Reforzado
J. Mata.....368

Análisis estructural y modelado de un sistema de refuerzo en viga postensada-columna usando la filosofía BIM. Caso de estudio: pasillos ondulados de la Ciudad Universitaria de Caracas, Corredor N°5.
L. Bruzual Ortiz*, W. Ascanio, L. Videla 382

Estudio del techo ondulado del Corredor Nº 5 de la Ciudad Universitaria de Caracas
A. Marinilli*, R. Torres, J. Romero, L. Videla, F. Garcés, S. Morales, M. Pereira y N. Camacho 396

Estudio de patología del muro lindero de la futura estación 12 del metro de Bogotá.
C. Chinome* 410

Ampliación, Evaluación y Adecuación de una Edificación Metálica Existente, hacia una nueva Arquitectura de Servicio
A. Yammine Doueihi*, L. Videla 424

Protocolo de rehabilitación de una estructura afectada por incendio: caso de estudio
N. Rodrigues*, A. Urich, R. Scannone; J. Beauperthuy. 436

6. Restauración de obras patrimoniales

La Casona Ibarra de la Ciudad Universitaria de Caracas: Una Muestra Integral de Conservación
F. Velasco Pérez*, A. Olivares Garcés 452

Técnicas y procedimientos utilizados para la rehabilitación y restauración en estatuaria monumental. Caso: Monumento Cristo Rey (patología constructiva, intervención)
R. Acosta 468

Caracterización de fallas del monumento al Sol de Barquisimeto, Estado Lara
M. Olavarrieta*, R. Malave, M. Dominguez, Y. Roberti. 476

7. Vulnerabilidad de los asentamientos urbanos informales

Problemas patológicos en la autoconstrucción de viviendas. La escuela comunitaria de vivienda, como prototipo de enseñanza de la ingeniería fundamentado en la responsabilidad social
L. Arrieta de Bustillo*, A. Morón[1], A. Paredes[2] 492

Riesgo sísmico en viviendas populares
V. Páez[1*], O. A. López[2] 502

CONCURSO DE TRABAJO ESPECIAL DE GRADO 515

ACUERDO ENTRE ALCONPAT-Ve Y LA ANIH 517

CONCLUSIONES 519

GALERÍA FOTOGRÁFICA 522

(*) Autor de contacto / Ponente

ÍNDICE DE PALABRAS CLAVE

acabado(s) 28
acero 344
acueducto(s) 20
adecuación estructural 424
adecuación patrimonial 21
adherencia 122
aditivo(s) 17
agregado reciclado 146
ambiente 214
ambiente agresivo 272
ambiente marino 18
ampliación 424
análisis estructural 382
anomalías 254
arquitectura 21
arquitectura sostenible 254
arrocillo 160
asentamientos informales 492
atenuación 188
autoconstrucción 492
avalúo 282
basalto 174, 188
Bello Campo 22
BIM 200
BIM, Filosofía 382
bioclimático, diseño 60
blindaje 188
bloque de concreto 108
bloque de sobrecimiento 108
calidad 28, 44
carbonatación 282
cemento adicionado 136
centros poblados 22
CHUM 254
Ciudad Universitaria de Caracas 396
CIV 24
cloruros 296
código de ética 24
compresión 160
compuesto bsáltico 174
comunidades vulnerables 13
concreto 76, 146, 272 296, 410
concreto armado 92, 136 320, 332
Concreto con alto desempeño 122
concreto presforzado 396
concreto reforzado 368
concreto, bloque de 108
concreto, losa de 308
confiabilidad 44
conservación 452
conservación, estado de 214
construcción 344
construcción patrimonial 396
corrosión 136, 272, 296 308, 332, 344, 396, 476
corte en la flexión 122
CPCA 136
Cruces de San Andrés 424
cualidad 28
daños, evaluación de 228
defectos 254
depreciación 282
depreciación física 214
derivas de piso 424
desarrollo sostenible 60
desastre, riesgo de 228
DFI 254
diagnostico 200, 410, 308
diseño 344
diseño bioclimático 60
diseño sísmico 19
diseño sismorresistente 19 368
durabilidad 13, 14, 16, 17 44, 76, 92, 136 214, 272, 296 320, 332, 352
edificaciones postdesastre 228
edificio(s) 28
educación 13, 14, 23
emulsión de parafina 108
ensayos de integridad 254
error(es) 44
Escuela Comunitaria de Vivienda 23
estado de conservación 214
estética 28
estructura(s) 21, 200, 242
estructura existente 368
ética 24
Euronorma/Eurocódigo 15
evaluación de daños 228
evaluación estructural 424
evaluación sísmica 499
falla(s) 332, 352, 476
falla de mantenimiento. 320
falta de mantenimiento 476
Filosofía BIM 382
filtración 352
fragilidad 502
fuego, 436
geotecnia 21
grout 160

hidráulicas, obras 20
hidrofugante 92
hormigón 14
humedad 320
humedad capilar 108
incendio estructural 436
informales, asentamientos 502
inspección rápida 228
Instituto Eduardo Torroja 14
integridad, ensayos de 254
interdisciplinariedad 21
intervención 352
investigación científica 14, 19
lecciones de sismos 19
losa de concreto 308
mampostería 242
mantenimiento, fallas de 320
mantenimiento, falta de 476
materiales 17, 18, 146, 174
medio marino 92
Método del Costo 282
modelado 200
modelo 242
modelo 3D 382
moral 24
mortero 174, 188
muelles 18
nano-cristalización 76
nanotecnología 76
neuro-arquitectura 60
norma/normativa 15, 19, 160
núcleos de concreto 436
obras hidráulicas 20
omisiones 44
paneles metálicos 476
paredes de relleno 242, 368
patología(s) 22, 44, 146 200, 214 396, 410
patología compleja 20
patología del concreto 436
patología en tierra cruda 452
patrimonial, adecuación 21
patrimonial, construcción 396
patrimonio 21
patrimonio cultural 452, 468
permeabilidad 17
PIT 254
pórtico(s) 242, 410
postensado 382
prediagnóstico 332
protección 75
puertos 18
punzonado 308
radiación 188
reciclado, agregado 146
recubrimiento 92
refuerzo 122
refuerzo estructural 424
refuerzo, sistema de 382
rehabilitación 15, 20, 468
relación agua/cemento 91
remodelación 424
reparación 18, 308, 160
resistencia 352, 410
responsabilidad social 13
restauración 21, 452, 468
revestimiento(s) 2818
riesgo de desastre 228
riesgo sísmico 502
riesgo estructural 492
rigidez 424
rizoma 21
roca 174
seguridad estructural 228
seguridad habitacional 492
sísmica, evaluación 502
sísmica, vulnerabilidad 368
sísmico, riesgo 502
sismo(s) 19
sismorresistente, diseño 368
sistema de refuerzo 382
sostenibilidad 146
sostenible, arquitectura 60
sostenible, desarrollo 60
succión capilar 108
TIP 254
tomografía 254
tratamiento 344
UNI-EN 1504 15
ultrasonido 436
vibraciones 296
vida útil 282
viga(s) 122
vivienda inteligente 60
vivienda popular 502
viviendas inadecuadas 492
vulnerabilidad 22
vulnerabilidad sísmica 368
vulnerabilidad social 13 22, 23

ÍNDICE DE AUTORES

Aboulhosn M. 92
Acevedo, A. 188
Acosta, R. 468
Arrieta, L. 23, 492
Ascanio, W. 382
Balza, A. 76
Barraza, J. 282
Barreto, G. 108
Beauperthuy, J. 436
Besserini, W. 160
Bolívar, V. 174, 188
Bolognini, H. 136
Bonilla, G. 44
Bravo, A. 60
Bruzual, L. 382
Camacaro, A. 296
Camacho, J. 188
Camacho, N. 188, 396
Cañola, H. 108
Capacho, J. 18
Castillo Talavera, A. 14
Castro Borges, P. 13
Ceballos, C. 308
Centeno, F. 254
Centeno, R. 254
Chinome, C. 410
Chirinos, J. 272
Coronel, G. 228
Costa, D. 122
De Lima, V. 122
De Viana, J. 20
Domínguez, M. 476
Espinoza, J. 136
Famiglietti, A. 21
Fierro, F. 228
Galíndez, M. 352
Gallardo, N. 160
Garcés, F. 396
Giménez, K. 352
Ginés, C. 228
Gonçalves, F. 122
González, J. 146
Hernández, L. 242
Izaguirre, G. 28
Labropoulos, N. 21
Lecuna, L. 160
León, M. 91
Lynch, H. 24
López, A. 91
López, O. 228, 242, 502
Malavé, R. 214, 352, 476
Marinilli, A. 228, 396
Mata, J. 368
Millano, V. 91, 272, 296
Morales, C. 91
Morales, S. 396
Morón, A. 492
Nava, M. 22
Navarro, L. 272
Olavarrieta, M. 320, 332 352, 476
Olivares, A. 452
Onay, H. 344
Ordoñez, E. 174
Orsini, S. 242
Osechas, V. 174, 188
Páez, V. 502
Paredes, A. 492
Pena, I. 136
Pereira, M. 396
Pérez, G. A. 332
Perozo, I. 17
Picón, L. 296
Rendón, J. 15
Roberti, Y. 476
Rodrigues, N. 436
Rodríguez, A. 21
Rodríguez, C. 21, 254
Rodríguez, F. 320
Rojas, D. 332
Rojas, R. 122, 228
Romero, J. 396
Sánchez, M. 272, 296
Santos, L. 122
Scannone, R. 308, 436
Sirit, Y. 44
Sosa, H. 174, 188
Tenreiro, E. 344
Timaure, N. 282
Torres, L. 200
Torres, R. 146, 174 200, 396
Troconis, O. 16, 92, 136 272, 296
Urich, A. 228, 242 308, 436
Urrego, A. 108
Valero, A. 320
Varum, H. 19
Velasco, F. 452
Videla, L. 174, 188, 382 396, 424
Yammine, A. 424
Yánez, J. 214
Yépez, J. 122

ALCONPAT-Ve

PRESENTACIÓN

La *Asociación Venezolana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción-Delegación Venezuela (ALCONPAT-Ve)* es una agrupación de profesionales y académicos venezolanos vinculados a la industria de la construcción, adscritos a *ALCONPAT Internacional*, una red creada el año 1991 con presencia en más de 12 países.

El objetivo general de la asociación es promover la integración profesional de ingenieros, arquitectos y afine, para impulsar un amplio intercambio técnico, científico y humano en la búsqueda del desarrollo de las comunidades a los que sus integrantes pertenezcan a través de las siguientes actividades:

Capacitación: Ofrece una amplia gama de cursos y programas de formación en patología de estructuras, desde niveles introductorios hasta especializaciones.

Investigación: Promueve la investigación en el área de la construcción y comparte los conocimientos a través de publicaciones y eventos.

Networking: Facilita la conexión entre profesionales del sector, tanto a nivel nacional como internacional.

Mejora de la calidad: Fomenta la calidad y durabilidad de las construcciones a través de la prevención y la rehabilitación de estructuras dañadas.

Por qué unirse a ALCONPAT-Ve:

Desarrollo profesional: La asociación brinda la oportunidad de actualizarse y especializarse en un campo en constante evolución.

Oportunidades laborales: El creciente deterioro de las obras civiles en Venezuela demanda ser atendido por profesionales especializados en patología y rehabilitación de obras, lo que ofrece un nuevo mercado laboral para ingenieros y arquitectos.

Pertenencia a una comunidad: Al unirse a ALCONPAT, los profesionales se integran a una red nacional e internacional de colegas con quienes compartir experiencias y conocimientos.

En resumen, *ALCONPAT-Ve* es una organización que busca mejorar la calidad de la construcción en Venezuela, ofreciendo formación especializada, fomentando la investigación y conectando a profesionales del sector. La invitación a unirse a la asociación se basa en las oportunidades que ofrece el actual contexto venezolano y en el valor de pertenecer a una comunidad de profesionales comprometidos con la excelencia.

JUNTA DIRECTIVA

Presidente
José Luis Beauperthuy Urich

Presidente Emérito
Liana Arrieta de Bustillo

Presidente de Honor
María Ysabel Dikdan Jaua†

Vicepresidente
Rhenzel Amedeo Hernández Saturno

Secretaria ejecutiva
María Alice Olavarrieta Parisot

Tesorero
Alfredo José Urich Beauperthuy

Vocales
Valentina Millano González
Carlos Alberto Rodríguez Álvarez

+58 424-1938193
Alconpat.ve@gmail.com
https://linktr.ee/alconpat_venezuela

© 2025 ALCONPAT Internacional

MENSAJE DE BIENVENIDA

Es un placer presentar las memorias del sexto congreso nacional organizado por la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción - Delegación Venezuela (ALCONPAT-Ve). Tras una larga pausa, retomamos nuestros congresos bianuales, en esta oportunidad en la Universidad Católica Andrés Bello en Caracas, con más de 400 participantes en un evento sin precedentes.

El objetivo del congreso: *Fortalecer la integración entre academia, empresa y comunidad, con el fin de promover obras de calidad, recuperar el patrimonio construido y contribuir con el bienestar y seguridad de la sociedad*. Un encuentro para conocer las tendencias e intercambiar opiniones sobre el control de calidad en proyectos y obras, porque necesitamos construcciones más seguras, durables y sostenibles; también para profundizar sobre patología y recuperación, porque nuestras construcciones se pueden enfermar, sufrir accidentes o envejecer, demandando atención para poder preservar el patrimonio ya construido.

En nombre de ALCONPAT-Ve, quiero expresar nuestro agradecimiento a todas las personas, instituciones y empresas que hicieron posible este evento: a la Universidad Católica André Bello por su hospitalidad; a ALCONPAT Internacional y en especial a su director general Dr. Pedro Castro Borges por su apoyo; a todos los miembros activos de ALCONPAT-Ve, quienes dan vida y sentido a esta asociación; al comité organizador y al comité científico; a las empresas patrocinadoras e instituciones aliadas; a los conferencistas invitados de Venezuela, México, Colombia, España y Portugal; a los ponentes y participantes que con entusiasmo compartieron sus experiencias durante el congreso.

En estas memorias encontrarán un recorrido por todo el evento, comenzando por los créditos a quienes participaron en su organización; seguidamente, las conferencias invitadas y los trabajos presentados en siete bloques temáticos: *normas y criterios para el control de calidad, materiales de construcción, métodos evaluación y ensayos, corrosión y durabilidad de las construcciones, evaluación y adecuación de estructuras, restauración de obras patrimoniales y vulnerabilidad de los asentamientos urbanos informales;* finalmente, se presentan los resultados del concurso de trabajo especial de grado y el acuerdo suscrito en el marco del congreso entre la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat de Venezuela y ALCONPAT-Ve.

Espero que estas memorias permitan profundizar la experiencia vivida en el congreso, que ofrezcan repuestas a interrogantes técnicas, temas para desarrollar y promueva contactos profesionales para emprender nuevos proyectos e investigaciones innovadoras.

Atentamente,

Alfredo José Urich Beauperthuy
Presidente Comité Organizador
VI CONPAT-Ve 2024

SEDE DEL CONGRESO

UCAB UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

La Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) es una institución de educación superior de la Compañía de Jesús, fundada en el año 1953. De acuerdo con el QS World University Rankings, alcanzó el puesto N° 1 en Venezuela en el período académico 2024.

La UCAB es una institución al servicio de la nación, comprometida con la formación integral de la juventud universitaria y con la construcción de un futuro mejor para el país. Su misión principal es la formación de profesionales íntegros, capaces de contribuir al desarrollo nacional desde una perspectiva cristiana de la vida.

La UCAB se esfuerza por acelerar el proceso de desarrollo del país, creando conciencia sobre los problemas nacionales y promoviendo la voluntad de cambio. Busca formar líderes comprometidos con la justicia social y el bien común, que sean capaces de transformar la sociedad a través de su trabajo y su compromiso ciudadano.

En resumen, la UCAB es una universidad que forma profesionales de excelencia, comprometidos con los valores cristianos y con liderazgo para el desarrollo del país.

Para ALCONPAT-Ve fue un verdadero honor poder contar con el maravilloso Campus de la UCAB en Caracas para llevar a cabo el VI Congreso Nacional de la asociación. La generosidad y el compromiso de sus autoridades, profesores y alumnos, fue esencial para lograr el éxito del congreso.

Desde la Junta directiva de ALCONPAT-Ve enviamos nuestro agradecimiento a toda la comunidad UCAB. Queremos hacer una mención especial a su rector, Padre Arturo Peraza; la Decana de Ingeniería, Prof. Mayra Narváez; la Directora de Escuela de Ingeniería Civil, Prof. Patricia Pereira; la Directora de Gestión de Eventos y Protocolo, Lic. Yenny Uribe; y a los Profesores Johana Teixeira y José Manuel Marino. Todos ellos, junto al equipo de protocolo de la universidad y los profesores y alumnos de la facultad de ingeniería, tuvieron un rol protagónico en el éxito de este congreso.

© 2025 ALCONPAT Internacional

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente

Alfredo J. Urich B.

Comité de Honor

José Luis Beauperthuy U.
Liana Arrieta de Bustillo
Rhenzel Hernández Saturno
Carlos Rodríguez A.
Patricia Pereira
Oladis Troconis de Rincón
Rosa Malavé
María Alice Olavarrieta Parisot
Farid Sada

Secretaria

Andrea Paredes

Logística

Ana M. Sully
(AS Event)

Colaboradores

José Manuel Marino
Johana Teixeira
Humberto Fuchs
Rafael Mieres
Nicolás Labropoulos
Juan Pablo Bustillo
María Gabriela Gutiérrez
Edson Martínez Oberto
Valmore Tello Paz
Héctor Borges Figueredo
Rodolfo Scannone
Humberto Bolognini
Valentina Millano
Madger Coelho Couto
Gustavo Izaguirre
Gabriela Andrea Pérez
Ana Uzcanga
Nargelith Gallardo
Miriam Seguerit Alcalde
Nelson Rodrigues

COMITÉ CIENTÍFICO

Coordinadoras

Rosa Malavé (UCLA)
Valentina Millano (LUZ)

Miembros

Alejandro Giménez (UCLA)
Carlos Rodriguez A. (ANIH)
Carlos Sandoval (LUZ)
Celia Herrera (ANIH)
Edson Martínez (UC)
Emilia Anzola de Partidas (UCLA)
Guillermo Bonilla (UCAB)
Gustavo Iribarren (UNIMET)
Gustavo Izaguirre Luna (UCV)
Humberto Bolognini (UCLA)
Humberto Fuchs H. (ALCONPAT-Ve)
Rhenzel Hernandez Saturno (ALCONPAT-Ve)
Johana Teixeira (UCAB)
José Luis Beauperthuy Urich (ALCONPAT-Ve)
José Rafael Yépez Aguirre (FURG)
Julio Pineda (UC)
Alfredo Morón (UCLA)
Geovany Siem (UCV)
Maria Alice Olavarrieta Parisot (UCLA)
María Eugenia Marante (UCLA)
María Juliana Ramirez T. (UDO)
Miguel Alberto Camacaro (ARC)
Nargelith Gallardo (UNIMET)
Nelly del Castillo Loreto (UCV)
Noris Timaure (UCLA)
Oladis Troconis de Rincón (UTSA)
Patricia Pereira (UCAB)
Rebeca Velasco Di Prisco (UCV)
Rodolfo Scannone M. (ALCONPAT-Ve)
Rosangel Rojas (FURG)
Yolanda Hernández López (LUZ)

© 2025 ALCONPAT Internacional

MODERADORES DE LAS SESIONES

Coordinación

Maria Alice Olavarrieta P.
(ALCONPAT-Ve; UCLA)

Moderadores

Edson Martínez Oberto. (UC)
Celia Herrera (UCAB, ANIH)
Edson Martínez (UC)
Valentina Millano. (LUZ)
Julio Vicenti. (FI-UCV)
Rosa Eugenia Malavé de Corrales. (UCLA)
Gustavo Izaguirre Luna (FAU-UCV)



PATROCINADORES Y ALIADOS INSTITUCIONALES

``

© 2025 ALCONPAT Internacional

CONFERENCISTAS INVITADOS



Dr. Pedro Castro Borges
(México)
Director General ALCONPAT Internacional.
Investigador CINVESTAV Unidad Mérida

Ingeniero Civil y Maestro en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Experto en Durabilidad del Concreto. Investigador con una extensa trayectoria en el campo de la ingeniería civil, específicamente en el estudio de la durabilidad del concreto reforzado. Desde 1986, ha dedicado su carrera al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV) en Mérida, Yucatán. Su formación académica incluye un doctorado en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México y un posdoctorado en el Instituto Torroja de Ciencias de la Construcción de Madrid, España. Su investigación se centra en prevenir problemas como la corrosión en estructuras de concreto, desarrollando sistemas de reparación innovadores. Además de su labor académica, el Dr. Castro Borges es una figura destacada en la comunidad científica internacional. Es Director General de Alconpat Internacional y Editor en Jefe de la Revista Alconpat, dos plataformas clave para la difusión de conocimientos en el área de la patología del concreto. En resumen, el Dr. Castro Borges es un referente en la investigación y desarrollo de soluciones para garantizar la durabilidad y seguridad de las estructuras de concreto.

Conferencia

Apropiación social del conocimiento sobre durabilidad del concreto en comunidades vulnerables

Resumen

La conferencia aborda el tema de transferir conocimientos a comunidades vulnerables con el objetivo de mejorar sus infraestructuras, sus haberes y, por ende, sus vidas. Todo se inicia hace 25 años, cuando el huracán Gilberto causó grandes destrozos en la península de Yucatán, México. En ese momento se inició un proyecto buscando respuesta a la interrogante ¿Cómo hacemos para que la comunidad nos exprese su malestar, pero también nos exprese sus ideas de como creían que se pudiese resolver su situación después del paso de un huracán con el que habían perdido todo? La comunicación de los científicos con estas personas se logró a través de una técnica llamada investigación-acción participativa, convirtiendo los conocimientos científicos de los ingenieros, arquitectos y otros especialistas en conocimiento empírico para los habitantes de esas comunidades. En el aprendizaje hay tres cosas importantes: 1) la apropiación básica del conocimiento, 2) la apropiación formal del conocimiento y 3) la apropiación social del conocimiento, motivo de esta conferencia y que se traduce como los mecanismos generados para que la comunidad del área se apropie del conocimiento generado.

Se muestra el ejemplo de una comunidad de Yucatán, donde con técnicas sencillas de enseñanza se transfirieron los conceptos esenciales de corrosión y su medición, resistencia del concreto, espesores de recubrimiento para el acero, recetas empíricas para fabricar concreto, entre otros muchos. Se implantó un programa de construcción de viviendas tipo palafito con criterios de durabilidad y sustentabilidad bajo un sistema participativo y con apoyo de terceros. Esta experiencia dio paso al "Proyecto Palafitos" con el objetivo de detectar y registrar, por parte de los mismos miembros de la comunidad, la influencia de los microclimas en el proceso de corrosión de la subestructura palafita. Este programa ha sido ampliamente satisfactorio.

Notas: Resumen elaborado a partir de la conferencia por el Ing. Carlos Rodríguez A.
Conferencia disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve



Dr. Ángel Castillo Talavera
(España)
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, egresado de la Universidad Politécnica de Madrid y Científico Titular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España. Posee una destacada trayectoria en investigación y desarrollo. Actualmente, dirige el Instituto Eduardo Torroja del CSIC (España), donde lidera proyectos enfocados en la tecnología del hormigón de alta performance, su durabilidad y la evaluación de estructuras de hormigón deterioradas. A lo largo de su carrera, ha participado en numerosos proyectos nacionales e internacionales, así como en contratos con empresas. Es autor de múltiples publicaciones y ha presentado sus investigaciones en congresos a nivel mundial. Su compromiso con la innovación lo ha llevado a cofundar una empresa de base tecnológica enfocada en el desarrollo de productos para el control de propiedades y durabilidad en materiales de construcción. Además, ha sido un promotor activo de la construcción sostenible, tanto en proyectos de cooperación internacional como en su participación en diversos comités y asociaciones del sector. En resumen, el Dr. Castillo es un referente en el campo de la ingeniería civil, con una sólida experiencia en investigación, desarrollo e innovación en el ámbito del hormigón y la construcción sostenible.

Conferencia

Instituto Eduardo Torroja 90 años en la vanguardia de la ciencia de la construcción. Presente y futuro en la investigación de la evaluación de la durabilidad de las estructuras de hormigón

Resumen

Se expone la estructura del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España (CSIC), conformada por más de 15.000 personas trabajando en las áreas de Movilidad, Salud y Vida, Energía y Materiales, Agricultura y Medio Ambiente y Digitalización. Dentro de las más de 120 instituciones adscritas al CSIC se destaca el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, donde se ahonda y trabaja desde la innovación y de la investigación en el sector de la construcción y concretamente en sus materiales desde el punto de vista de la edificación y la obra civil, con una visión multidisciplinar de la ciencia y la tecnología. El hoy Instituto Eduardo Torroja se funda en 1934 como una agrupación privada, con la denominación Instituto Técnico de la Construcción y la Edificación, para la mejora de los procesos constructivos, con el objeto de cubrir una necesidad técnica de la sociedad, especialmente de los profesionales y de la industria del sector. Su denominación actual la adquiere a partir de 1990. Sus cuatro líneas fundamentales de trabajo son: 1) Materiales y procesos para tecnologías sostenibles y eficientes en construcción, 2) Innovación en el sector de la construcción para un cambio global, 3) Infraestructuras seguras y durables y 4) Habitabilidad en un entorno sostenible.

La conferencia incluye una descripción de las seis unidades técnicas que conforman el instituto, así como de los departamentos de materiales y construcción. El fin superior de estas cuatro líneas de trabajo es lograr la Construcción Sostenible. Se presenta una amplia y muy detallada exposición del significado, concepto, fundamentos teóricos, el abordaje práctico, ejemplos, técnicas y equipos de monitoreo y de la importancia y trascendencia de la Durabilidad como la clave para alargar la vida útil de las estructuras.

Notas: Resumen elaborado a partir de la conferencia por el Ing. Carlos Rodríguez A.
Conferencia disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve

© 2025 ALCONPAT Internacional



Ing. Jorge Alberto Rendón Ospina
(Colombia)
Gerente de Producto de Reparación y Reforzamiento de Estructuras
Mapei Colombia

Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Colombia, 1991. Posgrado en Estructuras, Building Research Institute, Tsukuba – Japón, 1998. Posgrado en Diseño Sísmico de Estructuras, Instituto de Ingeniería Sísmica IZIIS, República de Macedonia, 2000. Miembro del Comité ACI 440, Reforzamiento de Estructuras con Materiales Compuestos FRP desde 2006. Gerente de Producto de Reparación y Reforzamiento de Estructuras en Mapei Colombia desde 2021. Conferencista sobre Reparación y Reforzamiento de Estructuras en países como: Argentina, Uruguay, Chile, Perú, Ecuador, Paraguay, Bolivia, Panamá, Costa Rica, República Dominicana, Puerto Rico, Nicaragua, México, Brasil, Venezuela y Colombia.

Conferencia:

Euronorma UNI-EN 1504. La receta para el éxito en rehabilitación de estructuras

Resumen

El conferencista plantea que esta es una de las normas más utilizadas en el mundo y considerada por los expertos como una de las mejores, si no la mejor, de las normativas para la rehabilitación de estructuras de concreto.

Los objetivos de la conferencia son conocer la normativa europea de rehabilitación de estructuras de concreto UNE-EN 1504, aplicarla a un proyecto real de rehabilitación de estructuras y entender la necesidad de seguir un procedimiento ordenado para reparar/reforzar una estructura de concreto reforzado.

La norma UNE-EN 1504 está vigente en la comunidad europea desde el 1ero de enero de 2009, siendo su denominación oficial "Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón". Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de conformidad". La norma incluye 10 capítulos que abarcan: 1) Definiciones, 2) Sistemas de protección superficial, 3) Reparación estructural y no estructural, 4) Adhesión estructural, 5) Productos y sistemas para la inyección del concreto, 6) Anclaje de armaduras de acero, 7) Protección contra la corrosión de armaduras, 8) Control de calidad y evaluación de la conformidad, 9) Principios generales para el uso de productos y sistemas y 10) Aplicación "in situ" de los productos y sistemas y control de calidad de los trabajos.

Como conclusiones se destaca la importancia de contar con esta guía que nos ayuda en todo el proceso, de una manera ordenada, desde la evaluación hasta la culminación de este y la participación de Mapei con su experticia técnica con la norma y su portafolio de productos de reparación y de reforzamiento.

Notas: Resumen elaborado a partir de la conferencia por el Ing. Carlos Rodríguez A.
Conferencia disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve



Dra. Oladis Troconis de Rincón
(Venezuela)
Miembro Honorario y Directora de Educación
de ALCONPAT Internacional

Ingeniero Químico, Universidad del Zulia (1971); MSc. Ingeniería Química, Universidad de Oklahoma (1975); Doctora en Electroquímica, Universidad de Los Andes (2003); Doctora Honoris Causa, Universidad del Zulia (2005). Fue profesora y directora del Centro de Estudios de Corrosión. Ha liderado numerosos congresos y proyectos en el ámbito de la corrosión, incluyendo su rol como directora de NACE International. Ha publicado 170 artículos en congresos, 84 en revistas arbitradas y 9 libros. Ha recibido múltiples premios, entre ellos el "Fellow Award" de NACE International (2000) y el Premio a la Investigación de NACE International Región Latinoamérica (2012). La Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia estableció en 2008 el Premio "Profa. Oladis Trocónis de Rincón" al mejor trabajo de grado en su honor. Desde el 2010 es Individuo de Número de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, Sillón XI. La Dra. Troconis es un referente global en el campo de Corrosión y Durabilidad, con una sólida trayectoria en las áreas de investigación, docencia y gestión institucional.

Conferencia:

Evaluación a largo plazo de recubrimientos hidrofóbicos para la protección del acero de refuerzo en concreto expuesto a ambientes marinos tropicales hostiles

Coautores: V. Millano, M. Aboulhosn, C. Morales, M. León, A. López

Resumen

El objetivo de este trabajo es evaluar la durabilidad de los recubrimientos hidrofugantes en especímenes de concreto armado de relación a/c 0,40 y 0,65 expuestos en ambiente marino tropical (>CX/ISO 9223), por más de 15 y 5 años, respectivamente. Los recubrimientos evaluados son en base a silano, siloxano y mezclas de ellos. La evaluación se realizó electroquímicamente (velocidad de corrosión por resistencia a la polarización y potencial de corrosión del acero) y fisicoquímicamente para determinar la degradación de los recubrimientos (perfil de iones cloruro, Absorción Superficial Instantánea y Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier). Los resultados mostraron que el comportamiento de los hidrofugantes no solo depende del contenido y tipo del componente activo, sino también de la calidad del concreto.

Palabras clave: Recubrimiento hidrofugante; concreto armado; relación agua/cemento; durabilidad; medio marino.

Notas: La conferencia tiene un artículo en extenso en la sección "trabajos presentados", pág. 92
Conferencia disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve

© 2025 ALCONPAT Internacional



Ing. Iván Perozo Padilla
(Venezuela)
Gerente Técnico Tecnoconcret

Ingeniero Civil egresado de la Universidad Metropolitana, 1984. Experto en tecnología del concreto, materiales de construcción y patología del concreto reforzado. Consultor en el área de productos químicos especiales para: la construcción, la industria y la infraestructura. Actualmente Gerente Técnico de Tecnoconcret C.A.

Conferencia:

Aditivos reductores de permeabilidad y su importancia para incrementar la vida de servicio del concreto

Resumen

Se destaca en primer lugar la importancia de la permeabilidad como tema ligado a la durabilidad del concreto.

La conferencia toma como eje central el reporte ACI 212 “Aditivos químicos para el concreto”. Se expone la clasificación incluida en dicho reporte de los aditivos reductores de la permeabilidad, desarrollando las 5 categorías en las que son agrupados: 1) Hidrofóbicos, 2) Productos poliméricos, 3) Sólidos en polvo, 4) Bloqueadores de poros (hidrófugos) y 5) Cristalizantes. Se incluye una exposición detallada de las escalas de permeabilidad y su comparación con el tamaño de la molécula de agua.

Aborda el tema importantísimo de los ensayos de laboratorio y de sitio para analizar la permeabilidad y para el estudio del efecto de los reductores de permeabilidad. Expone las medidas mayormente usadas para diseñar y construir un concreto impermeable y presenta y explica el portafolio de productos que la empresa Tecnoconcret pone a la disposición de las necesidades del mercado.

Concluye destacando como conclusiones la importancia del agua como factor de aparición de problemas patológicos, la importancia de la prevención, la inspección permanente y el mantenimiento oportuno de las obras, la disponibilidad que se tiene de técnicas, normas, ensayos y experiencias como herramientas de trabajo y finaliza destacando la importancia de que los sistemas reductores de la permeabilidad sean redundantes o complementarios.

Notas: Resumen elaborado a partir de la conferencia por el Ing. Carlos Rodríguez A.
Conferencia disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve



Ing. Juan Capacho
(México)
Gerente Desarrollo de Negocios LATAM
Reforzamiento y protección de estructuras. Sika México

Ingeniero Civil, egresado de la Universidad Pontificia Bolivariana Colombia, con énfasis en Estructuras. Cuenta con más de 10 años de experiencia en el diseño, instalación y validación de productos de anclajes químicos. Especializado en el mejoramiento, reforzamiento y protección de estructuras de concreto, aportando soluciones innovadoras y efectivas. Es actualmente Desarrollador de Negocios para Latinoamérica en Sika Mexicana S.A. de C.V. desde 2021. Desarrollo de estrategias para la línea de reforzamiento, protección y mejoramiento de estructuras de concreto. Implementación de soluciones técnicas innovadoras. Experiencia Anterior: 11 años en diseño e instalación de anclajes químicos y 3 años en validación de productos de anclajes químicos para reportes ICC-ESR o IAPMO. Habilidades clave: Diseño y ejecución de anclajes químicos; Validación de productos; Mejoramiento y protección de estructuras de concreto; Desarrollo de estrategias de negocio.

Conferencia:

Reparación de las estructuras de concreto en muelles o puertos marítimos

Resumen

El conferencista presenta sus experiencias de los últimos 3 años en la reparación de estructuras marinas. Se inicia con un catálogo extenso de problemas encontrados asociados a la corrosión del acero de refuerzo resaltando la premisa de la necesidad de los propietarios, por razones económicas y de continuidad operativa, de rehabilitar y prolongar la vida útil de esas estructuras sin tener que llegar a demolerlas. Se recalca la trilogía concreto durable correctamente diseñado – mantenimiento - aplicación de protecciones.

Se incluye una exposición del fenómeno de corrosión debida a cloruros como la patología más frecuente y dañina en las estructuras marinas resaltándose la importancia de la participación de especialistas en patología en la atención y resolución de estos casos.

Se presentan protocolos y procedimientos para reparación tomando como ejemplos el documento ACI 546R-14 “Guía para la reparación del concreto”, la norma UNE-EN 1504 “Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón” y las guías del ICRI (International Concrete Repair Institute).

Adicionalmente, se incluyen ejemplos y recomendaciones de los tipos de materiales usuales para estos fines, con énfasis en los productos, procedimientos y tecnologías que desarrolla y comercializa la empresa Sika.

Notas: Resumen elaborado a partir de la conferencia por el Ing. Carlos Rodríguez A.
Conferencia disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve

© 2025 ALCONPAT Internacional



Dr. Humberto Varum
(Portugal)
Universidade do Porto

Ingeniero Civil, egresado de la Universidad de Porto, Portugal, con Master en Estructuras en esa misma universidad y Doctorado en la Universidad de Aveiro, Portugal. Es un destacado ingeniero civil con una extensa trayectoria académica e investigadora a nivel internacional. Actualmente, es Catedrático en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Porto y ocupa diversos cargos de liderazgo en instituciones académicas y profesionales. Su experiencia se centra en ingeniería estructural, construcción y gestión de riesgos. Ha sido profesor invitado en prestigiosas universidades de Europa, América y Asia, y ha liderado proyectos de investigación en colaboración con instituciones de todo el mundo. El Dr. Varum ha desempeñado un papel clave en la gestión de instituciones académicas en Portugal, ocupando cargos como director de programas de doctorado, miembro de consejos científicos y presidente de institutos de investigación. Además, es miembro de diversas academias de ingeniería y asociaciones profesionales a nivel internacional. En resumen, el Dr. Varum es un referente y figura destacada en el ámbito de la ingeniería civil, con una sólida trayectoria académica y una amplia experiencia en investigación, docencia y gestión institucional.

Conferencia:

Diseño sísmico de edificios de hormigón armado: lecciones de sismos recientes, normativas y resultados de investigación

Resumen

El conferencista inicia comentando los tres componentes que condicionan el riesgo sísmico: por un lado, la peligrosidad, asociada a la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo, luego la vulnerabilidad, que se refiere a la mayor o menor preparación de una construcción o ciudad para resistir o responder en condiciones de seguridad a determinado nivel de peligrosidad y, finalmente, la exposición: dónde nos encontramos. La gestión del riesgo debe ser siempre interpretada mirando con rigor hacia los tres, no solo a uno de estos actores. Seguidamente, hace referencia a varios sismos emblemáticos en Venezuela, tal como el Terremoto de 1812, llamando a la reflexión sobre lo devastador que sería hoy un sismo con esa magnitud e intensidad en una Caracas densamente poblada. También reflexiona sobre el terremoto que afectó su país en 1755, que destruyó a la capital, Lisboa, cambiando la historia de Portugal. Menciona que la baja frecuencia de los sismos en algunas regiones hace que se subestime su poder destructivo, pero las lesiones son recurrentes y siempre es importante recordar estos eventos extremos. Luego hace énfasis en la vulnerabilidad, centrando su análisis en los edificios corrientes, de mediana altura, para vivienda u oficina. Sin duda, las normas han evolucionado y estos edificios son cada vez más seguros, más dúctiles, pero aún los más modernos persisten configuraciones irregularidades que inducen torsiones, entrepisos blandos, columnas cortas, entre otros. Hace énfasis en que los componentes no estructurales, en especial las paredes de relleno, son muchas veces los responsables de estas irregularidades y del mal desempeño de los edificios, por lo que se les debe prestar más atención. También preocupa el auge de nuevos sistemas y materiales, algunos prefabricados, que se usan recientemente sin haber sido suficientemente probados. Comenta que se debe prestar mayor atención a los edificios antiguos e informales para reducir su vulnerabilidad, ser rigurosos en la aplicación de las normas vigentes y seguir investigando, porque la tecnología y la normativa continuará en su permanente evolución hacia regulaciones cada vez más exigentes.

Notas: Resumen elaborado a partir de la conferencia por el Ing. Alfredo Urich
Conferencia disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve



Ing. José María de Viana
(Venezuela)
Profesor, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Andres Bello

Ingeniero Civil, Universidad Católica Andrés Bello, 1977. Posee una destacada trayectoria profesional en los sectores de agua y saneamiento, y telecomunicaciones en Venezuela. Su experiencia se extiende por más de cuatro décadas, abarcando roles ejecutivos en empresas públicas y privadas de gran envergadura. Experiencia destacada en Sector del agua, ocupando cargos de alta dirección en instituciones clave como Hidrocapital, donde fue presidente y lideró la gestión del suministro de agua en la región capital; y también en Sector de telecomunicaciones, donde se desempeñó como presidente de Movilnet, convirtiéndola en la principal operadora móvil de Venezuela. Ha sido profesor universitario en diversas instituciones de prestigio, como la UCAB, IESA y UNIMET, compartiendo sus conocimientos en áreas como ingeniería hidráulica, estadística y gestión empresarial. A lo largo de su carrera, ha demostrado un sólido Liderazgo, dirigiendo equipos multidisciplinarios y gestionando grandes proyectos; Experiencia Técnica en ingeniería civil, hidráulica y gestión de recursos hídricos; Visión Estratégica, contribuyendo al desarrollo de políticas públicas en los sectores de agua y telecomunicaciones; Compromiso social, a través de su labor docente y de investigación, ha formado a nuevas generaciones de profesionales. En resumen, el Ingeniero de Viana es un referente en los sectores de agua y telecomunicaciones en Venezuela, con una sólida trayectoria académica y profesional.

Conferencia:

Rehabilitación de los acueductos de la Gran Caracas. Caso de patología compleja. Notas de memoria a mano alzada

Resumen

Uno de los problemas de Caracas es que las fuentes de agua locales son muy reducidas y ello obligó a buscarlas desde hace unos 70 años en lugares lejanos y a cotas muy inferiores. Esto se traduce en una infraestructura sumamente compleja.

Se diagnostica que el acueducto de la Gran Caracas (abastece a 5.569.000 personas en 25 municipios) es una infraestructura en grave estado de salud que está sufriendo de patologías complejas cuya curación debe ser contra reloj. Los objetivos de la conferencia son motivar a las nuevas generaciones por un tema tan importante, proponer una metodología para enfrentar el problema e iniciar la preparación para una tarea impostergable.

Se plantea un Diagnóstico Base que identifica 1) la producción de agua potable insuficiente, 2) la calidad del agua no es potable y 3) el sistema opera con niveles reducidos de disponibilidad. En consecuencia, los objetivos estratégicos son: incrementar la producción de agua hasta los 20 m3/s, garantizar calidad de agua potable y alcanzar confiabilidad del 99%.

Se exponen las medidas para incrementar la producción tanto en las fuentes como en los sistemas de bombeo, las medidas para garantizar la potabilidad del agua y las necesarias para alcanzar la confiabilidad del 99% que en esencia se traducen en disminuir la vulnerabilidad de los embalses y en la atención a las causas de mayor severidad y duración de fallas.

La conclusión se centra en la necesidad de abordar y resolver tres aspectos vitales que deben ser erradicados: la falta de transparencia, los errores técnicos conceptuales y las relaciones costo/beneficio deficientes

Notas: Resumen elaborado a partir de la conferencia por el Ing. Carlos Rodríguez A.
Conferencia disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve

© 2025 ALCONPAT Internacional






Alessandro Famiglietti, Prof. Arq. UCV/UCAB
Nicolás Labropoulos, USB/UNIMET
Carlos Rodríguez A., ALCONPAT-Ve
Ángela Rodríguez Arq. UCV

Conversatorio: "El Rizoma de una Adecuación Patrimonial"

Resumen

El rizoma es un modelo descriptivo en el que la organización de los elementos no sigue líneas de subordinación jerárquica, sino que cualquier elemento puede afectar o incidir en cualquier otro. Es un concepto filosófico caracterizado por la multiplicidad y la ruptura de jerarquías. Bajo este concepto, se exponen puntos de vista y experiencias en un trabajo interdisciplinario, tales como son los proyectos de arquitectura e ingeniería en el tema de la conservación del patrimonio.

Si bien el cruce entre distintas disciplinas se da en cualquier tipo de proyecto, cuando se habla de patrimonio y de edificaciones de comprobado valor patrimonial este cruce adquiere unas características muy particulares que obligan a tomar en cuenta una cantidad de factores que limitan o restringen las libertades de acción.

El hilo conductor del conversatorio se establece en base a la presentación, análisis y reflexión de las experiencias habidas en cuatro proyectos: 1) el mercado de Cumaná, 2) el Museo Boliviano, 3) el Nuevo Circo de Caracas y 4) el Hotel León de Oro en Caracas.

Alessandro Famiglietti es arquitecto de la Universidad Central de Venezuela. Director del estudio de arquitectura FAARQ Alessandro Famiglietti Arquitecto y socio de la firma OFC Proyectos, con el desarrollo de numerosos proyectos de arquitectura, coordinación y gerencia de obras así como de diversos concursos de arquitectura, incluyendo premios y menciones especiales. Experiencia Docente como Profesor de Taller de Proyectos desde 1993 en las universidades JMV, UCV, USB y en la actualidad, co-fundador y profesor de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Católica Andrés Bello.

Carlos Rodríguez A. es ingeniero civil, Universidad Católica Andrés Bello, 1974. Cuenta con una sólida trayectoria de más de 50 años, especializado en ingeniería geotécnica y patología de estructuras. Posee una maestría en Análisis y Dirección del Medio Ambiente y una amplia experiencia docente en áreas relacionadas con la construcción y la conservación del patrimonio. A lo largo de su carrera, ha sido profesor universitario, miembro de importantes comités técnicos y socio fundador de consultoras especializadas en ingeniería y medio ambiente. Su experiencia se centra en estudios, proyectos y dirección de obras para la restauración, rehabilitación y adecuación estructural de edificios, con especial énfasis en aquellos con valor patrimonial. Actualmente, es miembro de la junta directiva de ALCONPAT-Ve y delegado nacional en ALCONPAT Internacional.

Nicolás Labropoulos es ingeniero civil, egresado de la Universidad Metropolitana, 1982. Con amplia experiencia en el diseño y análisis de estructuras, especialmente en acero y concreto armado. Cuenta con una sólida formación académica, incluyendo estudios de postgrado en estructuras. A lo largo de su carrera, ha participado en más de 1.300 proyectos de diversa envergadura, desde edificios residenciales y comerciales hasta estructuras especiales como puentes y adecuaciones sismorresistentes. Su experiencia se destaca en proyectos emblemáticos como el edificio Cincuentenario UCAB, la Torre Cinética y varias estructuras con interés patrimonial. Además de su práctica profesional, ha sido un destacado docente en diversas universidades venezolanas, donde ha impartido cátedras, dirigido tesis y participado en actividades académicas. Su trayectoria lo posiciona como un referente en el campo de la ingeniería estructural en Venezuela.

Ángela Rodríguez es arquitecta venezolana, egresada de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela. Cursó estudios en la III Maestría en Conservación y Restauración de Monumentos también en la UCV. Ha desarrollo proyectos de intervención y restauración del patrimonio edificado desde 1999 hasta la actualidad. Miembro del estudio de arquitectura FAARQ, en el desarrollo de proyectos y concursos de arquitectura, con experiencia docente en talleres de Diseño de la FAU-UCV y UJMV

Conversatorio disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve



Dra. Arq. Melin Nava
(Venezuela)
Directora de Postgrado Facultad de Arquitectura y Urbanismo UCV

Arquitecta, Universidad Central de Venezuela, 1987; Dra. en Arquitectura; MSc. en Rehabilitación y Patología de Edificaciones; Especialización en Gestión Cultural. Tiene una amplia trayectoria académica y profesional, centrada en la investigación y la docencia en el área de arquitectura, patrimonio cultural y gestión urbana. Ha desempeñado diversos roles de liderazgo en la UCV, incluyendo la dirección de postgrado, la coordinación de investigación y la gestión de proyectos culturales. Ha sido profesora invitada en universidades internacionales y ha liderado proyectos de investigación en áreas como patrimonio cultural, paisaje urbano y vulnerabilidad de edificaciones. Sus áreas de investigación se centran en la relación entre la arquitectura, la ciudad y la memoria colectiva, la gestión del patrimonio cultural y la participación ciudadana. Ha realizado importantes contribuciones en el campo de la arquitectura y el urbanismo a través de sus publicaciones, investigaciones y actividades de docencia. Su trabajo ha sido fundamental para la preservación del patrimonio arquitectónico y cultural de Venezuela. En resumen, es una destacada profesional con sólida formación académica y amplia experiencia en investigación, docencia y gestión cultural. Su trabajo ha tenido un impacto significativo para la arquitectura y el urbanismo en Venezuela.

Conferencia:

Vulnerabilidad y patología en los centros poblados. Un problema a ser resuelto. Caso de estudio: Bello Campo

Resumen

La urbanización Bello Campo data de la década de los años 50s y fue diseñada como un asentamiento suburbano de parcelas y viviendas unifamiliares y multifamiliares de entre 7 a 9 pisos de altura entre la avenida Francisco de Miranda y la Avenida Libertador. Es cruzada por la quebrada conocida como Quebrada Seca, la cual viene siendo ocupada desde 1954. En la actualidad, sobre la quebrada se han desarrollado dos barrios intersticiales: La Cruz y Bello Campo, los cuales tienen acceso desde la avenida José Félix Sosa de la Urbanización Bello Campo. El barrio La Cruz es más antiguo (1954) que el barrio Bello Campo (c. 1960) y ubicado al norte de la avenida, y más conectado con los equipamientos comerciales e industriales de la Urbanización El Dorado. Ambos sectores han venido creciendo en vertical y es un sector de construcción autogestionada. El sector se encuentra en el cono de amenaza muy alta en el mapa de inundaciones elaborado por el IMF en 2006.

Vemos dos grandes problemas: por un lado, la vulnerabilidad en la subcuenca de la quebraba es hidrometeorológica y sísmica; por el otro, la patología predominante en el sector, referido a las formas constructivas, que en general, no atienden los criterios técnicos elementales para garantizar un mínimo de seguridad, lo cual pone en riesgo a los más de 5.000 habitantes que potencialmente pueden ser afectados por un evento considerable de medio a alto ante ambos tipos de amenazas.

Se está realizando un trabajo de fichaje y caracterización de los efectos posibles que puede haber en caso de ocurrencias de esta naturaleza y debe proponer un sistema de medidas por ser implementadas a través de mecanismos de planificación-acción, que involucren a la población en riesgo directo.

Palabras clave: vulnerabilidad física urbana, confinamiento, período de resonancia, patología constructiva

Conferencia disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve

© 2025 ALCONPAT Internacional



Ing. Liana Arrieta de Bustillo
(Venezuela)
Profesora UCLA; Presidente Emérito ALCONPAT-Ve
Miembro Honorario de ALCONPAT Internacional

Ingeniero Civil egresada de la Universidad del Zulia. Tiene Maestría en Ingeniería USA y especialización en Patología y Control de Calidad en la Construcción del Instituto Eduardo Torroja en Madrid. Cofundadora del Decanato o Facultad de Ingeniería de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Fundadora de la Escuela Comunitaria de Vivienda. Cofundadora de Alconpat Internacional y Alconpat Venezuela, de la cual es actualmente su Presidente Emérito. Fundadora del grupo de investigación de Informal setlements del Internacional Council for they reserch and innovation un Building Constrution. Profesora de Cursos y diplomados en Patología de Obras civiles. Distinguida con la orden Jacinto Lara de Barquisimeto y Lisandro Alvarado de la UCLA; Vicente Lecuna del Colegio de Ingenieros de Venezuela; La Giraldilla de Cuba; las Llaves de la Ciudad de Mérida, México; Miembro Honorario de Alconpat Internacional y el galardón al profesional con la mejor trayectoria en el ejercicio profesional de la Patología de Obras civiles. Publicaciones y Conferencista Central en los primeros CONPAT.

Conferencia:

Problemas patológicos en la autoconstrucción de viviendas. La escuela comunitaria de vivienda como experiencia importante de educación

Coautores: A. Morón y A. Paredes

Resumen

La población en los Asentamientos Informales de Venezuela vive en viviendas inadecuadas, construidas de manera espontánea y expuestas a riesgos estructurales. Según Payne en URVI98, hasta 1989, el 77% de las viviendas fueron construidas sin asistencia técnica, lo que representa un problema público significativo. Este trabajo busca identificar los problemas estructurales en estas construcciones, sus causas y proponer soluciones educativas, como la experiencia de la Escuela Comunitaria de Vivienda. Se revisaron investigaciones en barrios de Caracas y Barquisimeto, donde millones de viviendas informales enfrentan alto riesgo sísmico. Esta situación plantea un desafío para la ingeniería estructural y para quienes deben garantizar la seguridad de los habitantes de estas áreas vulnerables.

Palabras clave: Asentamientos informales; viviendas inadecuadas; riesgos estructurales; autoconstrucción; seguridad habitacional

Notas: La conferencia tiene un artículo en extenso en la sección “trabajos presentados”, pág. 492
Conferencia disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve



Acad. Herbert Lynch Blackman
(Venezuela)
Miembro Honorario de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat
Profesor Titular Eméritos. Universidad del Zulia

Ingeniero Civil, Universidad del Zulia, 1962. Posee una extensa y destacada trayectoria profesional, académica y gremial. Su carrera se ha centrado principalmente en el área de la ingeniería vial, donde ha desempeñado múltiples roles como proyectista, constructor, supervisor, docente e investigador. Profesor titular emérito de la Universidad del Zulia, ha formado a numerosas generaciones de ingenieros civiles y ha publicado diversos trabajos en el área de pavimentos y construcción vial. Ha trabajado en proyectos de infraestructura vial a gran escala, tanto en el sector público como privado, desempeñando roles de liderazgo en diversas empresas constructoras y consultoras. Ha recibido numerosos reconocimientos y condecoraciones por su destacada trayectoria profesional y su contribución al desarrollo de la ingeniería civil en Venezuela. Ha ocupado importantes cargos en el Colegio de Ingenieros de Venezuela y en otras organizaciones gremiales, promoviendo el desarrollo profesional de los ingenieros civiles. Áreas de especialización: Diseño estructural de pavimentos; Mantenimiento y rehabilitación vial; Construcción de pavimentos; Inspección de obras viales.
En resumen, el Ingeniero Lynch es una figura relevante en el ámbito de la ingeniería civil venezolana, con una sólida formación académica, una amplia experiencia profesional y un gran reconocimiento por su contribución al desarrollo del CIV.

Conferencia:

Valores éticos y morales “prioridad nacional”

Resumen

En todas las profesiones se necesitan los valores éticos y morales. En la realidad actual es necesario agregar que es un tema de “Prioridad Nacional”. Nuestras universidades nos dan las herramientas que requerimos como profesionales, pero hay que agregar dos ingredientes imprescindibles para el buen ejercicio como lo son la honestidad y la ética.
Se destaca el juramento de los graduandos donde cada uno se compromete a ejercer su profesión con ética, eficiencia y honestidad, teniendo como prioridad la búsqueda del bien común y el servicio a la sociedad y jura cumplir con la Constitución y Leyes de la República. Se presenta una disertación acerca de los conceptos de ética y moral y su conexión con el juramento que se hace al recibir un título profesional y además con los fundamentos de la vida ciudadana.
Continúa la conferencia con el análisis de varios artículos de la Ley de Ejercicio de la Ingeniería, Arquitectura y Profesiones Afines, de las responsabilidades establecidas en el Código Civil de la República y se agrega lo contemplado en el Código Penal. En este contexto, finaliza con la exposición de algunos artículos del Código de Ética del Colegio de Ingenieros de Venezuela.
Las consideraciones finales más relevantes son: “La ética gremial, empresarial, etc. no existe. Sólo existe una ética, la ética no es un asunto de gremio, ni social, ni de negocios, ni político. Es simplemente un asunto personal”, “Es necesario rescatar los valores éticos y morales a través de la familia, la educación a todo nivel, el gobierno nacional y la iglesia”

Notas: Resumen elaborado a partir de la conferencia por el Ing. Carlos Rodríguez A.
Conferencia disponible en el canal de YouTube @ALCONPAT-Ve

© 2025 ALCONPAT Internacional

TRABAJOS PRESENTADOS

1) Normas y criterios para el control de calidad

© 2025 ALCONPAT Internacional

Primero apareció cualidad y luego calidad: análisis comparativo entre cualidades y calidades para identificar áreas temáticas de investigación relacionadas con la construcción de edificaciones

G. Izaguirre Luna[1]

gilarquitecto@gmail.com

RESUMEN

Determinar estándares de calidad con base a la apreciación que se tiene de edificaciones construidas, nos permite evaluar aspectos espaciales, psicosociales, de bienestar térmico, acústico, lumínico, de seguridad y de mantenimiento, conducentes a determinar dichos estándares con criterios de habitabilidad y materialidad para lograr edificaciones de calidad. Por ello, su construcción de calidad, redunda en la sostenibilidad del ambiente construido. En esta ponencia se presenta una reflexión interpretativa de la ocurrencia de lesiones por el tipo de incidencia: defecto y falla, a través de Perfiles Conceptuales Intangibles para obtener una medida objetiva de cómo es la calidad de la construcción en edificaciones con diferentes cualidades. Mostraremos algunas aproximaciones a los posibles territorios donde las cualidades y sus calidades espaciales determinan la calidad percibida; con lo cual se puede fortalecer y optimizar el proyecto y la construcción de los edificios para satisfacer los requerimientos de las personas. A partir del análisis de las observaciones concluimos una propuesta que valora los aspectos estético-constructivos apreciados por las personas, cuyos resultados quedan para la discusión.

Palabras clave: Revestimientos y acabados; cualidad; calidad; edificios; estética.

[1] Área de Conocimientos de Tecnología, Escuela de Arquitectura Carlos Raúl Villanueva, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela. Caracas – Venezuela. Registro Nacional de Innovación e Investigación bajo el código RNII número V-05300458-0106-2013

© 2025 ALCONPAT Internacional

1. INTRODUCCIÓN

Comprender la calidad de las edificaciones desde la estética de los acabados, ha sido abordada en nuestra línea de investigación sobre la calidad de la construcción de las obras arquitectónicas como una vía para mejorar la calidad de las edificaciones, donde uno de los objetivos planteados ha sido conocer cómo es percibida la calidad de la construcción de sus revestimientos y acabados. Esta ponencia facilita información clave de cuán diferente es apreciada por el sujeto la calidad de construcción de los acabados en los casos de estudio respecto a su conocimiento en el área de la construcción.

Cuando analizamos la calidad de la construcción desde la observación de los defectos y las fallas que presentan los acabados y revestimientos, o lesiones, se aprecia de forma objetiva la calidad de las construcciones y su relación con el proyecto, sus especificaciones y las técnicas constructivas aplicadas durante la construcción de las obras.

La investigación en general ha sido realizada aplicando el método de diferencial semántico de Osgoog (MDS) para conocer cómo un grupo de personas percibe la calidad de la construcción de los acabados y revestimientos de una edificación. El estudio de los cambios cualitativos supone una limitación respecto a lo meramente cuantitativo, no obstante, el uso de este método nos permite a través de ecuaciones diferenciales utilizando 50 adjetivos bipolares, tener una aproximación objetiva de un grupo indeterminado de subjetividades. Este método de diferencial semántico ha sido utilizado por más de 65 años en estudios conductuales sobre la percepción estética a diferentes estímulos abstractos.

1 LA ESTÉTICA DE LOS ACABADOS PARA COMPRENDER LA CALIDAD DE LAS EDIFICACIONES

En esta línea de investigación reconocer las áreas temáticas para determinar los estándares de calidad con base a la apreciación que se tiene de edificaciones construidas, nos permite evaluar diversos aspectos: espaciales, psicosociales, de bienestar térmico, acústico y lumínico, y de seguridad y mantenimiento, y nos conducen a determinar dichos estándares con criterios de habitabilidad y materialidad, igualmente permitan el logro de edificaciones de calidad (Izaguirre, 2008). En los cuatro estudios de caso, cuyos resultados estamos comparando en esta investigación, podremos conocer cómo la calidad de la construcción impacta en la impresión sensible del sujeto entrevistado.

1.1 Obras arquitectónicas, calidad y edificaciones: nociones que debelan las cualidades

En los últimos 20 años hemos asegurado que los revestimientos y acabados constituyen un alto porcentaje del costo total de la construcción de una edificación, así como en su conservación y mantenimiento. Es por esto que su construcción de calidad redunda no solo en la sostenibilidad del ambiente construido, sino también permite incrementar la seguridad de las personas, satisfacer las exigencias de los usuarios y proteger la economía social. Al incrementar la calidad de una edificación, se aumentan los niveles de sostenibilidad de aquello que está construido, su entorno urbano y otros tantos aspectos socioeconómicos propios de un hábitat sustentable en el tiempo (Izaguirre, 2005).

Abordamos aspectos como Calidad, Obras Arquitectónicas y Edificaciones. La calidad se define como “propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permite juzgar su valor” (RAE, 2001), pero tal propiedad o conjunto de éstas son apreciadas por el sujeto con base a la experiencia *a priori*, lo cual no necesariamente permite información fiable de las cualidades no apreciables por observación simple, donde las cualidades de una edificación pueden tener una relación con la calidad (Izaguirre, 2009). Por Obras Arquitectónicas aquellas obras que las normas COVENIN indican como responsabilidad del arquitecto; y por Edificaciones aquella construcción cuya función principal es alojar personas, animales o cosas (COVENIN – MINDUR 2002-88).

1.2 Casos de estudio

La investigación presenta un estudio documental de los proyectos y especificaciones técnicas de varias edificaciones estudiadas entre los años 2005 y 2015, incluye el análisis de las lesiones observadas y de las encuestas realizadas a diferentes grupos de personas, para indagar sobre la percepción de la calidad en dos edificios con atributos de las cualidades diferentes (2005) y dos edificaciones similares en atributos, data de construcción y revestimientos (2015).

1.3 Justificación

Nos preguntamos si una persona, tanto aquella con experiencia en apreciar la arquitectura como la neófita en estos asuntos, hacen juicios de valor respecto a su calidad. Por ello vimos necesario establecer cómo es percibida por estas personas a través de una metodología de investigación que permite objetivar subjetividades, como el Método de Diferencial Semántico (MDS) de Osgood.
Nuestro estudio está cargado de reflexiones particulares, basadas en la experiencia profesional y académica.

2 RECONOCER LAS CUALIDADES Y CALIDADES: EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Planteamos una investigación del tipo descriptivo - explicativa a partir de la observación documental de varias edificaciones en estudio, así como su contexto y el resultado de las entrevistas. Es a partir de tales observaciones que se desarrolla un juicio estético – constructivo, el cual es la base del sujeto conceptual para proponer conclusiones para la difusión.

2.1 Objetivo general

Analizar qué aspectos informan los sujetos encuestados respecto a la impresión sensible de una edificación, en particular sobre la impresión estética – constructiva de cada edificación estudiada, para conocer cómo es percibida la calidad de la construcción de una edificación por las personas.

2.2 Programa de trabajo

Se pretende dar razón de la impresión sensible y opinión de varios grupos de personas desde la óptica de la materialidad[2] de la construcción, u obra tangible de la edificación, para reconocer la impresión sensible de las personas.
Aplicar el Método de Diferencial Semántico de Osgood (MDS) para conocer cómo perciben la calidad de la construcción de los revestimientos y acabados en pavimentos, paramentos y fachadas

[2] Materialidad “Calidad de material. Superficie exterior o apariencia de las cosas” (RAE, 2001)

© 2025 ALCONPAT Internacional

nos permite indagar sobre las coincidencias y divergencias en las opiniones de los sujetos. En todo caso, para el análisis de las encuestas y la construcción de los perfiles semánticos de cada sujeto encuestado, se utilizará el programa de aplicación para Excel de Microsoft ®, software estadístico para el análisis de investigación de mercados XLSTAT-XM/semantic_differential de Addisolft ®.

3 CUALIDADES Y CALIDADES EN CUATRO EDIFICIOS: CASOS DE ESTUDIO

Las edificaciones estudiadas entre los años 2003 y 2005 fueron seleccionadas de forma arbitraria, el edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo en la Ciudad Universitaria de Caracas "Patrimonio Mundial" y un conjunto de 266 viviendas unifamiliares apareadas, Urbanización Country Club Buenaventura en la ciudad de Guatire, que fueron supervisadas por el autor.
Los casos estudiados entre los años 2014 y 2016, se seleccionaron dos edificaciones privadas de uso público y de la misma tipología, por ello se decidió estudiar dos centros comerciales de los 41 centros comerciales registrados en Caracas proyectados y construidos el mismo año y con cualidades similares respecto a materialidad, tectónica y altura de la edificación, ellas son: el Centro Comercial Plaza las Américas II y el Centro San Ignacio.

3.1 Edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UCV. Caso I

Tipo de construcción: Edificio de 20.000 m2, cuerpo bajo y torre de aulas de 9 pisos más sótano.
Descripción: Terreno de topografía plana; edificio aislado; fundaciones superficiales del tipo continua; estructura aporticada de concreto armado en obra limpia; losas de entrepiso nervadas en una dirección rellenas con bloques de arcilla; paredes interiores revestidas con friso y pintura acrovinílica, y mosaicos vítreos (2 x 2 cm.); paredes exteriores en concreto a la vista, acabado obra limpia, y murales de mosaicos vítreos (2 x 2 cm.); revestimiento de baldosas acústicas de papel prensadas con 30% de perforaciones en plafones; pisos revestidos con baldosas vinílicas (30 x 30 cm.) en aulas y baldosas de cerámica (4 x 4 cm.) en pasillos; ventanas de acero y vidrio; elementos de protección solar en fachadas norte y sur. Proyecto: Arq. Carlos Raúl Villanueva. Año de la construcción: 1955 (69 años)

3.2 Urbanización Country Club Buenaventura, Guatire, Estado Miranda. Caso II

Tipo de construcción: Urbanismo y 266 viviendas unifamiliares apareadas - continuas.
Descripción: Terreno cuya topografía presenta desniveles de hasta 40 metros; pavimento de concreto en calzadas y aceras (veredas); preescolar; club social y deportivo de uso exclusivo. Viviendas unifamiliares apareadas – continuas, con fundaciones o cimientos tipo continuo (losa de fundación) paredes sismorresistentes de 10 centímetros de espesor; instalaciones embutidas con tuberías en PVC; losa de entrepisos y techos macizas de concreto armado; techos inclinados revestidos con teja curva de arcilla (teja criolla); paredes interiores y exteriores acabadas con masilla plástica (encamisadas) y pinturas acrovinílicas; pisos con revestimiento cerámico; ventanas en aluminio y vidrio. Proyecto: Promotora 777 C.A. Carlos Alberto Betancourt y Sandro Macillani. Año de la construcción: 2002 (22 años)

3.3 Centro Comercial Plaza Las Américas II. Caso III

Tipo de construcción: Edificio de 12.000 metros cuadrados de construcción, de cinco niveles de comercio con galería interna en dos volúmenes, uno regular en forma de paralelepípedo y otro de planta quebrada.

Descripción: Edificio emplazado en un terreno de pendiente suave; la edificación es del tipo construcción convencional con sistema horizontal y vertical resistente de concreto armado y diafragmas con losas nervadas. Cubierta de techo con estructura mixta de acero y vidrio. Fachadas y paramentos revestidos con panelas de arcilla ferruginosa acabado obra limpia, cada 6 hiladas se coloca hilada remetida de mortero, mortero de los cordones a ras en el tiro y soga de la panela; cielorrasos de cartón yeso con junta invisible y pintura acrovinílica, pisos con pavimento de baldosas de granito, acabado pulido en todas las áreas comunes, y rugoso en zonas al aire libre. Locales comerciales y otras áreas: paredes revestidas con friso liso y pintura acrovinílica, pavimentos de cemento acabado a boca de cepillo, sin acabado en plafones, ni cielorrasos. Proyecto: Arquitectos Francisco Pimentel, Bernardo Borges y Oscar Capielo. Año de la construcción: 1998 (26 años)

3.4 Centro San Ignacio. Caso IV

Tipo de construcción: Conjunto de edificaciones conformadas por tres grandes elementos, dos torres de oficinas y un gran bloque de borde, de 24.800 metros cuadrados destinados al servicio comercial en cinco niveles y los 23.596 metros cuadrados de las dos torres elípticas conformadas de cinco niveles comerciales y diez pisos de oficinas.
Descripción: Construcción convencional, con sistema horizontal y vertical resistente de concreto armado y diafragmas con losas nervadas. Fachadas y paramentos revestidos con panelas de arcilla ferruginosa acabado obra limpia, cada 7 hiladas se coloca hilada de panela de granito rojo Guayana pulido, mortero de los cordones remetidos en el tiro y soga de la panela; plafones con cielorraso de madera pulida, acabada con barniz, o cartón yeso con junta invisible y pintura acrovinílica: pisos con pavimento de baldosas de granito gris cortadas a mano según diseño particular, acabado rustico pulido en todas las áreas comunes; vestíbulos en zona al aire libre que conecta con la ciudad, locales comerciales y áreas de servicio interior con paramentos revestidos con friso liso y pintura acrovinílica, pavimentos de cemento acabado a boca de cepillo, sin acabado en plafones, ni cielorrasos. Proyecto: Arquitectos Carlos Gómez de Llanera y Moisés Benacerraf. Año de la construcción: 1998 (26 años)

3.5 La estética de los efectos y defectos de la construcción como medida

Analizar la calidad de la construcción de una edificación sin emitir juicio de valor, requiere de la abstracción técnica para poder reducir la información fundamental sobre un objeto, manteniendo los rasgos esenciales de ese objeto. Una vez “elegida como objeto de percepción, atención, observación, consideración, investigación, estudio, etc., media aislarla de otras cosas con las cuales se encuentra en una relación cualquiera” (Abbagnano, 1966); por ello presentamos un breve análisis de la ocurrencia de fallas en los acabados y revestimientos de los casos de estudio determinados por observación simple, en consideración a las especificaciones técnicas de los proyectos y las normas venezolanas.

© 2025 ALCONPAT Internacional

3.5.1 Ocurrencias:

*medida de fallas y defectos.*Incluye el estudio de ocurrencias de lesiones que se observan en pavimentos, paramentos y fachadas, tomando en consideración posibles causas de los efectos determinados. Así mismo hemos reducido la observación y el análisis de las lesiones a determinar que existen y el posible origen.

Pavimentos:

Urbanización Country Club Buenaventura. (año del estudio 2003).

A simple vista no se observan lesiones en los pavimentos interiores o exteriores

Edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo FAU. (año del estudio 2004).

No se determinó mayores lesiones en los pavimentos, no obstante, en la planta baja se observa desprendimiento del revestimiento cerámico en tres zonas, por asentamiento de la edificación. En la torre de aulas, el pavimento elástico se mantiene en perfecto estado de conservación.

Plaza Las Américas II. (año del estudio 2015).

A simple vista no se observan lesiones en los pavimentos interiores o exteriores más allá de perforaciones para sujetar elementos relacionados con tabiquería, cerramientos o barandas.

Centro San Ignacio. (año del estudio 2015-16).

A simple vista no se observaron lesiones en los pavimentos estudiados más allá de perforaciones o preparación para sujetar elementos relacionados con tabiquería, cerramientos o barandas en las áreas de las terrazas exteriores.

Revestimientos en fachadas y paramentos:

Urbanización Country Club Buenaventura.

No se observaron lesiones en paramentos y fachadas.

Edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo FAU.

A simple vista no se observan lesiones. Se observan lesiones en las fachadas este y oeste revestidas de mosaico vítreos; presumimos que por la falta de juntas de construcción y dilatación de los paños muy grandes (15 a 20 m x 3,75 m por paño, la obra total 45 x 25 m por fachada), poco o nulo mantenimiento y la pérdida de material en las juntas o cordones, formando oquedades que al entrar el agua y cambiar su volumen por temperatura, se desprenden los mosaicos[3].

Plaza Las Américas II.

No se aprecian lesiones en los revestimientos de fachadas y columnas. A simple vista se observa solo suciedad en la parte superior de la Fachada Oeste, se presume por chorreo de las aguas de lluvia debido a que en el borde superior de la fachada faltó la construcción de las albardillas.

Centro San Ignacio.

Se observa la ocurrencia de lesiones en el revestimiento de fachadas exteriores e interiores, se evidencia en la perdida de panelas de arcilla en algunas zonas, lo que obliga a realizar trabajos de reposición del material que se desprende. A pesar de que en los planos se indica que sobre la superficie del paramento se aplique “friso base” y sobre éste se coloque la “pega” para fijación de la panela, las panelas fueron colocadas directamente sobre la superficie de concreto; además los cordones entre las panelas se colocaron remetido, diferente a lo especificado, lo que genera muchas oquedades en la fijación. Esto explicaría la perdida de material ya que no se construyó el friso base

[3] Se entiende que por ser obras de arte del artista plástico Alejandro Otero, construida en el año 1956 y parte importante de la declaratoria de Patrimonio de la Nación y Patrimonio Mundial, no ha sido posible hacer los trabajos de restauración de la obra de arte, que es el revestimiento y protección de la fachada. (*N. del A.*)

indicado, el cual opera como un puente de adherencia que permite absorber la diferencia entre los coeficientes de dilatación del concreto y la arcilla.

3.5.2 Ocurrencias:

*efectos iniciales.*Podemos indicar que la ocurrencia de lesiones en los revestimientos y acabados en los casos de estudio son menores en las 266 casas y en Plaza Las Américas II. Se observa la ocurrencia de lesiones en las fachadas del edificio de Arquitectura por falta de mantenimiento en 70 años. La ocurrencia de lesiones en el Centro San Ignacio es más evidente por el desprendimiento de las panelas de arcilla y los trabajos para su reparación (en 2016, ya en 2024 están reparadas). A pesar de estar especificado en el proyecto que los cordones entre panelas sean al ras, en la fábrica se cambió la construcción por codones remetidos.

3.6 La estética de la calidad como intangible, los adjetivos bipolares como evaluadores.

El objetivo del Método de Diferencial Semánticos de Osgood es emplear una técnica cuantitativa con la cual se pueda obtener una medida objetiva del significado que para el sujeto tienen una serie de adjetivos bipolares, pudiéndose de esta manera establecer así el grado de semejanza o disparidad entre conceptos mediante la construcción de un PCI por sujeto, en particular la expresión sensible de personas, clasificadas en usuario interno a o (que trabaja en el sitio), usuario externo (visitante) y expertos, separados por estudiantes de los últimos años de arquitectura y de arquitectos.
Para este estudio se construyen PCI de diferentes usuarios para edificaciones diferentes y en ningún caso se repiten encuestados, es decir, los sujetos encuestados lo hacen solamente para una sola edificación.

Los cincuenta adjetivos bipolares sirven al sujeto para evaluar un determinado concepto y se agrupan en tres factores, a saber: evaluación del concepto, potencia que para un determinado sujeto tiene el concepto y la actividad o agilidad de dicho concepto percibida por el sujeto (ver Tabla 1).

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 1, atributos abstractos de adjetivos bipolares, para PCI

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
DOCTORADO DE ARQUITECTURA

TEMA: ¿Qué opina de la calidad de los acabados del *nombre del edificio?*

☐ EDAD
☐ SEXO (M ó F)

DIFERENCIAL SEMANTICO

ancho	3	2	1	0	1	2	3	angosto
grande	3	2	1	0	1	2	3	pequeño
azul	3	2	1	0	1	2	3	amarillo
dulce	3	2	1	0	1	2	3	amargo
fuerte	3	2	1	0	1	2	3	débil
bello	3	2	1	0	1	2	3	feo
duro	3	2	1	0	1	2	3	suave
calmado	3	2	1	0	1	2	3	agitado
limpio	3	2	1	0	1	2	3	sucio
alto	3	2	1	0	1	2	3	bajo
simple	3	2	1	0	1	2	3	gustoso
valioso	3	2	1	0	1	2	3	sin valor
rojo	3	2	1	0	1	2	3	verde
bueno	3	2	1	0	1	2	3	malo
ruidoso	3	2	1	0	1	2	3	silencioso
profundo	3	2	1	0	1	2	3	llano
joven	3	2	1	0	1	2	3	viejo
cruel	3	2	1	0	1	2	3	bondadoso
placentero	3	2	1	0	1	2	3	molesto
negro	3	2	1	0	1	2	3	blanco
amargo	3	2	1	0	1	2	3	dulce
feliz	3	2	1	0	1	2	3	triste
afilado	3	2	1	0	1	2	3	romo
vacío	3	2	1	0	1	2	3	lleno
feroz	3	2	1	0	1	2	3	manso
pesado	3	2	1	0	1	2	3	liviano
mojado	3	2	1	0	1	2	3	seco
sagrado	3	2	1	0	1	2	3	profano
relajado	3	2	1	0	1	2	3	tenso
cobarde	3	2	1	0	1	2	3	valiente
largo	3	2	1	0	1	2	3	corto
rico	3	2	1	0	1	2	3	pobre
claro	3	2	1	0	1	2	3	nublado
caliente	3	2	1	0	1	2	3	frío
grueso	3	2	1	0	1	2	3	fino
temible	3	2	1	0	1	2	3	gentil
brillante	3	2	1	0	1	2	3	oscuro
bajo	3	2	1	0	1	2	3	agudo
angular	3	2	1	0	1	2	3	redondeado
fragante	3	2	1	0	1	2	3	hediondo
honesto	3	2	1	0	1	2	3	deshonesto
activo	3	2	1	0	1	2	3	pasivo
rugoso	3	2	1	0	1	2	3	liso
rancio	3	2	1	0	1	2	3	fresco
rápido	3	2	1	0	1	2	3	lento
injusto	3	2	1	0	1	2	3	justo
rudo	3	2	1	0	1	2	3	delicado
cerca	3	2	1	0	1	2	3	lejos
picante	3	2	1	0	1	2	3	soso
saludable	3	2	1	0	1	2	3	enfermo

Fuente del instrumento:
Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción IDEC Postgrado en Desarrollo Tecnológico de la Construcción
Curso: Teoría y Método de Diseño", Prof. Domingo Acosta, Ph.D
Perfil conceptual de intangibles: "Diferencial Semántico" de Osgood

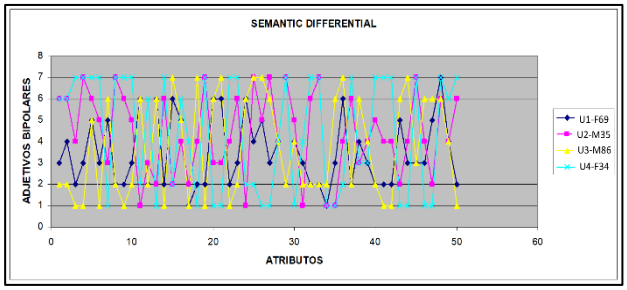
Nota: la Tabla 1 se coloca en la misma dirección que se presentan los PCI en el artículo (*N. del A.*)

3.7 La aplicación del modelo y sus resultados

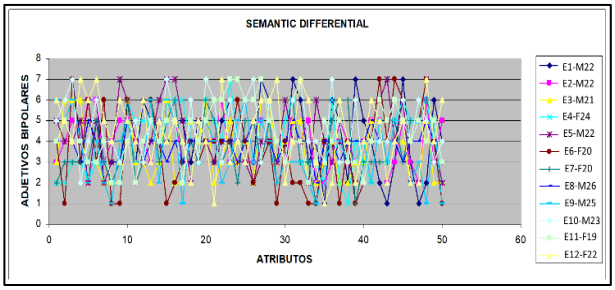
Las encuestas aplicadas para los estudios de casos se realizaron para una población estimada[4] de personas, confianza de la muestra 96% y desviación de la muestra de 5%, y un tamaño de la muestra de 1,83% equivalente a 22 personas.

En cada caso de estudio se escogieron al azar sendos grupos de entrevistados y sus perfiles de conceptos intangibles (PCI). El grupo de usuarios ha sido conformado por una parte por trabajadores de los locales comerciales, de la Facultad de Arquitectura y residentes de las viviendas o *usuarios internos*, identificamos como U, y por visitantes de los locales comerciales, identificados como *usuarios externos* (UE); por la otra, el grupo denominado de expertos (E), conformado por arquitectos y estudiantes de arquitectura, los cuales han sido identificados como *expertos arquitectos* (EA) y *expertos estudiantes* (EE) respectivamente. (Ver Gráficas 1 a la 12)

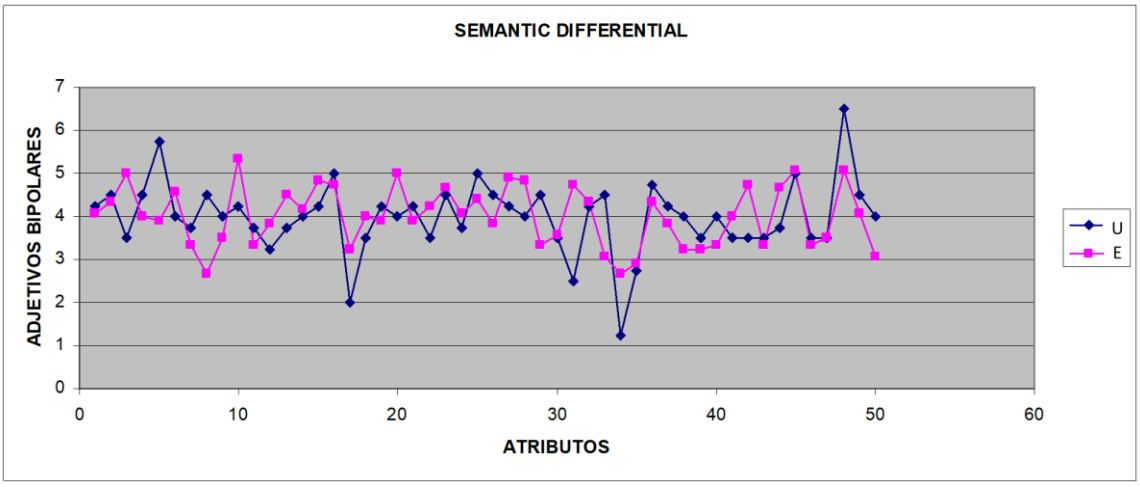
Caso I, PCI de 266 viviendas en Urb. Buenaventura Country Club.



Gráfica 1, PCI del Grupo U



Gráfica 2, PCI del Grupo E



Gráfica 3. PCI integrados de U y E, datos máximos 1 y 7, neutro 4

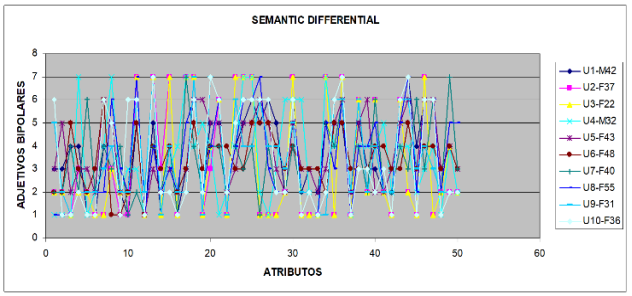
Del análisis de las gráficas se puede inferir que el grado de reacción provocada en el grupo “U”, los sujetos mayores de 60 años difieren de la reacción en los sujetos con edades menores a 40 años, en el primer caso se aprecia una reacción positiva respecto a la calidad de las obras arquitectónicas

[4] 22 encuestas para centros comerciales, 18 para la FAU y 5 para las viviendas, equivalente a 1.200 personas para centros comerciales, 980 personas para la FAU y 266 personas para las viviendas.

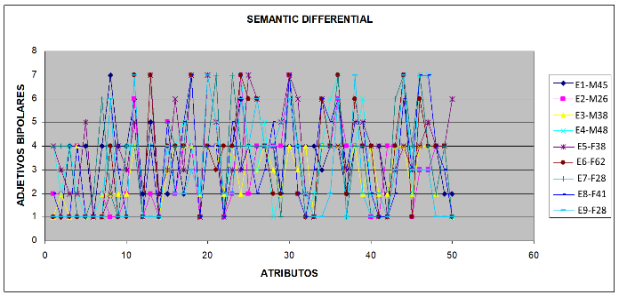
© 2025 ALCONPAT Internacional

de las casas, mientras que en el segundo una reacción negativa. Así mismo, al estudiar las reacciones del grupo "E", a pesar de las pocas divergencias, en general la reacción evidencia una semejanza semántica entre los PCI, apreciándose una reacción algo negativa, con tendencia neutra (medida central 4). Empero, tal disparidad es más evidente en las líneas de adjetivos bipolares de los atributos identificados como factores de evaluación del concepto, con una tendencia positiva del grupo "U", pero negativa en el grupo "E"; por otra parte, el grupo "U" percibe con mayor potencia el concepto que el grupo "E"; y la agilidad o actividad del concepto, para "U" es negativa y para "E" neutra.

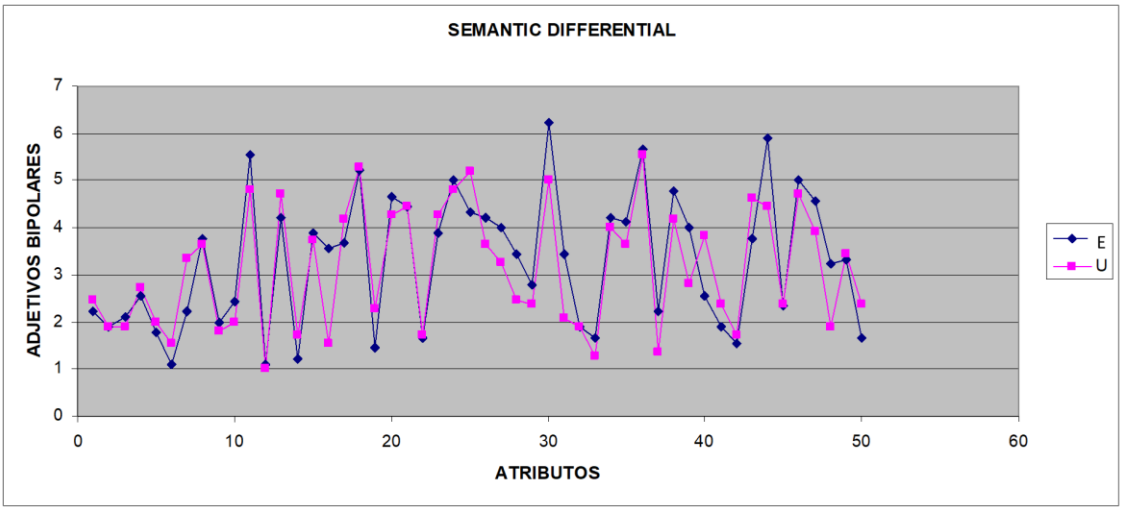
Caso II, PCI de edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo FAU



Gráfica 4, PCI del Grupo U



Gráfica 5, PCI del Grupo E



Gráfica 6. PCI integrados de U y E, datos máximos 1 y 7, neutro 4

Las gráficas muestran, en el caso de FAU, el grado de semejanza semántica de los mapas de PCI de ambos grupos; observándose adicionalmente una mayor reacción (puntos extremos) positiva en la mayoría de los adjetivos bipolares, con poca o ninguna reacción neutra a los factores de valoración o evaluación del concepto, mayor fuerza del concepto en el edificio, y entre neutra a mayor su agilidad.

Al comparar las reacciones de los mapas de las gráficas 3 y 6, (ver Tabla 2), observamos que, a mayor calidad de construcción de las obras arquitectónicas, dicha calidad es apreciada en forma similar tanto por un grupo de usuarios como de expertos, mientras que cuando dicha calidad de

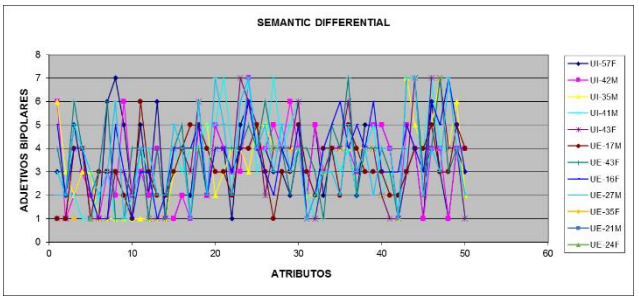
construcción es menor, se presentan reacciones dispares entre la reacción de los usuarios y aquella correspondiente a los expertos.

Tabla 2. Resultados del Modelo entre gráficas 3 y 6

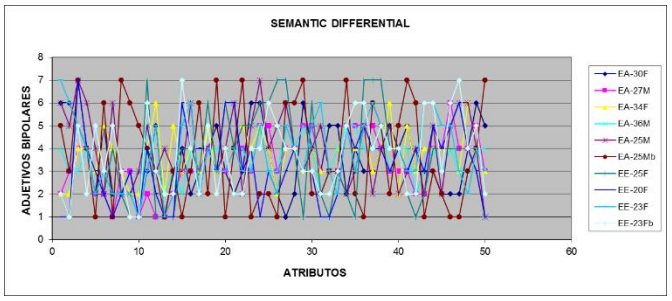
Resultados del Modelo

Caso	Grupo	Evaluación del Concepto	Potencia del Concepto	Agilidad del Concepto
I	Usuarios U	positiva	positiva	negativa
	Profesionales del área de construcción E	negativa	negativa	neutra
II	Usuarios U	positiva	positiva	positiva
	Profesionales del área de construcción E	positiva	positiva	positiva

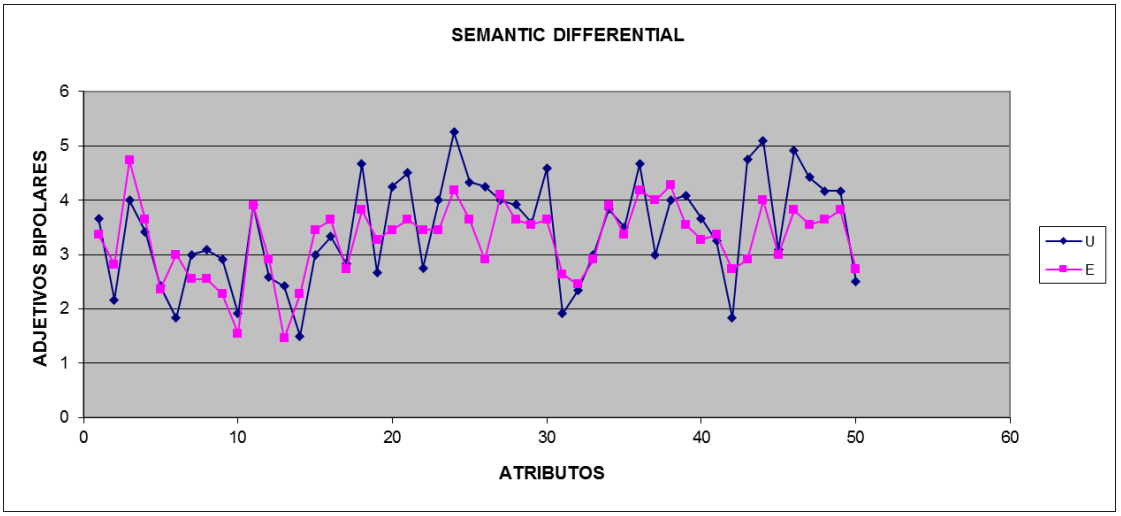
Caso III, PCI de Plaza Las Américas II



Gráfica 7, PCI del Grupo U



Gráfica 8, PCI del Grupo E

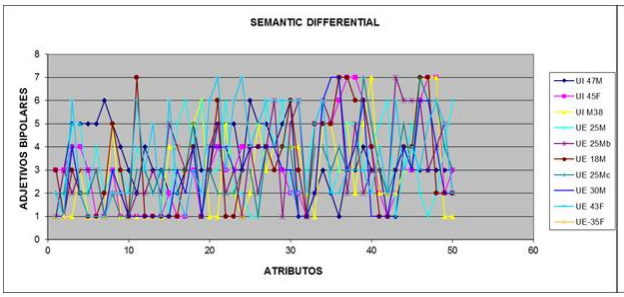


Gráfica 9. PCI integrados de U y E, datos máximos 1 y 7, neutro 4

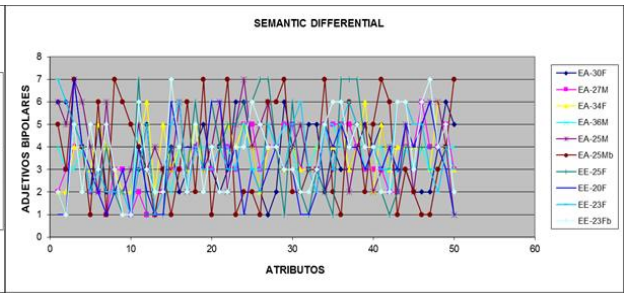
© 2025 ALCONPAT Internacional

Del análisis de las gráficas se puede inferir que el grado de reacción provocada en el grupo de usuarios (U), los sujetos mayores a 40 años difieren de la percepción en los sujetos con edades comprendidas entre 20 y 30 años, en el primer caso se aprecia una relación de positiva a neutra respecto a la expresión de los acabados y revestimientos de la edificación, mientras que en los otros sujetos se aprecia una reacción positiva.
Así mismo, al estudiar las expresiones del grupo de expertos (E), a pesar de las pocas divergencias, en general la reacción evidencia una semejanza semántica entre los perfiles de conceptos intangibles, apreciándose una reacción con tendencia neutra (medida central). Sin embargo, tal disparidad es más evidente en las líneas de adjetivos bipolares de los atributos identificados como factores de evaluación del concepto, con una tendencia positiva a neutra del grupo U, pero neutra en el grupo E. Por otra parte, el grupo U percibe con igual potencia el concepto que el grupo E; y la agilidad o actividad del concepto, para U es negativa y para E neutra.
En el mismo orden de ideas, para las encuestas realizadas en el Centro San Ignacio se escogieron igualmente dos grupos: usuarios y expertos, en iguales condiciones que para el caso anterior, pero diferentes encuestados, y se aplicó igual metodología de estudio para construir los mapas de perfiles de conceptos intangibles (PCI) con gráficas separadas de usuarios y expertos, así como la gráfica de comparación entre los mapas de ambos grupos. (Ver Gráficas Nº 10, 11 y 12)

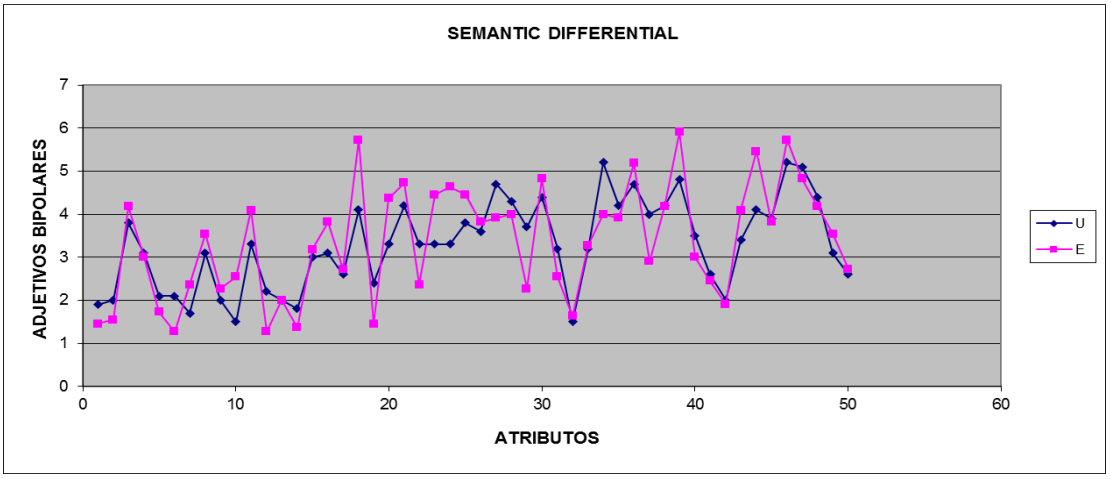
Caso IV, PCI del Centro San Ignacio.



Gráfica 10, PCI del Grupo U



Gráfica 11, PCI del Grupo E



Gráfica 12. PCI integrados de U y E, datos máximos 1 y 7, neutro 4

Al iniciar el análisis de las gráficas del Centro San Ignacio, se observa que el concepto adquiere un significado que provoca una respuesta que está asociada al objeto que representa para el grupo de encuestados, tantos usuarios como expertos, es decir, con mayor reacción ante el objeto simbolizado.
Como se puede observar en la gráfica 10, las respuestas están localizadas en los extremos del mapa y algunos valores en la parte central. Esta última corresponde al grupo etario más joven.
Por otra parte, se observa en la gráfica 11, que la mayoría de las respuestas están localizadas en los extremos del mapa. (en la gráfica, valores 1 o 7, *N. del A.*).
En esta muestra podemos observar que el significado, en el caso particular de los expertos, refleja una reacción ante el objeto simbolizado (cómo se percibe la calidad de los acabados del Centre San Ignacio) que merece mayor atención (similar a la percepción de los expertos en la gráfica 5, de la FAU *N. del A.*); la cual precisamos a continuación.
Al contrastar las reacciones de los mapas de las gráficas 10 y 11, (Ver Tabla 3), observamos que la expresión sensible de las personas, en las edificaciones seleccionadas a priori por su similitud en atributos de uso y calidad en la construcción de sus acabados y revestimientos, son percibidas en forma parecida por usuarios y expertos, con pequeñas diferencias por grupo etario.

Tabla 3. Resultados del Modelo entre gráficas 9 y 12

Caso	Grupo		Evaluación del Concepto	Potencia del Concepto	Agilidad del Concepto
CCPLA-II	Usuarios	U	positiva - neutra	positiva	negativa
	Arquitectos y estudiantes área de la construcción	E	neutra	positiva	neutra
CSI	Usuarios	U	positiva	neutra	positiva
	Arquitectos y estudiantes área de la construcción	E	positiva	positiva	positiva

En trabajos anteriores hemos indicado que cuando estudiamos la reacción de grupos de usuarios y expertos comparando calidades de la construcción diferentes, se observa reacciones dispares entre los usuarios y aquella correspondiente a los expertos (Izaguirre, 2017), no obstante, cuando se indaga sobre otros aspectos que se manifiestan en las reacciones de los expertos sobre la calidad de la construcción observamos que, con base a sus respuestas, intervienen otros factores apreciados los cuales están de alguna forma relacionados con las cualidades espaciales.

4 Reflexiones finales: a manera de discusión

A partir de la indagación sobre las especificaciones técnicas en los documentos del proyecto y la observación de lesiones por falla o defecto en la construcción de los revestimientos y acabados en los casos de estudio, podemos desarrollar un juicio de valor estético-constructivo que permita ayudar a comprender las convergencias y divergencias en la percepción de la calidad de la construcción de tales acabados. La apreciación del sujeto común depende más de lo que percibe que de una técnica de evaluación. Hemos precisado que las categorías correspondientes a la cualidad son la realidad, la negación y la limitación, o como asegura Abbagnano, “la propiedad

© 2025 ALCONPAT Internacional

que indica la cualidad que caracteriza al objeto mismo", pero las personas sólo pueden percibir la cantidad intensiva de la cualidad, en tanto, una vez determinado los atributos del objeto, media la experiencia *a priori* para que emerjan como extensión sensible los atributos de calidad (Izaguirre, 2009). No obstante, estamos de acuerdo en que de una cualidad del juicio podemos inferir parte de un todo que dé cuenta del valor o contenido de la afirmación enunciada de un predicado negativo. Como suele ocurrir al examinar los niveles de calidad de la construcción respecto a la ocurrencia de defectos o fallas en las construcciones estudiadas.

Este estudio confirma lo expresado anteriormente, hemos establecido que las fallas y defectos en las obras arquitectónicas nos aportan información fiable de la calidad de una edificación, empero, igualmente aseguramos que es alarmante, y tema para la reflexión que, en las obras nuevas, como las estudiadas desde 2005, la ocurrencia de defectos sea de hasta 52% en las partidas evaluadas.

5 REFERENCIAS

Abbagnano, N. (1966) *Diccionario de Filosofía*, segunda edición en español, Fondo de la Cultura Económica México-Buenos Aires, México.

Gómez Ll, Carlos y Benacerraf, Moisés (1993). *Memoria descriptiva y planos del proyecto de arquitectura Centro San Ignacio*. Documento del proyecto, Caracas.

Izaguirre, G. (2005) *Obras Arquitectónicas de Calidad: Edificaciones de Calidad*. Ponencia. VIII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción – X Congreso de Control de la Calidad en la Construcción. CONPAT 2005. La Asunción, Paraguay.

Izaguirre, G. (2008) *Calidad de las edificaciones: reconociendo los acabados y revestimientos*. Ponencia. Semana de Investigación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela. ISBN 87998080025062 Ediciones FAU UCV.

Izaguirre, G. (2009) *La calidad de la construcción como categoría y su incidencia en las edificaciones: el rol de las obras arquitectónicas.* Informe de Evaluación Obligatorio como requisito parcial de los estudios de doctorado para optar al nivel de Candidato a Doctor en Arquitectura. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela.

Izaguirre, G. (2014) *Calidad de la estética bipolar*. Ponencia. Trienal de Investigación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela. ISBN 9789800027806 Ediciones FAU UCV.

Izaguirre, G. (2017) *CONTRASTES. La calidad de la construcción desde la estética de los acabados*. Trabajo de ascenso. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela.

Norma COVENIN – MINDUR 2002-88. *Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones*. Comisión Venezolana de Normas Industriales, Ministerio de Fomento – Ministerio del Desarrollo Urbano. 1988. Venezuela.

Osgood, Ch. E. (1986). *Conducta y comunicación*. Libro. ISBN: 843066002-X, Taurus Ediciones, Madrid.

Pimentel, F., Borges, B. y Capiello, O. (1997). Memoria descriptiva y planos del proyecto de arquitectura Centro Comercial Plaza Las Américas II. Documentos del proyecto, Caracas.

RAE. (2001). *Diccionario de la lengua española*. Uso. Biblioteca de la Real Academia Española. Libro. p. 257, p.312. Real Academia Española, Vigésima segunda edición. ISBN: 8423925234. Editorial Espaca Calpe. Madrid.

© Gustavo Izaguirre Luna, 30 de junio de 2024. FAU-UCV, para el VI CONPAT 2024

Errores en calidad de construcción de edificaciones de concreto reforzado para uso residencial

G. Bonilla[1] – Y. Sirit[2]

gbonilla@ucabedu.ve – ysirit@ucab.edu.ve

RESUMEN

La calidad de construcción de edificaciones residenciales ha venido mermando de manera significante actuando directamente sobre la durabilidad; como consecuencia pueden terminar por debilitar algunos de los miembros, afectando la seguridad y confiabilidad estructural implantada desde el diseño por los reglamentos correspondientes. El presente se basa en un estudio de campo a largo plazo llevado en el laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, donde vienen siendo evaluadas las distintas variables que al afectar la calidad de construcción pueden generar daños estructurales.
Dentro del amplio espectro de fallas que afectan la calidad destacan los relativos a mano de obra no calificada y omisiones graves de los ingenieros responsables de obra y personal técnico; debido a inexperiencia, inexistencia de procedimientos de ejecución, falta de detalles de construcción, errores en supervisión y control. Resalta en los ingenieros el desconocimiento del rol de su gestión y las funciones de su cargo; situación que lleva a que los gremios, la industria, el estado y sobre todos las universidades a generar cambios para revertir la situación.

Palabras clave: Durabilidad; Patologías; Confiabilidad; Calidad; Errores; Omisiones

[1] G. Bonilla. Ing. Civil. MSc. Estructuras y Patologías del Concreto.
Laboratorio de Tecnología del Concreto. UCAB
Presidente CT3 Construcción SENCAMER
[2] Y.Sirit. Ing. Civil. Laboratorio de Tecnología del Concreto. UCAB. Caracas

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

La Calidad de construcción refiere el conjunto de procesos de ejecución y procedimientos de control soportados en especificaciones de proyecto y estándares normativos, cuyo objetivo principal es asegurar la durabilidad de las edificaciones durante un lapso importante de vida útil; incluyendo a nivel estructural, mantener la seguridad y confiabilidad establecida en los reglamentos de diseño.

Ahora bien, con base en investigaciones de campo y asesorías llevadas a cabo desde el Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Católica Andrés Bello, relativas a calidad de construcciones en concreto reforzado; en especial, edificaciones residenciales levantadas en la ciudad de Caracas, se pudo comprobar que un alto porcentaje de las mismas presentaban signos de daños, que en algunos casos tuvieron lugar antes de las puestas en servicio; situación que delata errores cometidos en las distintas etapas de ejecución; cuyo origen forma parte de alguno o de varios de los siguientes componentes: proyecto(s), materiales, mano de obra, tecnología, métodos de ejecución; pero en especial el control de los ingenieros responsables de obra (Residencia y/o Inspección) y personal técnico asistente.

Desde el punto de vista de durabilidad, todas las edificaciones cuentan con un período de vida útil prevista en el proyecto, aunque resulta normal su deterioro en la medida que el tiempo transcurre. Desde luego que dicho deterioro puede acelerarse por las deficiencias en calidad ocurridas durante la construcción y si bien es cierto que los edificios envejecen de forma lenta hacia los primeros años de existencia, lapso cuando detalles irán apareciendo, desde la década de los 90 del siglo pasado signos de daños han venido adelantándose, sucediendo que las condiciones de deterioro van surgiendo en plazos cada vez más cortos; tendiendo esta situación relación con filtraciones que invadiendo frisos y acabados llegan a alcanzar miembros cercanos (vigas o columnas) propiciando un deterioro cuyo siguiente paso será una patología en el concreto estructural en forma de delaminaciones, pérdida de recubrimiento y corrosión del acero; situación que además del aspecto estético, terminará afectando la seguridad y confiabilidad de la estructura.

Cabe destacar que la situación referida constituye una de las consecuencias más visibles de los errores en construcción originados por las debilidades en el control de calidad; presentándose otras situaciones potencialmente más graves que al estar ocultas en la masa de concreto o detrás de la mampostería, sólo podrán ser apreciadas en el mejor de los casos cuando el deterioro las deje a la vista. Dentro de este contexto, el presente tiene la finalidad de visibilizar las fallas típicas más frecuentes en calidad de construcción que puedan afectar la seguridad y confiabilidad estructural; los casos corresponden a registros en los últimos 14 años de estudios sobre construcciones de edificios en concreto estructural. Se aplica el término “fallas típicas” porque han sido repetitivas a lo largo del tiempo, demostrando que hay un vacío general en lo que refiere al conocimiento profesional y técnico para lograr el nivel de calidad adecuado en obra. Las construcciones evaluadas pertenecen al ámbito privado y oficial. Como en todo estudio, para ambas hubo excepciones que destacaron por la correcta ejecución y calidad alcanzada.

El contenido inicia con debilidades inherentes al proyecto que pueden afectar la durabilidad, aprovechándose el capítulo para citar normas del diseño que consideran calidad y durabilidad durante la vida útil; se continúa con una descripción de errores comunes en construcción que pocas veces son detectados. En conclusiones se termina haciendo énfasis en la necesidad que los ingenieros responsables de obra tengan el conocimiento y la experiencia necesaria para cumplir el rol que les corresponde dado que al final las estructuras responderán a como fueron construidas.

2 DEBILIDADES INHERENTES A PROYECTO

Proyectos completos en sus distintas disciplinas, pero en especial Arquitectura y Estructura para el caso que compete, resultan fundamentales en la reducción de errores de construcción; un proyecto que haya sido concebido sin tomar en cuenta los distintos factores que puedan afectar la construcción y la durabilidad, tenderá a contar con debilidades que sólo la experiencia del equipo ejecutor (empresa, profesionales y personal) podrá compensar incorporando especificaciones necesarias para ejecutar una edificación de óptima calidad.

Cabe destacar que la primera y mayor deficiencia que puede tener un proyecto, es haber sido desarrollado sin la coordinación necesaria entre las distintas disciplinas; situación que suele ser motivada por el propietario tras la intención de abaratar costos; lo que lleva a que tuberías de servicio se crucen o converjan de manera arbitraria a través de losas y vigas; algo que los clientes finales no detallarán por estar ocultas bajo frisos y sobrepisos, convirtiéndose en debilidades potenciales que en algunos casos pudieran producir deterioro, llegando hasta afectar la confiabilidad estructural; al respecto la Figura Nº1 contiene dos (2) fotografías donde las vigas se encuentran atravesadas por sistemas de servicios; en la imagen de la izquierda en una misma sección de la viga atraviesan tuberías de agua con las uniones de piezas dentro del miembro, acompañadas de tuberías que llevarán cables de electricidad; mientras a la derecha es resaltada la baja calidad de las uniones en otro caso similar; condición que afectará en relativo corto plazo la durabilidad para continuar con el paso del tiempo a incidir sobre la seguridad estructural.



Figura Nº 1 contiene dos (2) fotografías donde vigas se encuentran atravesadas por tuberías. .

Incluso, casos de tuberías que atraviesan o se ubican sobre las vigas eliminan la posibilidad de generar el recubrimiento (Fotografía derecha de la Figura Nº 1), estas situaciones se encuentran contempladas en normas y reglamentos de diseño estructural a nivel mundial, con indicaciones precisas respecto a ubicación de pases en miembros a flexión para no dejar la posibilidad que las tuberías queden embebidas dentro de la masa de concreto, algo que puede ser apreciado en ambos casos de la Figura Nº 1.

Al respecto, como fue expresado, la falta de coordinación entre disciplinas es un error en diseño que responde a decisiones financieras pero sus consecuencias inevitablemente inciden en debilidades que afectarán la calidad en ejecución y a largo plazo vida útil y el desempeño.

Queda claro que dentro del ámbito del proyecto, la experiencia de los proyectistas jugará un papel importante para que sea alcanzada la calidad. Especificaciones y detalles de construcción a ser cumplidos durante la ejecución deben formar parte del diseño arquitectónico y lo mismo puede ser dicho del proyecto estructural.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Ahora bien, uno de los aspectos débiles más repetitivos en los proyectos relativos a la durabilidad y que depende de la experiencia del proyectista, es la relación entre la localización de la futura edificación y las fachadas o acabados externos; existe la convicción generalizada que hay ambientes más hostiles; por ejemplo se considera que zonas costeras marinas representan un reto por la presencia de cloruros; lo que es totalmente cierto; pero las debilidades en construcción llevarán a que en cualquier tipo de ambiente sean afectadas estructuras si no han sido tomadas medidas pertinentes. En términos generales cambios en temperatura del ambiente, agua de lluvia, presencia de dióxido de carbono (CO_2); condiciones presentes en cualquier emplazamiento, inducirán la *carbonatación*, la patología más generalizada en concreto reforzado a nivel mundial, que será continuada con la corrosión del acero; pasando del tema afectación de durabilidad a disminución de la confiabilidad estructural. A continuación se acompaña a manera de ejemplo dos casos de emplazamientos distintos que impulsaron el mismo daño como consecuencia de errores de construcción, se refieren las imágenes de la Figura Nº 2, en la que dos (2) casos de lixiviados de características similares en edificaciones con 12 años de construidas localizadas en zonas de condiciones ambientales distintas; ambas corresponden a estacionamiento con losas a la intemperie cubiertas de carpeta asfáltica. Cabe destacar que la revisión de los proyectos permitió constatar que incluían solución a pendientes y drenajes, pero carecían de detalles respecto a la calidad del concreto y a soluciones de impermeabilización en áreas de estacionamientos.



Figura 2. Lixiviado. Izquierdo. Zona en ambiente marino. Derecha. Urbanismo en Caracas.

Tómese en cuenta que los problemas de la humedad absorbida por el concreto como consecuencia de debilidades en detallado del proyecto y errores en construcción, responden a deficiencias o inexistencia de manuales de procedimientos que contengan especificaciones y, desde luego, a inexperiencia del constructor y/o de sus ingenieros; como consecuencia, al presentarse casos de humedad no controlada de manera continua, con el paso del tiempo el problema irá creciendo llegando a afectar la seguridad estructural; tal es el caso reflejado en las fotografías de la Figura Nº 3. A la izquierda destaca afectación de durabilidad por daños de filtraciones y a la derecha afectación de la confiabilidad estructural por las mismas razones.



Figura 3. Efecto de filtración. Izquierda: Daño por humedad en fachada . Derecha. Confiabilidad estructural afectada por igual motivo.

Lo descrito lleva a pensar que para alcanzar niveles adecuados de calidad, se hace necesario contar con proyectos completos en su alcance y desarrollo, donde hayan tomado en cuenta los conceptos de vida útil y durabilidad; al igual se hace necesario contar con constructoras que cuenten con manuales de procedimientos, personal calificado e ingenieros responsables de obra con experiencia acorde al rol que desempeñan. Adicionalmente, a nivel de proyectos resulta imprescindible considerar las especificaciones contenidas en normas (COVENIN y FONDONORMA) y los requisitos exigidos por reglamentos.

Dentro de este contexto, en lo relativo a los proyectos de diseño estructural, mejor conocido como cálculo de estructuras, la norma FONDONORMA 1753-2006 – Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural, actualmente en proceso de actualización, junto a otras normas COVENIN relativas a cementos, agregados, ensayos entre otras; contienen lineamientos relativos a la calidad a ser tomados en cuenta; sin embargo dichos requisitos deben ser complementados en el proyecto estructural con aspectos que van más allá de la resistencia nominal y el valor cedente del acero de refuerzo, o recubrimientos, por citar algunos. Entre otros puntos de importancia que resultan obviados en proyectos y dejados a decisión de obra, pueden ser citados el tamaño máximo del agregado, la permeabilidad del concreto, espesores máximo de sobre pisos, distribución de aceros longitudinales en columnas sobre toda la altura, lapsos para desencofrado de vigas y losas; aspectos que corresponden a renglones que no deben quedar por cuenta de la empresa que construye.

Dentro de este contexto, resalta la norma FONDONORMA 27:1-004 (Concreto. Durabilidad) promovida por la Dra. Oladis Troconis de Rincón y el Dr. Sebastián Delgado, guía que expone criterios necesarios a contemplar en la etapa de proyecto y construcción; su contenido tiene como objetivo asegurar la vida útil prevista en el diseño, ´por lo que refiere un conjunto de aspectos resumidos en la figura Nº4, que como puede ser observado contiene una variedad de componentes necesarios a tener en cuenta, que resultan esenciales para la durabilidad y en consecuencia, deben ser considerados especialmente en proyectos. Su contenido hace énfasis en las acciones del medio ambiente, lo clasifica según el tipo de afectación hacia el concreto reforzado y completa con el resto de especificaciones relativas a calidad de los materiales, diseño de mezclas de concreto,

© 2025 ALCONPAT Internacional

logística de traslado, curado; entre otros. Debe quedar claro que este material va de la mano de otras normas.

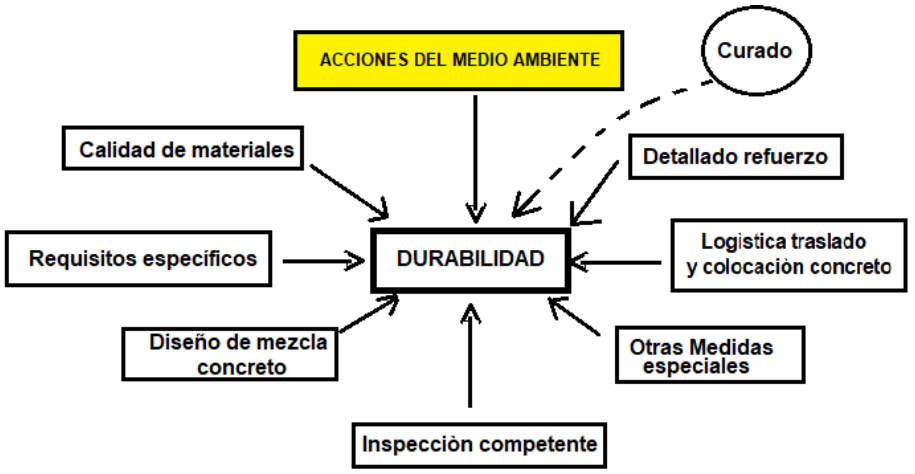


Figura 4. Aspectos a considerar para la durabilidad del concreto. Norma Fondonorma 27: 1-004

Al respecto, queda claro que más allá de las acciones del medio ambiente, el resto de componentes que buscan asegurar la durabilidad, dependerá de la construcción propiamente y previsiones consideradas, quedando bajo responsabilidad de los profesionales residentes y/o inspectores el deber de asegurar una construcción de calidad. En este sentido, vale resaltar que la calidad de los materiales, al igual que los diseños de mezclas, logísticas de traslado, vertido y vibrado del concreto; no corresponden a aspectos que suelan ser controlados por los ingenieros de obra y en lo que se refiere al curado, la situación es más grave porque no se ha logrado que se comprenda su importancia en la durabilidad del concreto; en consecuencia no es llevada a cabo.

3 ERRORES EN LA CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN

Como ha quedado expuesto los errores en la calidad de ejecución pueden ser muy variados y no todos afectarán la vida útil de las edificaciones con igual intensidad, algunos quedarán ocultos dentro del concreto o detrás de frisos. Los ejemplos que serán presentados a continuación cuentan con la característica de estar a la vista de los ingenieros residentes e inspectores; sin embargo, no suelen ser considerados como errores; por lo que no es exigida su corrección a pesar del efecto que pueden tener sobre la vida útil y, a largo plazo, sobre la respuesta esperada de la estructura ante eventos no deseados como los sísmicos. Cabe destacar que en el estudio que ha servido para desarrollar el presente, se confirma que el concepto calidad dentro del ámbito de la ingeniería civil en el área de estructuras y en el medio de la construcción, está centralizado en el término **RESISTENCIA DEL CONCRETO y es** visualizado en una magnitud esperada a los 28 días, conforme es enseñado en la carrera universitaria; visión que explicaría la razón por la que otros aspectos que afectan la calidad, como los que serán indicados a continuación, son dados por cumplidos en la formación académica y pocas veces son verificados o corregidos en campo.

3.1 Aceros. Contaminación de refuerzo en su recepción y almacenamiento



Figura 5. Atados de barras contaminados por descarga y almacenamiento inadecuado

En los comienzos de la construcción se carece de equipos adecuados para descarga de atados y colocarlos correctamente sobre cuartones o piezas que las separen del terreno. En muchas oportunidades el acero recibe limpieza mediante cepillado sin calidad necesaria por falta de indicaciones del cómo hacer e inexistencia de supervisión de los resultados; así el refuerzo con una capa de arcilla quedará inmerso en vigas y columnas, como reflejan las imágenes de las Figuras Nº 5 y Nº6.



Figura 6. Refuerzo de acero contaminado con arcilla por inadecuada limpieza

Esta situación de alta incidencia, según el estudio llevado a cabo, representa un error que puede afectar la durabilidad de la edificación y la confiabilidad estructural, donde la inexistencia de procedimientos es uno de los factores determinantes para que no sean realizadas las actividades correctamente y aplicados correctivos.
En otro orden de ideas, el mercado nacional cuenta con lotes de acero producidos hace varios años que han estado almacenados a la intemperie, por lo que piezas que han perdido la protección

© 2025 ALCONPAT Internacional

pasiva llegan en algunos casos a estar afectadas con picaduras en la superficie y pérdida de espesores en resaltes, además de encontrarse contaminadas en la superficie, véase fotografía de la Figura Nº 7. A pesar de ésto, las barras son utilizadas sin recibir evaluación del cumplimiento dimensional y las afectaciones locales. Si bien es cierto que estos casos corresponden a eventos poco recurrentes, se cuenta con varias construcciones donde han sido utilizadas. Claro está que mientras el pH de la masa de concreto se mantenga en valores alcalinos, pocas serán las consecuencias de su uso; pero es bien sabido en el área de la Patología Estructural que la carbonatación con el tiempo irá profundizando hasta superar el espesor del recubrimiento. Este error resalta las omisiones de los ingenieros responsables de obra en sus funciones.



Figura 7. Aceros contaminados y con afectaciones superficiales

3.2 Aceros. Saturación de cabillas empalmadas en columnas

Se trata de una situación generalizada en las construcciones consecuencia de la interpretación inadecuada de los códigos de diseño estructural, que refieren los solapes de barras de refuerzo en columnas sean ejecutados en el tercio central de la altura del entrepiso; ahora bien, lo que no expresan estos códigos es que los empalmes sean ejecutados para cada cabilla en cada entrepiso; sin embargo, así es realizado por nivel de la edificación, logrando como consecuencia agrupaciones de barras solapadas en cada entrepiso formando grupos que no quedarán correctamente embutidos en la masa de concreto; lo que pudiera llevar a debilidades en la respuesta estructural ante sismos. La fotografía de la Figura Nº 8 muestra a la izquierda la distribución del acero en una columna mientras la imagen al lado derecho presenta la misma columna fotografiada desde el interior, quedando a la vista alta densidad de barras agrupadas. Un correcto detallado de acero longitudinal en cada columna aprovechando al máximo la longitud de 12 metros y distribuyendo los empalmes de las barra en diferentes entre pisos, responderá al espíritu normativo. Como es usual que los proyectos carezcan de este detalle, se ha convertido en una costumbre inadecuada.



Figura 8. Empalme por solape del refuerzo en columnas. Puede convertirse en error

Otro error en calidad menos frecuente en la actualidad pero que continúa presentándose consiste en desarrollar el empalme por solape a la altura de la cota superior en vigas como reflejaban códigos y textos hacia los 70 del siglo pasado. Incluso se han presentado casos donde los solapes de las columnas arrancan dentro del nodo, ambos casos afectan la confiabilidad estructural debido a que las fuerzas de corte en estos miembros actuarán sobre el solape de las barras. En cualquier caso es una situación que donde sea vista denota falta de supervisión adecuada dado que incumple con los requisitos de la norma (1753- 2006). Obsérvese en las fotografías de la Figura Nº 9 dos (2) casos recientes con el mismo error.



Figura 9. Empalme por solape del refuerzo en columnas ubicado en nodos

© 2025 ALCONPAT Internacional

3.3 Aceros. Cierres 135º holgados en ligaduras y estribos

Refiere uno de errores con mayor frecuencia en repetición consecuencia de la inexperiencia de personal que trabaja en el montaje del acero, que deciden agregar holgura a ligaduras y estribos con cierres a 135º dado que con las dimensiones del proyecto quedan ajustadas resultando difíciles de deslizar para colocar dentro de la sección determinada por el acero longitudinal. Al igual que los casos anteriores quedan reflejados errores por omisión de los ingenieros responsables que debilitan a nivel del diseño estructural la respuesta esperada en caso de sismos. La imagen de la Figura Nº 10 visibiliza la situación descrita además de resaltar otro error donde los cierres de cada ligadura coinciden sobre el mismo refuerzo longitudinal; condición que tampoco es considerada adecuada en reglamentos.



Figura 10. Error de cierres en ligaduras y estribos con ganchos holgados

3.4 Recubrimiento. Incumplimiento en espesores

El recubrimiento del refuerzo en vigas, columnas y losas es un requisito asociado a durabilidad que también forma parte del diseño estructural. Usualmente desde la visión de calidad solo suele ser revisado su cumplimiento a nivel de fondo en el caso de vigas y losas; pero pocas veces en las caras laterales de columnas y de vigas. Por lo general, en el caso de columnas que arrancan de fundaciones, un alto porcentaje de aceros longitudinales tienden a quedar acostados hacia una de las caras de encofrado debido a la posición de los aceros en cabezales; adicionalmente en laterales de vigas esa situación se mantiene en los distintos niveles haciendo que el acero principal en vigas se apoye hacia uno de sus laterales como queda reflejado en las dos (2) imágenes de sendas construcciones mostradas en la Figura Nº 11. Este error en ejecución que quedará inmerso en el concreto tiene efectos directos sobre la durabilidad; en especial cuando la falta de recubrimiento queda hacia la fachada externa.



Figura 11. Recubrimientos. Incumplimiento en espesores laterales.

3.5 Nodos. Contaminación juntas (columnas-vigas)

Se trata de una situación de alta incidencia que además de afectar la vida útil, puede convertirse en una debilidad sobre la confiabilidad de las estructuras. Esta contaminación, en especial con madera, pero también conformada de polvo y sucio en general, es consecuencia de una inadecuada limpieza. Las imágenes de las Figuras Nº 12 y Nº 13 visibiliza esta situación que refleja falta de previsiones en la ejecución y desconocimiento de la importancia de la actividad por parte de los profesionales responsables.



Figura 12. Contaminación por logística inadecuada de limpieza

Adicional a lo anterior y en la misma línea de contaminación, las fotografías de la Figura Nº 13 dejan a la vista otra grave situación cuando restos de morteros de vaciados previos no han sido retirados, quedando fracciones que ocuparán un espacio del nodo, haciendo no homogénea la masa de concreto. La imagen a la izquierda de la figura citada deja reflejado el momento para la adecuada limpieza por no haber sido colocados los aceros principales de la viga; mientras a la derecha, con este refuerzo ya en su lugar, resaltan los trozos de residuos presentes. Lo ocurrido es justificado con la equivocada creencia de creer que por tratarse de restos del vaciado anterior, el material no retirado se integrará con la siguiente mezcla. Las situaciones de las figuras Nº 12 y Nº 13 destacan procedimientos inadecuados en actividad limpieza de encofrado y falta absoluta en control de calidad.

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 13. Falta de limpiezas en nodos contaminados con restos de concreto

3.6 Losas. Contaminación en fondos

Aunque de menor incidencia, la contaminación de fondos en losas, forma parte de detalles que afectarán la durabilidad de la edificación. La imagen reflejada en la Figura Nº 14 destaca los fondos en losas nervadas en una dirección, contaminados. Cabe destacar que en el caso de losas con nervios en dos direcciones utilizadas para oficinas y comercios; la situación es diferente, lo que resalta que en proyectos más exigentes, la calidad posiblemente es vista con criterio distinto; también hay que tener claro que es costumbre llevar a cabo la limpieza de los encofrados con énfasis dirigido a el retiro de restos de alambres pasando por alto los verdaderos contaminantes.

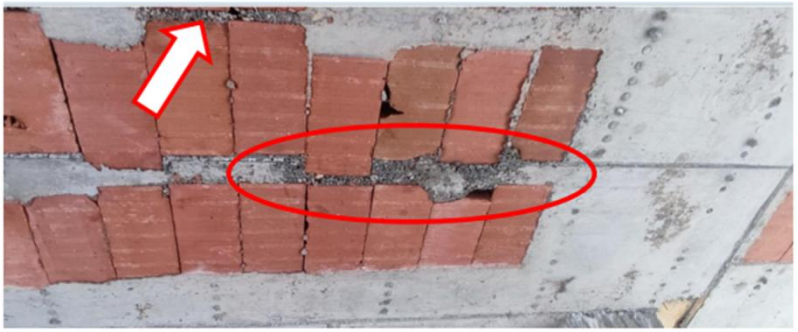


Figura 14. Inadecuada limpieza en fondos de losas

3.7- Concreto. Cotas de tope de vaciado en columnas

Previo a los vaciados la cota de los topes en columnas de entrepisos, quedan marcadas en el encofrado para servir de referencia durante la colocación del concreto. Ahora bien, pocas veces la actividad es revisada por los ingenieros responsables de la obra, al ser una actividad efectuada por quienes levantan el encofrado; al final, resulta difícil que este error sea corregido. La Figura Nº 15 cuenta a la izquierda con un dibujo del problema y a la derecha con una imagen de la realidad en obra.

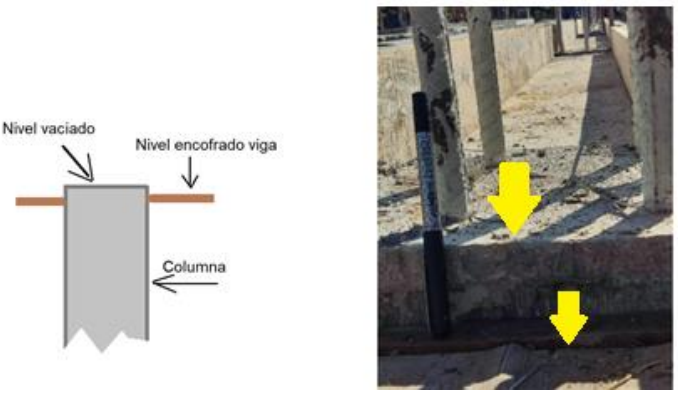


Figura 15. Error en cota de tope en vaciados de columnas,

3.7 Concreto. Todavía uso de cementos con adiciones

Como consecuencia del protocolo de Kioto (año 2000), la industria cementera hizo cambios en el mercado del cemento Tipo I agregando los Tipo I CPCA 1 y Tipo I CPCA 2, que tienen menor contenido de Clinker y consecuentemente alcanzan resistencias menores a compresión que los Tipo I normal; pues son producidos como cementos de albañilería . Teniendo en cuenta que se trata de una situación de vieja data, asombra que sea un caso recurrente en la actualidad, aunque en menor escala, encontrar construcciones con resistencias no alcanzadas debido al uso de estos cementos. Lo que resalta descuido de los profesionales responsables de obra al no verificar el tipo de cemento utilizado en las mezclas. La gráfica de la Figura Nº 16, que es parte del estudio que se lleva a cabo en el laboratorio de Tecnología del Concreto de la UCAB, muestra las diferencias entre resistencias evaluadas sobre morteros con estos tipos de cementos.

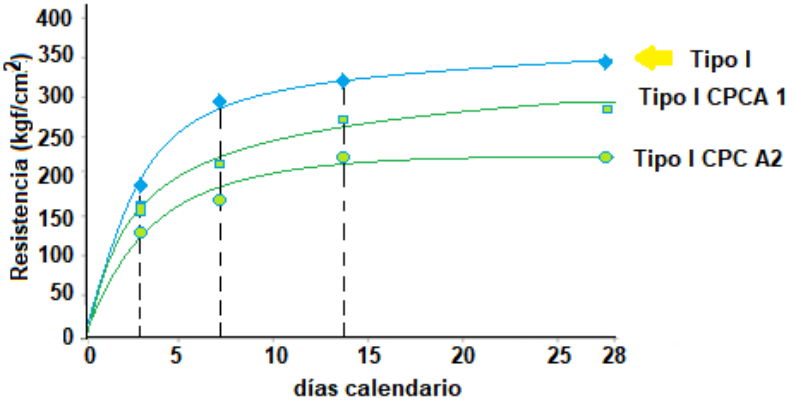


Figura 16. Curvas de resistencia contra edad morteros con cementos Tipo I.
(Laboratorio Tecnología del Concreto - UCAB)

4 CONCLUSIONES

Alcanzar la calidad de la construcción es un objetivo imprescindible para asegurar la durabilidad y confiabilidad estructural previstas según los reglamentos y normas de diseño; como ha sido expuesto lograrlo dependerá de una cantidad de variables que abarcan desde la concepción del proyecto hasta la entrega al cliente.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Queda claro que los errores que se comenten son consecuencia de diferentes aspectos que involucran materiales, pasado por mano de obra y la supervisión llevada a cabo por los ingenieros responsables y técnicos; pero detrás de esta situación hay otras realidades que deben ser superadas; entre ellas se tiene la falta de preparación del personal ejecutor, que posiblemente ha adquirido su conocimiento de manera práctica sin recibir formación de la trascendencia de sus actividades; sin embargo, más preocupantes son las faltas de los ingenieros responsables al no percatarse de los errores que están siendo cometidos. Estas incongruencias entre el rol que desempeñan y lo que en realidad verifican, responden a distintos factores, destacando la inexperiencia; a lo que se agrega el desconocimiento de sus funciones y rol que desempeñan; además de las consecuencias que conllevan sus omisiones.

Por otra parte la inexistencia de manuales de procedimientos enfocados a la calidad, desconocer las normas relativas al tema, unido a debilidades en los proyectos al carecer de especificaciones y detalles que deben ser aplicados para asegurar la correcta ejecución, son aspectos que se añaden.

A nivel de los ingenieros responsables, queda claro que se trata de nuevas generaciones y si la empresa a la que pertenecen cuenta con vacíos en procesos y procedimientos correctos, será difícil alertar acerca de las fallas típicas; tómese en cuenta que ya no están los grandes maestros que levantaron una industria de construcción de excelente calidad.

Posiblemente el mayor error que se comete a nivel de residencia de obra, es creer que las instrucciones se cumplen tal cual son dadas; lo que denota desconocimiento en el arte y ciencia de la comunicación, donde lo que se tiene en mente como objetivo no suele coincidir con lo que piensa el ejecutante; a la indicación de lo que se desea, se le debe acompañar con las instrucciones del cómo, con qué y el resultado esperado.

A nivel de actitud, los ingenieros de obra deben tener conciencia que hay que continuar preparándose; deben pasar de ser simples observadores y cuantificadores de cantidades ejecutadas, a ser revisores constantes de las exigencias del proyecto. Deben saber aplicar una autoridad con respeto y en eso ser persistentes. Tienen que comprender la necesidad de detallar gráficamente lo que debe ser hecho y hacer seguimiento de ello. Están obligados a dominar el proyecto y controlar la ejecución con una visión de días y semanas futuras; iniciar temprano para visualizar posibles problemas y al final del día reflexionar con lo alcanzado, lo atrasado y las fallas ocurridas. Ser ingeniero de obra conlleva a una responsabilidad que requiere de esfuerzo.

Las consecuencias de tantas debilidades en construcción afectan a la sociedad y desde luego apuntan en dirección contraria a la Sostenibilidad; lograr cambios requiere del concurso de todos los involucrados, que van desde las propias empresas constructoras, pasando por gremios, industria, universidades y Estado. Las universidades en sus escuelas de Arquitectura e Ingeniería Civil, juegan un papel importante por su condición de formadores.

Por último, como quedó indicado el contenido del presente es parte de un estudio realizado en la Universidad Católica Andrés Bello desde hace varios años y si bien es cierto que un alto porcentaje de construcciones presentaron las situaciones descritas; también fueron evaluados casos donde la calidad ejecutada alcanzó los niveles esperados.

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Vivienda Inteligente, ¿Sostenible?

A. Bravo

Autor de contacto: adrianabravog@gmail.com

RESUMEN

En Venezuela, las "viviendas inteligentes" son cada vez más comunes. Sin embargo, su diseño no siempre prioriza la sostenibilidad. Este estudio analizará si los criterios actuales de estas viviendas se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. A través de una metodología cualitativa, se analizarán e identificarán las brechas existentes entre las tecnologías inteligentes implementadas y los principios de sostenibilidad, y se propondrán nuevos criterios de diseño que promuevan la eficiencia energética, el uso de materiales sostenibles y la conexión con la comunidad. El objetivo es establecer criterios de diseño que integren la tecnología de manera sostenible y desarrollar un plan de comunicación que promueva la construcción de viviendas que beneficien tanto a los habitantes como al planeta.

Palabras claves: desarrollo sostenible; arquitectura sostenible; neuro-arquitectura; diseño bioclimático; vivienda inteligente.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más preocupado por el medio ambiente y la eficiencia energética, la idea de una vivienda inteligente que optimice recursos y mejore nuestra calidad de vida se presenta como una solución atractiva. El concepto de "vivienda inteligente" ha ganado popularidad, prometiendo comodidad y eficiencia a sus residentes.

En Venezuela al momento de diseñar una vivienda, se piensa automáticamente en “Vivienda Inteligente”.

La vivienda inteligente: un concepto en auge. Una vivienda inteligente se caracteriza por la integración de sistemas tecnológicos que permiten automatizar y controlar diversos aspectos del hogar, como la iluminación, la climatización, la seguridad y los electrodomésticos.

En Venezuela comúnmente, se le denomina casa inteligente a aquella vivienda que integra tecnología para controlar los principales sistemas (sistemas de seguridad, sistemas de comunicaciones y sistemas energéticos), y que cuenta con respaldo de agua potable y energía eléctrica, además de automatizar las actividades cotidianas a través del uso de la domótica, todo esto con la finalidad de un mayor confort y una mejor calidad de vida.

Sin embargo, no siempre estos criterios están alineados con los conceptos de Desarrollo Sostenible, que se refieren a la capacidad de operar y prosperar en armonía con el medio ambiente, la sociedad y los principios de una buena gestión financiera. Esto implica:

- Generar rentabilidad financiera,
- Crear valor ambiental y Social
- Contribuir al progreso y bienestar de las comunidades y generaciones futuras.

Objetivo General. Consolidar los Criterios de Diseño para la construcción de “Viviendas Sostenibles” alineados a los Principios y Objetivos del Desarrollo Sostenible, específicamente con los Objetivos Nº 4, Nº 11 y Nº 17.

Objetivo 1. Analizar los criterios que definen una “Vivienda Inteligente” en Venezuela, especificar su impacto y mitigación.

Objetivo 2. Establecer los criterios que definen una “Vivienda Sostenible” con base a los criterios analizados.

Objetivo 3. Diseñar un plan de comunicación de los criterios establecidos para el diseño de una “Vivienda Sostenible”.

Consolidar Criterios de Diseño de una “Vivienda Sostenible” adaptados a nuestra sociedad, a nuestra cultura y a nuestro ambiente, generarían, rentabilidad financiera a sus propietarios, calidad de vida y confort, y, valor al medio ambiente y a su comunidad, todo orientado a una Ciudad Sostenible.

2 DESARROLLO SOSTENIBLE

La sostenibilidad es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social.

En primer lugar, la sostenibilidad es asumir que la naturaleza y el medio ambiente no son una fuente inagotable de recursos, siendo necesario su protección y uso racional.

En segundo lugar, sostenibilidad es promover el desarrollo social buscando la cohesión entre comunidades y culturas para alcanzar niveles satisfactorios en la calidad de vida, sanidad y

educación. Y, en tercer lugar, sostenibilidad es promover un crecimiento económico que genere riqueza equitativa para todos sin dañar el medio ambiente.
Los objetivos de desarrollo sostenible, son una serie de metas comunes para proteger el planeta y garantizar el bienestar social. Tratan de conciliar el crecimiento económico, el equilibrio medioambiental y el progreso social, garantizando que todas las personas tengan las mismas oportunidades y puedan llevar una mejor vida sin comprometer el planeta.
Los objetivos de desarrollo sostenible son:
1.Fin de la pobreza
2. Hambre cero
3.Salud y Bienestar
4.Educación de calidad
5.Igualdad de género
6.Agua limpia y saneamiento
7.Energía asequible y no contaminante
8. Trabajo decente y crecimiento económico
9. Industria, innovación e infraestructura
10. Reducción de las desigualdades
11.Ciudades y comunidades sostenibles
12.Producción y consumo responsables
13.Acción por el clima
14.Vida submarina
15.Vida de ecosistemas terrestres
16.Paz, justicia e instituciones sólidas
17.Alianzas para lograr objetivos.
Con nuestro Plan de comunicación, estamos trabajando en el desarrollo de los objetivos 4, 11 y 17 de Desarrollo Sostenible.

3 ARQUITECTURA SOSTENIBLE

La arquitectura sostenible, es una disciplina que busca diseñar y construir edificaciones teniendo en cuenta el impacto ambiental, social y económico a lo largo de su ciclo de vida.
Su objetivo principal es minimizar el uso de recursos naturales, reducir la generación de residuos y emisiones contaminantes, y crear espacios saludables y confortables para las personas que los habitan.
La arquitectura sostenible se basa en una serie de principios que guían el diseño, la construcción y operación de los edificios. Entre los más importantes se encuentran:
-Uso responsable del suelo: Minimizar la alteración del terreno natural y aprovechar al máximo el espacio disponible.
- Integración en el entorno: Adaptar el diseño del edificio al entorno natural y cultural en el que se ubica.
-Diseño bioclimático: Aprovechar los recursos naturales como el sol, el viento y la vegetación para reducir el consumo de energía y crear espacios confortables.
-Diseño autosuficiente: Generar su propia energía y gestionar sus propios recursos hídricos y de residuos.

© 2025 ALCONPAT Internacional

-Construcción con recursos renovables o biodegradables: Utilizar materiales de bajo impacto ambiental y que puedan ser reutilizados o reciclados.
-Huella ecológica nula: No generar un impacto ambiental negativo durante su ciclo de vida.
-Libre de tóxicos y contaminantes: Utilizar materiales y productos no tóxicos para la salud de las personas y el medio ambiente.
-Economía circular: Diseñar edificios que puedan ser desmontados y reutilizados al final de su vida útil.
Los principios de la arquitectura sostenible se pueden agrupar en tres categorías principales:
Principios ambientales:
-Respeto y adaptabilidad con el entorno
-Reducción del consumo de energía
-Minimización del uso de agua
-Disminución de la generación de residuos
-Empleo de materiales sostenibles
-Protección de la biodiversidad
Principios sociales:
-Creación de espacios saludables y confortables
-Mejora de la calidad de vida de las personas
-Fomento de la cohesión social
-Respeto por la diversidad cultural
Principios económicos:
-Optimización de los costos de construcción y operación
-Aumento del valor de los edificios
-Generación de empleo
-Contribución al desarrollo económico sostenible
La arquitectura sostenible es una disciplina en constante evolución que se adapta a los nuevos retos y desafíos del siglo XXI. Su aplicación es cada vez más importante para crear un futuro más sostenible y habitable para las personas y el planeta.

4 VIVIENDA INTELIGENTE EN VENEZUELA

En nuestro país se considera una “casa Inteligente” por su operación y funcionalidad, en este trabajo vamos a analizar tres de los elementos más importantes:

4.1 Domótica.

Integración de tecnología en el diseño de una vivienda para automatizar y controlar diversos sistemas y funciones del hogar. Su principal objetivo es mejorar la comodidad, la seguridad, la eficiencia energética y a la accesibilidad de la vivienda, a través de la utilización de sensores, redes de comunicación y dispositivos inteligentes.

4.2 Pozo de Agua.

Un pozo de extracción de agua para residencias es una perforación vertical en la tierra que se realiza con el objetivo de acceder a aguas subterráneas para el abastecimiento de una vivienda o

conjunto de viviendas. Estos pozos se convierten en una fuente de agua alternativa cuando el suministro público no está disponible o no es confiable.

4.3 Generadores eléctricos.

Convierte la energía mecánica en energía eléctrica, y es alimentado generalmente por gasoil o gas.

5 ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS VENEZOLANOS DE VIVIENDAS INTELIGENTES

5.1 Domótica.

Su principal objetivo es mejorar la comodidad, la seguridad, la eficiencia energética y a la accesibilidad de la vivienda, a través de la utilización de sensores, redes de comunicación y dispositivos inteligentes.

Ejemplos de aplicaciones de la domótica:

-Control inteligente de la iluminación. Encendido y apagado automático de luces, regulación de la intensidad lumínica, creación de escenas de iluminación personalizadas. Permite ajustar la iluminación en función de la luz natural, presencia de personas y horarios preestablecidos.

-Gestión climática: Control automático de la temperatura, ajuste de la refrigeración en función de la hora del día, presencia de personas o condiciones climáticas.

-Control inteligente del riego. Ajusta el riego de jardines y plantas en función de las condiciones climáticas.

-Control remoto de dispositivos. Permite controlar electrodomésticos, iluminación, persianas y otros dispositivos a distancia, desde cualquier lugar y a través de diferentes dispositivos.

-Entretenimiento doméstico: Control remoto de televisores, sistemas de sonido, reproductores de música, creación de ambientes multimedia personalizados.

-Seguridad del hogar: Alarmas de intrusión, detección de humo o gas, control remoto de cerraduras, cámaras de vigilancia.

La domótica se encuentra en constante evolución, integrando nuevas tecnologías y funcionalidades que permiten crear hogares cada vez más inteligentes, eficientes y seguros, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las personas y el cuidado del medio ambiente.

5.1.1 Mitigación.

-Reducción del consumo eléctrico.

-Minimización del consumo energético y optimizando la vida útil de los equipos de aire acondicionado.

-Identificar áreas de consumo excesivo de energía eléctrica.

-Evitar el desperdicio de agua.

-Mejorar el confort y la comodidad del hogar.

-Controlar la intensidad de los decibeles.

-Aumentar la seguridad del hogar y protegiendo a sus ocupantes.

© 2025 ALCONPAT Internacional

5.1.2 Impacto.

-Producción de residuos electrónicos. La fabricación de dispositivos domóticos genera residuos electrónicos, los cuales pueden contener materiales peligrosos y difíciles de reciclar; si no se gestionan adecuadamente, pueden contaminar el ambiente.
-Obsolescencia y reemplazo rápido. La rápida evolución tecnológica puede llevar a la obsolescencia prematura de dispositivos domóticos, generando un aumento en la cantidad de residuos electrónicos y la necesidad de adquirir nuevos dispositivos con mayor frecuencia.
-Exceso de dependencia. Una dependencia excesiva de la tecnología domótica puede generar una desconexión con las prácticas sostenibles tradicionales, como el control manual de la iluminación, la climatización y el consumo de agua.
-Vulnerabilidad a fallos. Los sistemas domóticos pueden presentar fallos técnicos o cibernéticos, lo que puede interrumpir el funcionamiento de los dispositivos y afectar la comodidad, seguridad y eficiencia del hogar.
-Privacidad y seguridad de datos. La recopilación y el intercambio de datos personales a través de dispositivos domóticos pueden generar riesgos para la privacidad y la seguridad de los usuarios, si no se implementan medidas de protección adecuadas.
-Inversión inicial. La instalación de un sistema domótico completo puede representar una inversión inicial significativa, lo que puede limitar su accesibilidad a ciertos sectores de la población. En Venezuela, el segmento de mercado son viviendas habitadas por grupo familiar nivel socioeconómico alto, directivos, profesionales asalariados, independientes y dueños de micro empresas; según Datanálisis este estrato representa el 2.9% de la población venezolana.
-Mantenimiento y actualizaciones**.** Los sistemas domóticos requieren mantenimiento y actualizaciones periódicas para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad, lo que puede generar costos adicionales a largo plazo.
-Los aparatos y equipos que cuentan con tecnología son más costosos que los mismos modelos tradicionales.
-Los sistemas dependen 100% de los servicios de internet, en Venezuela no hay buen servicio de conectividad por internet.

5.2 Pozo de agua.

La puesta en funcionamiento de un pozo requiere un estudio previo del terreno, un análisis de la salubridad del agua que se va extraer, y acondicionar la instalación. De esta forma, se puede llegar hasta el acuífero, extraer el líquido por medio de bombas y llenar los tanques de las zonas residenciales.
Los pozos de agua residenciales, cuando se utilizan de manera responsable y sostenible, pueden ofrecer varias ventajas significativas en el contexto del desarrollo sostenible y la arquitectura sostenible.

5.2.1 Mitigación.

-Ahorro de agua potable. Al utilizar agua extraída del pozo, se reduce la dependencia de la red pública, lo que ahorra en tarifas y evitar cortes del suministro.
-Autonomía hídrica. Los pozos brindan a las viviendas un suministro de agua independiente del sistema público, lo que les otorga mayor autonomía y seguridad en el abastecimiento, especialmente en zonas con problemas de suministro o tarifas elevadas.

-Agua de calidad. El agua subterránea suele ser de buena calidad, libre de cloro y otros químicos utilizados en el tratamiento del agua potable, lo que puede ser beneficioso para la salud y el medio ambiente, sin embargo, siempre se debe hacer un estudio de la calidad de agua, para garantizar que tiene las condiciones adecuadas y óptimas para su uso y consumo.
-Incremento del valor del inmueble. La disponibilidad constante de agua aumenta el valor de la propiedad.
-Acceso a agua potable: Los pozos garantizan el acceso a agua potable en zonas donde el suministro público es deficiente o inexistente, mejorando la salud y la calidad de vida de las personas.
-Utilización de materiales sostenibles: La construcción de pozos puede realizarse con materiales sostenibles y de bajo impacto ambiental, como tuberías de PVC reciclado.

5.2.2 Impacto.

- Agotamiento de acuíferos: La extracción excesiva de agua subterránea puede generar el agotamiento de acuíferos, afectando el equilibrio hidrológico local y poniendo en riesgo la disponibilidad de agua para futuras generaciones.
- Contaminación del agua subterránea: Si no se toman las medidas adecuadas, los pozos pueden contaminarse por agua superficial, productos químicos, aguas residuales o prácticas agrícolas inadecuadas, poniendo en riesgo la salud de las personas.
- Intrusión de agua salada: En zonas costeras, la extracción excesiva de agua dulce puede ocasionar la intrusión de agua salada en los acuíferos, contaminando el agua potable y afectando los ecosistemas terrestres.
- Riesgo de contaminación. Si no se construyen y mantienen adecuadamente, los pozos pueden estar expuestos a la contaminación por bacterias, virus, productos químicos y otros contaminantes. Beber agua contaminada de un pozo puede causar enfermedades graves
- Costo Inicial. La construcción de un pozo de agua residencial puede representar una inversión inicial significativa, que incluye la perforación, instalación de equipos, análisis de calidad del agua y estudios hidrogeológicos. En Caracas el costo es de 20.000$ aproximadamente.
- Mantenimiento y costos operativos: Los pozos requieren mantenimiento preventivo y limpieza periódica para asegurar su buen funcionamiento y la calidad del agua, lo que genera costos adicionales a lo largo de su vida útil.
- Responsabilidad por la calidad del agua: Los propietarios de pozos son responsables de la calidad del agua que consumen, lo que implica realizar análisis periódicos y tomar medidas correctivas en caso de detectar contaminantes.
- Subsidencia por agotamiento de acuíferos: es un fenómeno geológico que se produce cuando el nivel del agua subterránea en un acuífero disminuye significativamente debido a la extracción excesiva de agua o por sequía del acuífero. Esta disminución del nivel del agua genera una reducción de la presión en el acuífero, lo que provoca la compactación de los sedimentos que lo conforman, ocasionando el hundimiento del terreno superficial.

La subsidencia del terreno puede generar diversos impactos ambientales y sociales, como:
-Daños a la infraestructura. El hundimiento del terreno puede provocar grietas en edificios, roturas en tuberías, desniveles en calles y otros daños a la infraestructura.

© 2025 ALCONPAT Internacional

-Pérdida de hábitat natural. La subsidencia del terreno puede afectar áreas húmedas y otros ecosistemas dependientes del agua subterránea, lo que lleva a la pérdida de hábitat para diversas especies de plantas y animales.
-Fenómeno irreversible. Una vez que la subsidencia del terreno ha ocurrido, es muy difícil o imposible revertirla.
La subsidencia por agotamiento de acuíferos es un problema grave que requiere atención y medidas urgentes para prevenir o mitigar sus consecuencias negativas. La gestión sostenible del agua subterránea, la implementación de prácticas de uso responsable y la adopción de medidas preventivas son esenciales para proteger este valioso recurso natural y garantizar su disponibilidad para las generaciones futuras.
Diversas ciudades alrededor del mundo se encuentran en riesgo de subsidencia debido a la sobre explotación de acuíferos. Entre las más afectadas son:
-Yakarta, Indonesia. La capital de Indonesia experimenta una tasa de subsidencia de hasta 28 cm por año, una de las más altas del mundo. La extracción excesiva de agua subterránea para abastecer a la creciente población y las actividades industriales ha provocado graves daños a la infraestructura, inundaciones y la intrusión de agua salada.
-Ciudad de México, México. La mega ciudad mexicana ha experimentado una subsidencia total de hasta 10 metros desde el siglo XIX. La extracción de agua de acuíferos profundos, sumada al peso de la ciudad y la actividad sísmica, ha generado hundimientos considerables, afectando edificios históricos, calles y el sistema de drenaje.
-Bangkok, Tailandia. La capital tailandesa enfrenta un problema de subsidencia significativo, con tasas de hasta 3cm por año en algunas áreas. La extracción de agua para el uso doméstico, industrial y agrícola ha ocasionado hundimientos, grietas en edificaciones y aumento de riesgo de inundaciones.
-Venecia, Italia. La ciudad italiana, famosa por sus canales, se ha hundido aproximadamente 30 cm en el último siglo. La extracción de agua subterránea, combinada con el aumento del nivel del mar, ha generado inundaciones frecuentes y ha amenazado la integridad de los edificios históricos.
-Shanghái, China**.** La ciudad más poblada de China también enfrenta un riesgo considerable de subsidencia. La rápida urbanización y el desarrollo industrial han impulsado la demanda de agua subterránea, lo que ha provocado hundimientos en algunas zonas y ha aumentado la vulnerabilidad a las inundaciones.

5.3 Generadores de electricidad con combustible.

Los generadores eléctricos son equipos muy útiles para tener en el hogar en caso de emergencias. Esto se debe a que los generadores ofrecen un suministro de energía de respaldo en caso de cortarse el flujo eléctrico proveniente de la red.
Los equipos de potencias bajas a medianas suelen funcionar a base de gasolina, diésel o gas. El diésel es el más económico, por lo que podría suponer un costo asequible para la mayoría de personas.
No obstante, se debe tener en cuenta algo importante. Los generadores a diésel generan mucho humo y ruido, lo que puede ser perjudicial para la salud.

5.3.1 Mitigación.

-Suministro de energía de respaldo en caso de cortes. Los generadores eléctricos residenciales pueden proporcionar una fuente de energía alternativa en caso de cortes de energía. Esto puede ser crucial para mantener el funcionamiento de electrodomésticos esenciales, sistemas de calefacción y refrigeración, y equipos médicos críticos.
-Reducción de la dependencia de la red eléctrica. En áreas con redes eléctricas poco confiables o con cortes frecuentes, los generadores eléctricos residenciales pueden proporcionar una fuente de energía más confiable e independiente. Esto puede ayudar a reducir la vulnerabilidad a los cortes de energía y sus impactos negativos en la economía y la calidad de vida.

5.3.2 Impacto. Si bien los generadores eléctricos residenciales pueden ofrecer algunas ventajas en términos de respaldo de energía en caso de cortes, es importante considerar sus desventajas desde la perspectiva del desarrollo sostenible.

-Emisiones de gases de efecto invernadero**.** La combustión de gasolina o diésel genera emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO2), metano (CH4) y óxidos de nitrógeno (NOx), que contribuyen al calentamiento global y al cambio climático.
-Contaminación del aire**.** La combustión de estos combustibles también genera contaminantes del aire como material particulado (PM), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COV), que pueden afectar la calidad del aire y la salud humana, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas.
-Ruido. Los generadores eléctricos de combustible suelen generar ruido considerable, lo que puede causar molestias a los vecinos y afectar la tranquilidad del entorno.
-Consumo de recursos no renovables**.** La gasolina y el diésel son combustibles fósiles no renovables, lo que significa que su uso agota recursos finitos y contribuye a la dependencia energética de estos combustibles.
-Riesgo de incendios y explosiones. La manipulación y el almacenamiento de gasolina o diésel conllevan riesgos de incendios y explosiones, lo que requiere medidas de seguridad adecuadas y un manejo cuidadoso para evitar accidentes.
-Fugas y derrames. Las fugas o derrames de combustible pueden contaminar el suelo y el agua, lo que representa un riesgo para la salud ambiental y humana.

6 LTERNATIVAS SOSTENIBLES

La domótica, la construcción de pozos de agua y el uso de generadores de electricidad ofrecen un gran potencial para la calidad de vida, para el ambiente y para su entorno/comunidad, siempre y cuando se consideren las siguientes alternativas.

6.1 Domótica.

-Que provengan de industrias responsables
-Que tengan diseño sostenible
-Educación para el uso eficiente
-Gestión adecuada de residuos electrónicos
-Implementación de medidas de seguridad y privacidad robustas.
-Evitar la discriminación y la exclusión social.
-Modelos de bajo consumo de Internet

© 2025 ALCONPAT Internacional

Al implementar estas medidas, la domótica puede convertirse en una herramienta valiosa para mejorar la calidad de vida de las personas, promover la eficiencia energética y la sostenibilidad, y contribuir a un futuro más equitativo e inclusivo. Es importante recordar que la tecnología debe estar al servicio de las personas y el planeta, y no al revés.

6.2 Construcción de pozos.

Para prevenir los riesgos y alinear la construcción de pozos de agua con los principios del desarrollo sostenible, se deben considerar las siguientes medidas:

-Realizar estudios hidrogeológicos y geotécnicos exhaustivos. Antes de la construcción de cualquier pozo, es fundamental realizar estudios detallados para comprender la estructura geológica del terreno, la disponibilidad de agua subterránea, la calidad del agua y los posibles impactos ambientales y sociales del proyecto.

-Evaluar la sostenibilidad del acuífero. Es crucial determinar la capacidad de recarga natural del acuífero y si la extracción de agua propuesta es sostenible a largo plazo. Se debe evitar sobreexplotar el acuífero, lo que podría provocar su agotamiento, subsidencia del terreno y otros problemas ambientales.

-Gestión sostenible del agua subterránea. Implementar medidas para limitar la extracción de agua subterránea y promover el uso de fuentes alternativas, como agua reciclada o recolección y uso de aguas de lluvia.

-Considerar los impactos en la comunidad y el ecosistema. La construcción de pozos de agua puede afectar a las comunidades locales y a los ecosistemas circundantes. Es necesario evaluar estos impactos potenciales y desarrollar medidas de mitigación para minimizar los daños y garantizar la equidad social y ambiental.

-Monitoreo del nivel del agua subterránea**.** Realizar un monitoreo continuo del nivel del agua subterránea en diferentes zonas de la ciudad para identificar áreas con mayor riesgo de subsidencia.

-Proteger la calidad del agua. Implementar medidas para evitar la contaminación del agua subterránea durante la construcción y operación del pozo, como el uso adecuado de materiales, la gestión de residuos y la protección del pozo contra la entrada de contaminantes.

-Realizar un mantenimiento regular. Mantener el pozo en buen estado mediante inspecciones periódicas, limpieza y reparación de equipos, para garantizar su funcionamiento eficiente y evitar posibles fugas o derrames.

-Promover el uso eficiente del agua**.** Fomentar prácticas de uso eficiente del agua entre los usuarios del pozo, como la reducción del desperdicio, el uso de tecnologías eficientes y la sensibilización sobre la importancia de conservar este valioso recurso.

Los pozos de agua residenciales, cuando se implementan de manera responsable y sostenible, pueden ser una alternativa viable y beneficiosa para el desarrollo sostenible y la arquitectura sostenible, proporcionando acceso a agua de calidad, reduciendo el consumo de recursos hídricos y energéticos, protegiendo los ecosistemas acuáticos y mejorando la calidad de vida de las personas.

6.3 Generadores de electricidad con combustible.

-Generadores eléctricos solares o eólicos**.** Estos generadores utilizan fuentes de energía renovable como el sol o el viento, lo que reduce significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire.

-Generadores de combustible limpio. Optar por generadores que funcionen con opciones más limpios, como el gas natural, estas alternativas producen significativamente menos emisiones.
-Sistemas de almacenamiento de energía. Las baterías u otros sistemas de almacenamiento de energía pueden almacenar el exceso de energía generada por fuentes renovables, como la energía solar o eólica, para su uso posterior cuando sea necesario.
-Generadores con administración de energía. Algunos generadores portátiles vienen equipados con funciones de administración de energía que le permiten priorizar el suministro de energía a aparatos específicos. Al gestionar activamente el consumo de energía y evitar el uso innecesario, puede ampliar la eficiencia del combustible y reducir el impacto ambiental general.

7 PLAN DE COMUNICACIÓN

Informar y concientizar a la audiencia sobre los criterios de diseño de una vivienda sostenible, promoviendo la adopción de prácticas amigables con el medio ambiente.
Público objetivo: propietarios de viviendas, arquitectos, constructores, estudiantes de arquitectura y público general interesado en la sostenibilidad.
Canales de comunicación:
-Redes Sociales. Publicaciones informativas y visuales sobre criterios de diseño de viviendas sostenibles en plataformas como Instagram, Linkedin, Twitter, Facebook, entre otros.
-Página WEB. Crear un apartado dedicado a la sostenibilidad en el diseño de viviendas, con artículos, infografías y casos de estudio.
-Talleres y Conferencias. Organizar eventos presenciales o virtuales para profundizar en los criterios de diseño sostenible y su importancia.
-Alianzas con medios de comunicación. Colaborar con revistas especializadas, blogs y programas para difundir información sobre viviendas sostenibles.
-Material Impreso. Elaborar folletos informativos que puedan ser distribuidos en ferias, eventos y puntos estratégicos.
-Universidades. Concientizar a los directores de escuelas de arquitectura de la importancia de incluir el área de conocimiento de Arquitectura Sostenible como materia en el pensum de Arquitectura como carrera universitaria.
Mensaje clave: Conoce los criterios de diseño de una vivienda sostenible y contribuye a un futuro más respetuoso con el medio ambiente y su entorno.
Medición de los resultados:
-Seguimiento del alcance y la interacción en redes sociales
-Análisis del tráfico en la página web y tiempo de permanencia.
-Evaluación de la asistencia y participación en talleres y conferencias.
-Medición del impacto de las colaboraciones con medios de comunicación.
-Recopilación de interacción a través de encuestas o formularios de satisfacción.
Con este plan de comunicación, se busca sensibilizar a la audiencia sobre la importancia de incorporar criterios de diseño sostenible en las viviendas y edificaciones, fomentando practicas mas responsables con el entorno y promoviendo un estilo de vida más consciente.

© 2025 ALCONPAT Internacional

8 CONCLUSIONES

Es importante divulgar la importancia del diseño y construcción de “Casas Sostenibles”, casas que generen rentabilidad financiera a sus propietarios, calidad de vida y confort, agreguen valor al medio ambiente y a su comunidad.
Hoy en día en Venezuela catalogamos una casa o vivienda “Inteligente” por poseer tecnología en el uso interno de las rutinas diarias de sus habitantes, pero realmente no está cumpliendo con los beneficios para nuestra comunidad, para nuestro medio ambiente ni para la rentabilidad económica y financiera.
El desarrollo Sostenible es la batuta hacia procesos de “primer mundo”, hoy en día los países desarrollados están orientando sus procesos hacia el Desarrollo Sostenible, y así allí debemos orientarnos nosotros, como personas, como familias, como comunidad y como país. Cada quien a su medida debe implementar en su rutina diaria procesos dirigidos hacia el Desarrollo Sostenible.
Como se analizó en este trabajo, muchos de los criterios que estamos implementado para el diseño y construcción de nuestras casas, están alejados de los conceptos de sostenibilidad, y es nuestra responsabilidad como profesionales de la Arquitectura, diseñar propuestas Sostenibles asequibles para nuestros clientes y nuestras comunidades.
Desde el punto de vista de Rentabilidad, la Rentabilidad Económica no es un punto importante en nuestro país por el costo de los servicios, sin embargo, podemos orientar los esfuerzos hacia la concientización de la Rentabilidad Social y Ambiental.
En conclusión**, UNA CASA SOSTENIBLE ES UNA CASA INTELIGENTE**.

9 BIBLIOGRAFÍA.

Caballero, A. (2023). Desarrollo Sostenible: definición, objetivos y ejemplos. https://climate.selectra.com/es/que-es/desarrollo-sostenible

El impacto de la energía portátil en el medio ambiente y la sostenibilidad. (2023). https://revistaseguridad360.com/noticias/drones/energia-portatil-ecoflow-delta/

Kolster, N. (2023). Un barrio rico en Venezuela ya no es necesariamente referente de alto poder adquisitivo. https://www.vozdeamerica.com/a/un-barrio-rico-en-venezuela-ya-no-es-necesariamente-referente-de-alto-poder-adquisitivo/7095053.html

Olivares, S. (2022). ¿Qué potencia tiene que tener un generador para una casa?. https://vanbeek.cl/blogs/generadores/que-potencia-generador-para-casa#:~:text=Los%20generadores%20el%C3%A9ctricos%20son%20aparatos,el%C3%A9ctrico%20proveniente%20de%20la%20red

Peña ,M. (2021). Las aguas de pozos subterráneos. Entre la necesidad y el impacto ambiental. https://www.iagua.es/blogs/mixzaida-pena-zerpa/aguas-pozos-subterraneos-necesidades-comunidades-y-impacto-ambiental

¿Cómo medir la rentabilidad de una vivienda sostenible? (2020). https://arquitectura-sostenible.es/medir-rentabilidad-vivienda-sostenible/

¿Qué es un generador eléctrico y cuál es su importancia en una casa u hogar? (sf). https://ventaplantasdeemergencia.com/2023/03/16/5-importancia-de-plantas-de-emergencia/

¿Qué es un pozo de agua? (2022). https://administrativando.es/pozo-de-agua/#:~:text=Un%20pozo%20de%20agua%20es,en%20el%20subsuelo%20o%20acu%C3%ADfero.

Arquitectura sustentable. El futuro de esta industria. (sf). https://puertasasturmex.com/blog/arquitectura-sustentable/

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

2) Materiales de construcción

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Nanotecnología, la ciencia que salva al concreto

A. Balza*

*alejandrabalzaayalaa@gmail.com

RESUMEN

Se presenta una recopilación de resultados experimentales realizados en distintos laboratorios europeos, que comprueban la influencia de la nanotecnología, a través del uso de nanosilicatos, en el mejoramiento las propiedades físicas y químicas del concreto. La impregnación del concreto con nanosilicatos, a través de la reacción de nanocristalización catalizada, penetran activa y profundamente, reaccionando con los iones Ca^{+2} disponibles en los poros del sustrato, disminuyendo su permeabilidad al agua en más del 90%, recuperación del pH de 8,8 a 10,1 y alta resistencia a ambientes agresivos, entre otros beneficios que serán descritos a continuación. Esta novedosa generación de productos de nanocristalización, aportan soluciones para la prevención de diversas patologías que sufren las estructuras de concreto y materiales afines.

Palabras clave: Nanotecnología; concreto, nanocristalización, durabilidad, protección.

[1] ACKSOL SURAMERICA, Caracas, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Una de las alternativas disponibles para el desarrollo y obtención de materiales cementantes y concretos de alto desempeño y eficiencia, es la aplicación de la Nanociencia y la Nanotecnología como ciencia que estudia los materiales a nanoescala (10-9 m) y ofrece alternativas para obtener cambios sustanciales en las propiedades fisicoquímicas de los materiales debido al aumento de la superficie y por ende una mayor reactividad. (Nalwa H., 2000).

La nanociencia es un área que se ocupa del estudio de materiales de muy pequeñas dimensiones desde cientos a décimas de nanómetros. (figura 1) .No pertenece exclusivamente a ninguna de las ciencias puras como: la química, la física o la biología, sin embargo, se pueden desarrollar estudios a escala nanoscópicas en cada una de estas áreas. El significado de la palabra nano es una dimensión: 10 elevado a la -9 (10-9), es decir, un nanómetro es igual a 0,000000001 metros.

Así, la nanotecnología, es la aplicación de la nanociencia y se encarga de diseñar, crear, y aplicar esta ciencia a materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nano-escala, y la explotación de fenómenos y propiedades de la misma. Cuando se manipula la materia a escala atómica y molecular, ésta presenta fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, se aplica la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y con propiedades únicas (Nazari A., 2011).

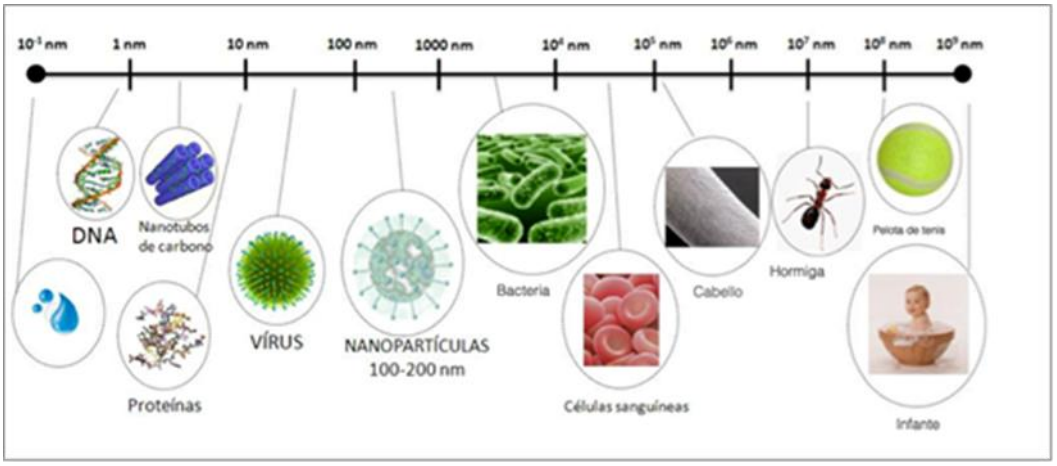


Figura 1. Escala nanométrica (www.nanowerk.com)

Partiendo de ese hecho, la nanotecnología podría entonces contribuir en el desarrollo de sistemas cementantes que muestren desempeño mejorado (multifuncionalidad), influyendo en las propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, magnéticas o aislantes de los mismos, donde ya existen propuestas y desarrollo de materiales de carácter puzolánico cuya interacción con las matriz cementante a escala nanométrica permite el desarrollo de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los cementos y concretos de alto desempeño.

Ahora bien, el uso de la nanotecnología no sólo se circunscribe al uso de adiciones en algún diseño de concreto. Hoy en día son muchos los avances en esta área, al punto que, ya existen tecnologías

que buscan rescatar a aquellas estructuras que por décadas han expuestas a distintas condiciones climáticas y medioambientales, donde se desarrollan distintos tipos de patologías y a su vez se mide la resiliencia del concreto con el tiempo.

En este grupo de tecnologías se encuentran los silicatos de sodio, los cuales han sido ampliamente utilizados es la construcción civil, son ampliamente conocidos por aportar propiedades de resistencia, al reaccionar con los iones de calcio libre (Ca^{+2}) existentes en los poros del concreto

Sin embargo, hoy en día, gracias a los avances en el área de nanotecnología y el desarrollo de técnicas de última generación existen productos como los desarrollados por KOMSOL GROUP de origen Noruego y representados por ACKSOL Suramérica en Venezuela, los cuales se basan en nanosilicatos de sodio, litio y potasio en una solución con catalizadores minerales, que reacciona y penetra activa y profundamente en el concreto (en el orden de los centímetros). A través de la siguiente reacción (1), la cual se denomina **nanocristalización catalizada**.

$$Na_2SiO_3 + y\ H_2O + x\ Ca(OH)_2 \rightarrow x\ CaO \cdot SiO_2 \cdot y\ H_2O + 2NaOH \quad \textbf{(1).}$$

La **nanocristalización catalizada** crea una red de cristales nanométricos (de entre 0,1 y 0,7 nanómetros) y, gracias a los catalizadores, se controla el grado de penetración de los mismos en concretos, morteros, cerámicas, piedras, ladrillos calizas, etc. El 80% de las partículas resultantes tiene una dimensión máxima de 0.7 nanómetros, el 20% restante de las partículas está entre 0.1 y 0.4 nanómetros. (www.acksol.com)

En la primera etapa de reacción se forma un gel de composición química similar al gel CSH (silicato de calcio hidratado) mayor producto de la reacción del cemento con el agua y responsable de impartir propiedades mecánicas cemento. El CSH es un material nano estructurado, tal como se muestra en la figura 2.

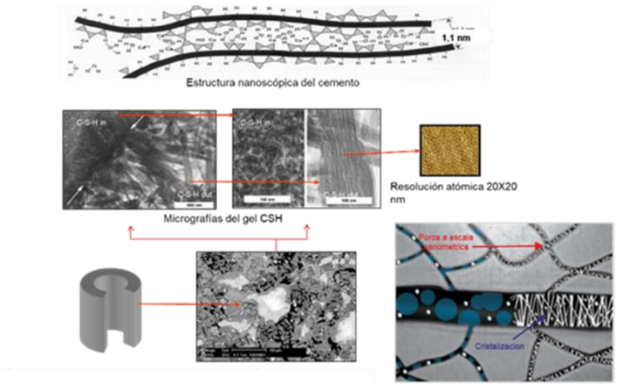


Figura 2 Nanoestructura del gel CSH (figura modificada de Balza A. 2017)

Esta tecnología es capaz de penetrar hasta escala nanoscópica y reaccionar con el calcio (Ca^{+2}) libre, formando una membrana de cristales insolubles de silicatos de calcio hidratados. Es una reacción irreversible, permanente y totalmente resistente a los ataques del medio externo.

© 2025 ALCONPAT Internacional

La aplicación de esta tecnología se realiza por aspersión mecánica, una vez impregnado el sustrato bajo la dosificación adecuada, se inicia el proceso de difusión y nanocristalización de acuerdo al siguiente esquema (Figura 3):

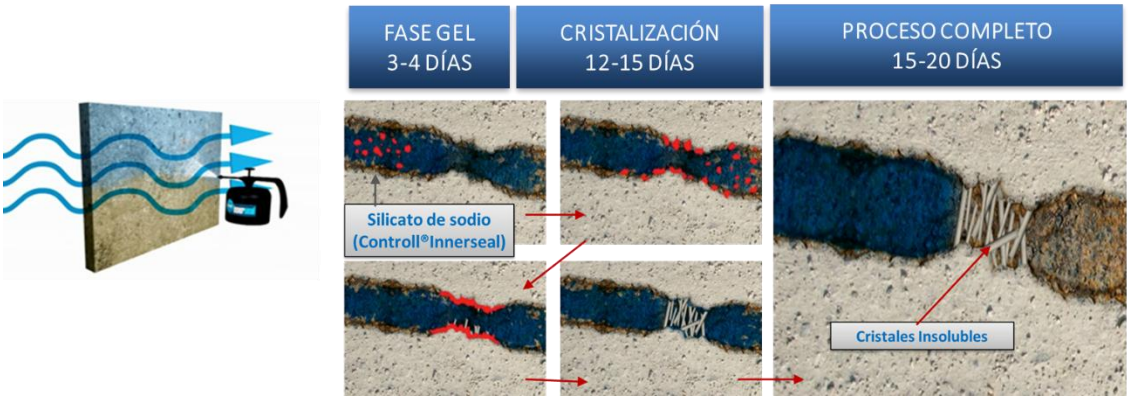


Figura 3: Proceso de nanocristalización catalizada
(www.acksol.com)

Una vez finalizado el proceso de nanocristalización, se genera una red mallada de nanocristales cuyas características le confieren al sustrato o estructura, la protección e impermeabilización necesaria que impide el paso de fluidos como el agua o agentes corrosivos o contaminantes, aportando además, aumento de la resistencia mecánica (en algunos casos), consolidación de materiales, protección anticorrosiva y contra cloruros, inhibe la formación de eflorescencia, recupera del pH del concreto, mejora eficiencia energética, durabilidad, no modifica el aspecto y tacto de la superficie, se genera un efecto hidrofugante antipolvo/antialgas, entre otras.

En el presente trabajo se expone una recopilación de resultados de diferentes ensayos realizados bajo las estrictas normativas europeas en distintos laboratorios de Europa, en los cuales se ha podido comprobar la eficiencia y beneficios de los mencionados nanosilicatos, como agentes que aportan propiedades como durabilidad, protección e impermeabilización efectiva del concreto y materiales afines.

2 PROCEDIMIENTO

A continuación, serán descritos algunos resultados de los ensayos más importantes realizados en distintos laboratorios europeos a solicitud de clientes y del grupo KOMSOL/ACKSOL, con el fin de comprobar y mostrar las excelentes prestaciones que tienen el uso de nanosilicatos de sodio, litio y potasio como agentes químicos que aportan propiedades como durabilidad, protección e impermeabilización efectiva del concreto y materiales afines.

2.1 Ensayos de profundidad de penetración de agua bajo presión

2.1.1 Ensayo A de profundidad de penetración de agua bajo presión (UNE-EN 12390-8)

Para la realización de este ensayo utilizaron tres muestras patrón y tres muestras impregnadas con nanosilicato de sodio, previamente curadas durante 28 días en agua (de acuerdo a la norma). Las muestras se describen a continuación (Informe Nº: B14017)

a. Concreto patrón: tipo Rca 25 MPa; Relación Agua/Cemento: 0,55 y 300 kg. de cemento. Concreto para ambientes: I, IIa y IIb.

b. Concreto patrón sellado con Nanosilicato de Sodio.: Aspersión hasta saturación sobre la cara superior del concreto patrón, en la dirección de llenado

A los 15 días de haber impregnado las muestras, realizaron el ensayo de penetración de agua de acuerdo a lo indicado en la norma UNE-EN 12390-8.(agua a presión 500kPa durante 72 horas) Los resultados (Figura 4) indican que en las muestran patrón hubo una mayor penetración de agua bajo presión en comparación con las muestras tratadas con nanosilicato de sodio, lo cual demuestra que la reacción de nanocristalización catalizada en los poros del concreto impiden de forma eficiente el paso del agua a través del sustrato.

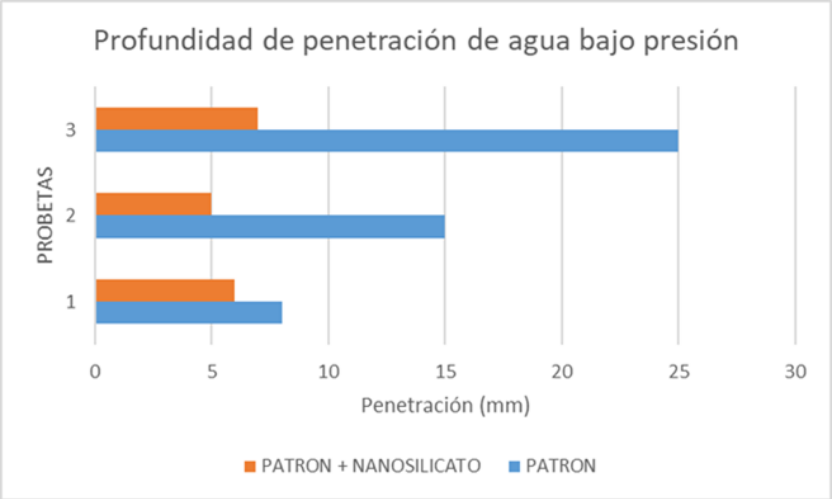


Figura 4 Profundidad de penetración de agua bajo presión. (elaboración propia)

2.1.2 2Ensayo B de profundidad de penetración de agua bajo presión.

En este segundo ensayo de penetración de agua bajo presión, dos muestras cilíndricas fueron suministradas por una empresa de depósitos y tratamiento de agua potable en tanques de concreto. Las mismas se ensayaron bajo la norma UNE-EN 12390-8, impregnando una de las muestras con nanosilicato de sodio y dejando la otra como patrón. (Acksol Ingeniería y Aplicación, 2016)

© 2025 ALCONPAT Internacional

Los resultados mostraron cambios sustanciales en la profundidad de penetración de agua, con la disminución de un 90% gracias a la reacción de nanocristalización tal como se muestra en las figuras 5 y 6, donde la sección transversal del cilindro patrón muestra una profundidad de penetración de agua de hasta 31 mm con una media de 9 mm, mientras que la sección transversal de la muestra tratada con nanosilicatos, apenas presentó una profundidad de penetración de 2 mm con una media de 4 mm, lo cual demuestra la acción y eficacia mayor al 90% de los nanosilicatos, logrando casi una total impermeabilización del sustrato en este tipo de concreto diseñado para tanque de agua potable. (Acksol Ingeniería y Aplicación, 2016)

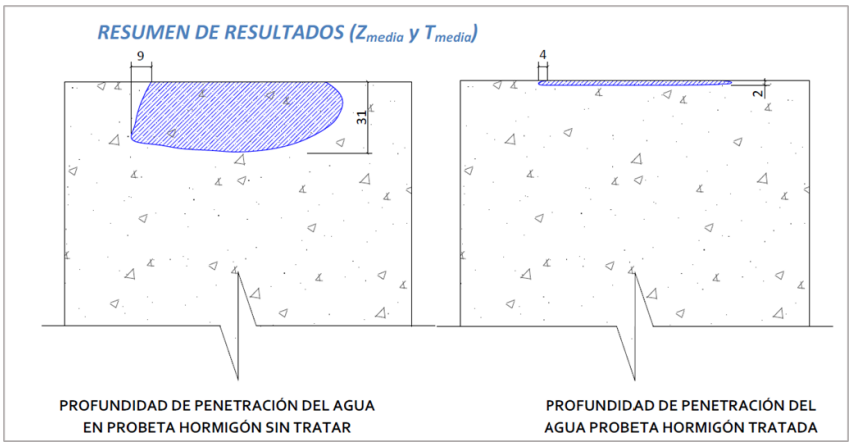


Figura 5: Sección transversal de cilindro patrón y cilindro tratado con nanosilicato de sodio **(**Acksol Ingeniería y Aplicación, 2016)

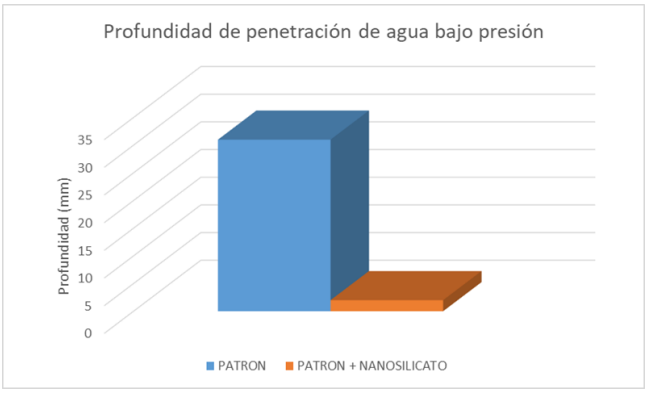


Figura 6: Profundidad de penetración del agua bajo presión (Elaboración propia)

2.1.3 Ensayo C de profundidad de penetración de agua bajo presión y a condiciones atmosféricas

En este estudio de permeabilidad utilizaron 6 muestras cilíndricas de concreto de dimensiones 100-50 mm los cuales fueron cortados de otros cilindros de diámetro de 100-300 mm, Asimismo, es importante recalcar, que los mencionados concretos presentan evidente porosidad, muy baja calidad, y estuvieron almacenados por años en un ambiente muy seco. (Gautefall O., Sabed E.)

Se utilizaron tres muestras patrón y tres de los cilindros fueron impregnados con nanosilicato de sodio, posteriormente se colocaron en celdas diseñadas especialmente para este ensayo. Estas muestras se sometieron a ensayo, primero con la superficie sellada del lado de baja presión (presión atmosférica) y posteriormente el ensayo fue repetido. Colocando la muestra a alta presión de agua (1 MPa).

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos de este ensayo en relación a los coeficientes de permeabilidad (m/s) arrojados para cada caso.

Tabla 1 Coeficientes de permeabilidad (m/s) calculados para concreto no sellado y concreto sellado con nanosilicatos. (Gautefall O., Sabed E.)

MUESTRA	PATRÓN	IMPREGNADO CON NANOSILICATO	
		PRESIÓN ATM	ALTA PRESIÓN
1	2.25*10(-10)	0.96*10(-11)	3.50*10(-12)
2	2.14*10(-10)	1.40*10(-11)	2.93*10(-12)
3	2.55*10(-10)	1.40*10(-11)	4.86*10(-12)
Prom.	2.31*10(-10)	1.25*10(-11)	3.76*10(-12)

Los resultados muestran la diferencia en la permeabilidad del patrón en relación a los cilindros impregnados con nanosilicatos, tanto a presión atmosférica como alta presión, siendo estas variaciones de un orden de magnitud respectivamente, en cuanto a la disminución de los coeficientes de permeabilidad. Este comportamiento demuestra la reducción significativa de la permeabilidad al agua cuando se aplica una presión de agua de 1MPa sobre una superficie tratada con nanosilicato así como también a presión atmosférica.

2.2 Ensayo de determinación del pH en concreto (UNE 77305)

La carbonatación es un proceso ligado a las concentraciones de CO_2 presentes en el ambiente, a la presencia de humedad y la temperatura ambiente, siendo esta una de las patologías más graves y común en el concreto. Debido a esta patología y con el transcurrir del tiempo el concreto tiende a perder la alcalinidad que mantiene protegida la armadura. Por tanto, esta pérdida de alcalinidad (descenso del pH de concreto) por debajo de un valor crítico alrededor de 9,5 no puede garantizar la protección de la armadura, y comienzan las patologías: corrosión de vigas, cabillas, estructuras metálicas con posibles pérdidas de sección, lixiviación del sustrato etc. Este tipo de patología, disminuye la resistencia del concreto y la durabilidad, acortando la vida útil de la estructura.

© 2025 ALCONPAT Internacional

En este estudio, determinaron el pH de dos muestras de concreto carbonatado extraídas de una estructura de 50 años de antigüedad, una de las muestras fue tratada con nanosilicatos y la otra fue la muestra patrón. El ensayo sobre la muestra sin tratar, arrojó un pH 8,8, es decir, por debajo del pH crítico y posterior a la aplicación del nano silicato de sodio y transcurridos 21 días, a través de un ensayo por diluciones se determinó un aumento de la alcalinidad del concreto con un pH 10,1, tal como se muestra en la figura 8. (Acksol Ingeniería y Aplicación, 2016)

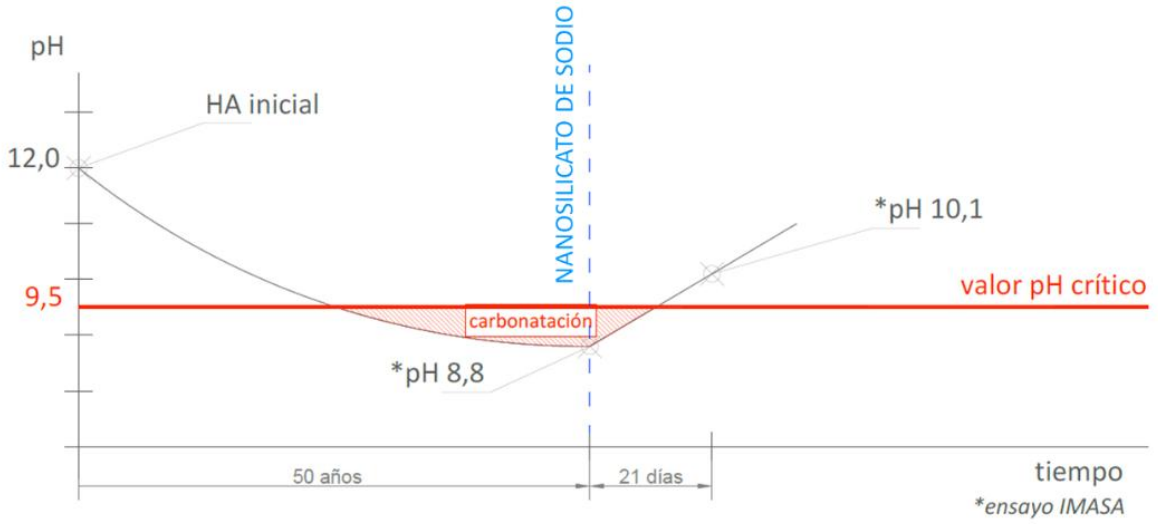


Figura 7: Representación de recuperación del pH del concreto
(Acksol Ingeniería y Aplicación, 2016)

Los resultados comprobaron la influencia de la reactividad de los nanosilicatos de sodio dentro de los poros del concreto y como, a pesar de ser un concreto con un importante grado de carbonatación, luego de los 21 días de la reacción de nanocristalización catalizada, se pudo recuperar su alcalinidad.

2.3 Ensayo de agresividad al concreto por ataque ácido

El deterioro del concreto inicia cuando su entorno fisicoquímico comienza a cambiar por los factores externos o medioambientales, provocando cambios en el pH del sustrato. Si estos valores se sitúan por debajo de 9 se produce la lixiviación del CSH (silicatos de calcio hidratados), los cuales son los responsables la durabilidad y resistencia de la pasta de cemento. Este deterioro puede producir pérdida de la masa del concreto y por tanto pérdida de sus propiedades aglomerante además de la exposición de las armaduras de las estructuras.
Los ensayos que determinan la resistencia del concreto a los ataques ácidos, se realizan de acuerdo a lo indicado en la norma DIN 11662-2, la cual consiste en someter a muestras de concreto a ciclos de inmersión en soluciones acidificadas con distintos compuestos.

Para este ensayo, el equipo de Imasa Lab, utilizó dos probetas cilíndricas de concreto (diámetro 150 mm), clase C35/45 y XA3 y cemento tipo CEM-I. Una de las muestras fue impregnada con nanosilicato de sodio y luego de su tiempo de nanocristalización, ambas probetas (patrón e impregnada), fueron colocadas en soluciones ácidas de 3% de ácido láctico, 1,5% de ácido acético y ácido butírico al 0,5%, , a una presión de 1 bar con aire comprimido. Se mantuvo esta condición a lo largo 3 meses, a temperatura ambiente (20 º a 23 º C). Pasado este tiempo fueron analizadas las superficies tratadas. (Imasalab, 2013)

La figura 8 muestra la evidente lixiviación de la muestra patrón a condiciones ácidas, mientras que la probeta impregnada con nanosilicato se mantuvo prácticamente intacta, sin presentar cambios morfológicos evidentes, lo cual demuestra la eficacia y durabilidad del concreto impregnado en ambientes muy agresivos.



La figura 8. Influencia del ataque ácido en cortes de las muestras patrón y muestras selladas con nanosilicatos. (Imasalab, 2013)

3 Del cumplimiento de la normativa de productos y sistemas para la protección y el mantenimiento de estructuras de concreto (EN 1504-2:2004)

Se realizaron ensayos a muestras de concreto bajo el protocolo que dicta la norma EN 1504-2:2004. Productos y sistemas para la protección y el mantenimiento de estructuras de hormigón– Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad – Parte 2: Sistemas para la protección superficial del hormigón Esta norma europea, es de cumplimiento obligatorio y en ella se indica los requisitos para la identificación, las prestaciones, la seguridad y evaluación de conformidad de los productos y sistemas a utilizar

© 2025 ALCONPAT Internacional

para la protección del concreto estructural, tanto en trabajos de nueva aplicación como de reparación de esos concreto más antiguos. Las muestras de concreto fueron fabricadas y almacenadas de acuerdo a la norma EN 1766 y posteriormente sometidas a los ensayos que se indican en la tabla 2 (Ollandezos P.)

Tabla 2 Programa de ensayo para muestras de concreto impregnadas y muestras patrón (Ollandezos P.)

Nr.	**Propiedad**	**Procedimiento SS-EN 1504-2; Tabla 4**	**Muestras de ensayo** Medida (mm)	Cantidad
4	Resistencia a la abrasión	EN 5470 – 1	100X100X10	3 Tratadas 3 No Tratadas
8	Absorción capilar e impermeabilidad al agua	EN 1062 – 3	250X120X30	3 Tratadas
14	Resistencia al impacto	EN ISO 6272 – 1	500X500X100	1 Tratada
15	Fuerza de adherencia en ensayos de rotura	EN 1542	500X500X100	1 Tratada
19	Profundidad de penetración	EN 14630	100X100X100	3 Tratadas

Los resultados demuestraron que los nanosilicatos evaluados cumplen con los requerimientos de la norma EN 1504-2:2004 (tabla 3), la misma define las características fundamentales para los distintos usos previstos del producto y establece un *"sistema de verificación de la conformidad de los productos destinados a usos en edificación y obra civil".* (Ollandezos P.)

Tabla 3 Resultados del protocolo de ensayos bajo la norma EN 1504-2:2004 en muestras de concreto (Ollandezos P.)

Nr.	Propiedad	Método	Resultado	SS-EN 1504-2 Tabla 4	Requisito cumplimentado
4	Resistencia a la abrasión	EN 5470 – 1	35,4 %	Mínimo un 30 % de mejora en la resistencia en comparación con una muestra no tratada	Sí
8	Absorción capilar e impermeabilidad al agua	EN 1062 – 3	0,09 kg/m2H0,5	*W*<0,1 kg/m2H0,5	Sí
14	Resistencia al impacto	EN ISO 6272 – 1	Klasse II	Clase I: ≥4 Nm Clase II: ≥ 10 Nm Clase III: ≥20 Nm	Sí
15	Fuerza de adherencia en ensayos de rotura	EN 1542	2,4 N7mm2	≥1,0 N/mm2 Horizontal sin Tratamiento ≥1,5 N/mm2 Horizontal con Tratamiento	Sí
19	Profundidad de penetración	EN 14630	17 mm	≥ 5 mm	Sí

4 Del uso de nanosilicatos en otros materiales: ladrillos, tejas y afines.

Los nanosilicatos pueden ser usados en una amplia variedad de materiales de origen pétreo tales como: ladrillos, yeso, caliza y arenisca, mármol blanco, tejas , piedras naturales porosas entre otros. Para comprobar la efectividad de los nanosilicatos en materiales de ladrillo, realizaron el ensayo para determinar las propiedades de productos sellantes, estudio de adsorción de agua en ladrillos.

Para este estudio utilizaron dos ladrillos, uno de muestra patrón y el otro fue sellado con nanosilicato. Previamente, ambos ladrillos fueron pesados y luego colocados, con la superficie de ensayo hacia abajo en un cuenco de agua a 20º C y a una profundidad de 3 cm y para ser pesados periódicamente, hasta que la variación de peso sea inferior al 0,1%. (Acksol Ingeniería y Aplicación 2008).

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 4 Variación del % de masa en ladrillo patrón y ladrillo sellado.

Tiempo [d]	Incremento de la masa [M - %]	
	PATRÓN	SELLADA
1	2	3
0.0	0.0	0.0
0.10	0.7	0.0
0.15	0.9	0.0
0.20	1.0	0.0
0.25	1.1	0.0
2.00	1.3	0.0
2.30	3.8	0.1
3.05	3.8	0.1
7.05	3.8	0.1
8.05	3.9	0.1.
9.05	3.9	0.1
10.45	3.9	0.1
11.30	4.0	0.1
12.30	4.0	0.1
15.25	4.0	0.1
18.25	4.1	0.1
22.50	4.1	0.1
30.55	4.2	0.1
32.55	4.2	0.1
36.50	4.2	0.1
38.40	4.3	0.1

Los resultados de este ensayo (tabla 4) arrojaron que la muestra sellada con nanosilicato mantuvo su peso constante, mientras que la muestra patrón tuvo un incremento de la masa de 4% en relación al peso inicial, lo cual demuestra que la absorción de ladrillo sellado con nanosilicato es prácticamente nula, tal comportamiento evita problemas de humedades, formación de hongos, suciedades etc sobre la superficie de este tipo de material.

5 CONCLUSIONES

Como conclusión se puede afirmar que la nanotecnología como ciencia aplicada a escala nanoscópica a través de la reacción de nanocristalización catalizada, basada en nanosilicatos de sodio, litio o potasio, aportan un gran número de beneficios a las estructuras de concreto o materiales afines, lo cual contribuye a la recuperación o restauración efectiva de estructuras de gran antigüedad, así como también es una solución definitiva para prevenir futuras patologías que puedan potencialmente presentar nuevas edificaciones de no ser protegidas por este tipo de productos. Todo esto contribuye a tener propuestas en tecnologías sostenibles, sustentantes e innovadoras que garanticen la durabilidad y ´protección del concreto.

6 REFERENCIAS

Acksol: www.acksol.com (2024)

Acksol Ingeniería y Aplicación (2016) *"Informe Profundidad de penetración de agua bajo presión, CONTROL INNERSEAL"*. Alicante España

Acksol Ingeniería y Aplicación (2016) *"Informe de recuperación de alcalinidad de hormigón tratado con CONTROL INNERSEAL"*. Alicante España

Acksol Ingeniería y Aplicación (2008) *"Ensayo de adsorción de agua en ladrillos, TOPSEAL"*. Alicante España

Balza A,(2017) "*Variabilidad de las propiedades del cemento petrolero debido a la inclusión de nanopartículas de alúmina en lechadas cementantes"* Tesis Doctoral, Universidad Central de Venezuela.

Informe Nº: B14017-KOM-14.02 (2014) "*Profundidad de penetración de agua bajo presión*" TECNALIA Parque Tecnológico de Bizkaia, España

Gautefall O., Sabed E., (1999) *"Ensayo de Laboratorio de hormigón sellado con Controll Inner Seal"* SINTEF Ingeniería civil y Medioambiental,

IMASALAB, (2013) "*Nota Técnica: Ensayos de agresividad al hormigón por Ataque ácido*" Alicante, España.

Komsol www.komsol.eu (2024)

Nalwa Hari, (2000), *"Handbook of Nanostructure Materials and Nanotechnology"*

Nazari S. Riahi. (2011) *"Al_2O_3 Nanoparticles in concrete and different curing media"*. Energy and Buildings, Volume 43, Issue 6, June 2011, Pages 1480-1488

www.nanowerk.com (2016)

© 2025 ALCONPAT Internacional

Normalización Española, *UNE-EN 12390-8: Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión*. España

Normalización Española *UNE 77305 Calidad del suelo. Determinación del pH*. España

Normalización Española *UNE-EN 1504-2 (2005) Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 2: Sistemas de protección superficial para el hormigón*. España

Ollandezos P. (2013) Informe PX10759 B. *"Ensayo de INNERSEAL sobre hormigón. Ensayos realizados de acuerdo a las normativas de EN 1504-2:2004"* CBI Instituto Sueco para Técnicas del Hormigón. Suecia

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Evaluación a largo plazo de recubrimientos hidrofóbicos para la protección del acero de refuerzo en concreto expuesto a ambientes marinos tropicales hostiles

O. Troconis de Rincon[1,2*], V. Millano[1], M. Aboulhosn[1], C. Morales[1], M. León Romero[1] y A. López[1]

* Autor de correspondencia: oladistdr@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es evaluar la durabilidad de los recubrimientos hidrofugantes, en especímenes de concreto armado de relación a/c 0,40 y 0,65 expuestos en ambiente marino tropical (>CX/ISO 9223), por más de 15 y 5 años, respectivamente. Los recubrimientos evaluados son en base a silano, siloxano y mezclas de ellos. La evaluación se realizó electroquímicamente (velocidad de corrosión por resistencia a la polarización y potencial de corrosión del acero) y fisicoquímicamente para determinar la degradación de los recubrimientos (perfil de iones cloruro, Absorción Superficial Instantánea y Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier). Los resultados mostraron que el comportamiento de los hidrofugantes no solo depende del contenido y tipo del componente activo, sino también de la calidad del concreto.

Palabras clave: Recubrimiento hidrofugante; concreto armado; relación agua/cemento; durabilidad; medio marino.

[1] Centro de Estudios de Corrosión, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela
[2] Department of Civil Engineering, The University of Texas at San Antonio, San Antonio, USA

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

El concreto es la combinación de elementos como el cemento, arena, piedras y agua en una proporción previamente diseñada por normas internacionales o por diseños de mezcla particulares, alterando un parámetro conocido como la relación agua/cemento (a/c) en el proceso. El concreto por sí solo tiene muchos factores a estudiar como la homogeneidad de la mezcla, su asentamiento, y luego del fraguado, la resistencia a la compresión; sin embargo, el concreto por ser un material frágil no posee una resistencia contra esfuerzos de tensión, flexión, torsión, cortantes, entre otros, por lo que se le añade un elemento metálico (cabilla o barra) en su interior para reforzarlo convirtiéndolo en "concreto armado".

En las construcciones civiles utilizan el concreto armado para elaborar diversas estructuras como puentes, muelles, túneles, edificios, entre otros; teniendo mayor preponderancia el comportamiento estructural (capacidad para soportar cargas) que la durabilidad, de acuerdo al ambiente específico de exposición. La durabilidad evalúa el efecto del medio ambiente sobre la estructura y cómo este influye en la reducción de la vida útil previamente calculada por factores como la humedad relativa, la temperatura y la presencia de diversos agentes como dióxido de carbono, iones cloruros o sulfatos y la composición del concreto utilizado.

Venezuela como país tropical, posee ciudades con estructuras de vialidad y muelles expuestos constantemente a los factores ambientales, que han demostrado previamente (Castro et.al., 2001; Morón et.al., 2003; Troconis de Rincón et.al., 2006; Troconis de Rincón et.al., 2007; Troconis de Rincón et.al., 2006), potenciar la corrosión de la armadura, especialmente los ambientes marinos ya que está limitado al norte por el mar Caribe. Para controlar la corrosión en estructuras de concreto armado existen dos opciones: aplicación de métodos directos que afectan directamente las barras de acero (por ejemplo, la protección catódica); y métodos indirectos que afectan el concreto, como por ejemplo la aplicación de recubrimientos entre los cuales se ha demostrado que los hidrofugantes se encuentran dentro de los mejores, para los ambientes marinos.

Los recubrimientos hidrofugantes han sido evaluados en diversas oportunidades por su capacidad para reducir el ingreso del agua y de iones cloruros al interior de las estructuras de concreto armado; obteniendo como resultados no solo la reducción en el ingreso de estos agresivos, sino también una correlación entre la relación a/c del concreto y la humedad relativa, con la profundidad de penetración de los recubrimientos en el sustrato (De Vries y Polder, 1997; Endoh y Taguchi, 2010; Liu y Gjory, 2010; Johansson-Selander et.al., 2010; Johansson-Selander et.al., 2010). En otras investigaciones (Khanzadeh et.al., 2012; Christodoulou et.al., 2013), se evaluó el desempeño de los recubrimientos hidrofugantes; estimando además su vida útil.

Las investigaciones antes descritas se efectuaron en ambientes que distan mucho del ambiente marino tropical costero de Venezuela; por lo cual desde 1998, en el Centro de Estudios de la Corrosión se ha venido evaluando la aplicación de los recubrimientos hidrofugantes (Parra, 2001, Troconis de Rincón et.al., 2011; Leon Romero, 2013; López, 2014). En estas se ha demostrado que solo la aplicación de concretos de buena calidad (relación a/c de 0,4) no prevenía la corrosión de la armadura ante la exposición a estos ambientes; debiendo colocar un sistema de control adicional como los recubrimientos hidrofugantes. También se demostró en estos estudios que el

comportamiento de los hidrofugantes dependía de la relación a/c y del tipo y concentración del componente activo. No obstante, el efecto del ambiente sobre la degradación de los recubrimientos en el tiempo no se estudió; por lo cual en este trabajo se origina la necesidad de evaluar la durabilidad de los recubrimientos hidrofugantes luego de exposiciones prolongadas al ambiente marino-costero tropical, con el propósito de estimar la vida útil de los mismos, y de ser necesario la reaplicación del recubrimiento, para incrementar la durabilidad.

2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1 Evaluación electroquímica y físico-química

En este trabajo se continuó con las evaluaciones realizadas en el 2013 (Leon Romero, 2013) de los seis (06) especímenes de relación a/c 0,40; los doce (12) especímenes de relación a/c 0,65 y cinco (05) cubos de concreto con una relación a/c 0,65; las cuales se encontraban expuestas a un ambiente marino costero tropical en la estación La Voz, Venezuela.

Se realizaron evaluaciones electroquímicas (potenciales y velocidades de corrosión por Polarización Lineal) a las barras de acero ubicadas a profundidades de 15, 20 y 30 mm de la cara expuesta en los especímenes de concreto de relación a/c 0,65 y, a 20, 30 y 50 mm de la cara expuesta para el caso de los especímenes de relación a/c 0,40. Esto con el propósito de determinar la potencialidad corrosiva luego de 5 y 15 años de exposición, respectivamente.

Para determinar la condición actual de los recubrimientos hidrofugantes luego de los periodos de exposición antes mencionados, se realizaron los siguientes ensayos físico-químicos: Prueba de Absorción Superficial Instantánea (ISAT/ BS 1881. Part 208: 1996), y perfiles de concentración de los iones cloruro en el mismo. Adicionalmente, se utilizó el método analítico de Espectroscopia de Infrarroja de Transformada de Fourier (FTIR), para determinar la profundidad de penetración de los recubrimientos hidrofugantes en los especímenes de relación a/c 0,40 y 0,65 (López, 2014).

En las Figuras 1a y 1b se muestra la configuración de los especímenes utilizados con relaciones a/c 0,4 y 0,65, respectivamente y las Tablas 1–4 presentan las características específicas iniciales (Parra, 2001; Troconis de Rincón et.al., 2011; León Romero, 2013) de los especímenes de relación a/c de 0,40 y 0,65, respectivamente.

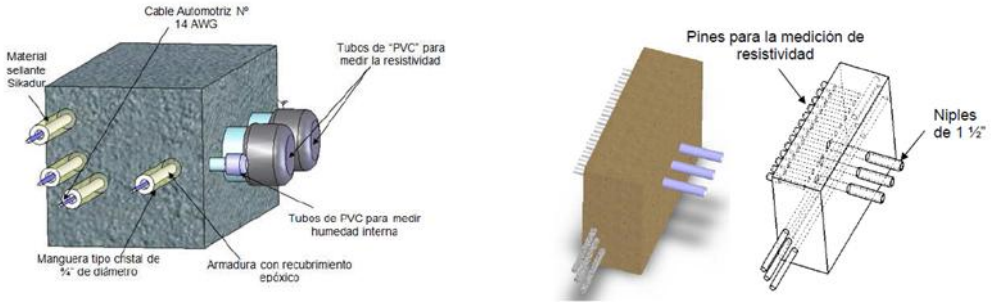


Figura 1.- Detalles de los especímenes de concreto armado con: a) relación a/c de 0,40 (Troconis de Rincón et.al., 2011); b) relación a/c de 0,65 (León Romero, 2013)

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 1.- Identificación de los especímenes con una relación a/c de 0,40 (Troconis de Rincón et.al., 2011)

Hidrofugante E - Base Siloxano Trimetoxisilano (40% - 70%) Trimetoxisilano (15% - 40%)	**Sin recubrimiento (Blancos)**	**Hidrofugante S Base Silano (5% - 30%)**
E1	B3	S5
E2	B4	S6

Tabla 2.- Propiedades fisicoquímicas de los especímenes con una relación a/c de 0,40 (Troconis de Rincón et.al., 2011)

Característica	**Hidrofugante E (E1 – E2)**	**Hidrofugante S (S5 – S6)**	**Blanco / Sin recubrimiento (B3 – B4)**
Porosidad Total %	3,16	3,81	5,50
Absorción Total %	1,33	1,61	2,35
Porosidad Efectiva (ε) %	1,59	1,78	3,24
Sorción Capilar S (m/s ^{½})	2,11 10^{-05}	1,70 10^{-05}	4,60 10^{-05}
Coeficiente de Absorción Capilar (kg/ m^2 * $s^{1/2}$)	3,37 10^{-05}	9,92 10^{-05}	1,55 10^{-05}
Permeabilidad Iones Cloruros ASTM C1202 (Coulomb)	979	738	1502

Los especímenes de relación a/c 0,40 fueron construidos por Parra (Troconis de Rincón et.al., 2011) con un concreto similar al usado en las reparaciones del Puente General Rafael Urdaneta, ubicado en Maracaibo, Edo. Zulia. Sus dimensiones son de 15 x 15 x 30 cm, las barras de acero son de 3/8" de diámetro ubicadas a profundidades de 20, 30 y 50 mm de la cara expuesta; una cuarta barra a 40 mm de la cara resguardada y, 2 niples de 1/2" y 2 niples de 2", para la medición de la resistividad interna del concreto.

Los especímenes de a/c = 0,65 fueron construidos originalmente en el 2011 (Troconis de Rincón et.al., 2011) siendo evaluadas en el 2013 (León Romero, 2013), donde se estudiaron sus propiedades físico-químicas y electroquímicas, con y sin recubrimientos hidrofugantes, después de un año de exposición en la estación La Voz, Venezuela.

Tabla 3.- Identificación de los especímenes con una relación a/c de 0,65 (León Romero, 2013)

Hidrofugante S Base Silano (5% - 30%)	**Hidrofugante A Base Alquilalcoxisilano (> 40%)**	**Hidrofugante I Base Silano/Siloxano (12%)**	**Sin recubrimiento (Blanco)**
S1	A1	I3	B1
S2	A2	I4	B2
S3	A3	I5	B5

Tabla 4.- Especificaciones técnicas de los recubrimientos hidrofugantes evaluados.

Propiedades	Recubrimientos Hidrofugantes			
	A	**S**	**I**	**E**
Concentración	Alquil-alcoxisilano > 40%	Silano 5 – 30%	Mezclas de Silano y Siloxano 12%	Mezcla de Trimethoxysilano 40 - 70% y Tetraethoxysilano 15 – 40%
Naturaleza del Solvente	Isopropanol	Hidrocarburos alifático	No especificado	Alcohol Etílico
Temperatura de Ignición	399 ºC	65 ºC	No especificado	No especificado
Punto de Inflamación	12 ºC	4 ºC	99 ºF (37,22 ºC)	25 ºC
Presión de Vapor	Más pesado que el aire 0,800	12,5 hPa @ a menos de 38 ºC	No especificado	No especificado
Densidad	No especificado	Aproximadamente 0,8 gr/ cm^3 (0,8 kg/L)	0,99 kg/L (8,2 lb/galón)	No especificado
Viscosidad	No especificado	5 MPa	Desconocida	No especificado
Solubilidad en Agua	Parcial	No es soluble	Completa	No especificado

Los especímenes tienen un dimensionamiento de 10 x 20 x 30 cm, con barras de acero de 3/8” embebidas en el concreto, a profundidades de 15, 20 y 30 mm de la cara expuesta; 3 niples de 1-1/2”, cables de 14 AWG y pines externos para medir la resistividad del concreto durante las evaluaciones, como se detalla en la Figura 1. Las uniones de los cables a las barras fueron protegidas por tubos de plástico flexible y resina epóxica para protegerlas de la corrosión. La Tabla 5 muestra las propiedades físico-químicas de los diferentes especímenes preparados.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 5.- Propiedades físico-químicas de los especímenes con una relación a/c de 0,65 (León Romero, 2013)

Propiedad	Especímenes					
	B1	**A**	**B2**	**S**	**B5**	**I**
Absorción Capilar (k) ($kg/m^2.s^{1/5}$)	0,0325	0,00125	0,0350	0,021	0,264	0,027
Resistencia a la penetración de agua (m) (s/m^2)	$2,48\ 10^{+7}$	$7,70\ 10^{+8}$	$1,80\ 10^{+7}$	$5,05\ 10^{+7}$	$1,06\ 10^{+8}$	$7,9\ 10^{+8}$
Porosidad efectiva (ε) (%)	16,1	2,3	15	14	13,4	12,9
Sorción capilar (S) ($m/s^{1/2}$)	$2,05\ 10^{-4}$	$3,70\ 10^{-5}$	$2,33\ 10^{-4}$	$1,53\ 10^{-4}$	$9,76\ 10^{-5}$	$4,1\ 10^{-5}$
Resistividad (ρ) kΩ.cm	11,22	91,94	24,9	9,81	42,49	43,58

2.2 Ambiente de exposición

Los especímenes con una relación a/c de 0,40 tuvieron una exposición prolongada superior a los 15 años y superior a los 5 años para los especímenes con una relación a/c de 0,65, en la estación de prueba La Voz, Cabo San Román, Estado Falcón, la cual ha sido clasificada de muy alta agresividad (>CX) (Troconis de Rincón, 2011; León Romero, 2013; López, 2014)

En la Figura 2 se presenta la posición de las mismas en la estación de prueba.

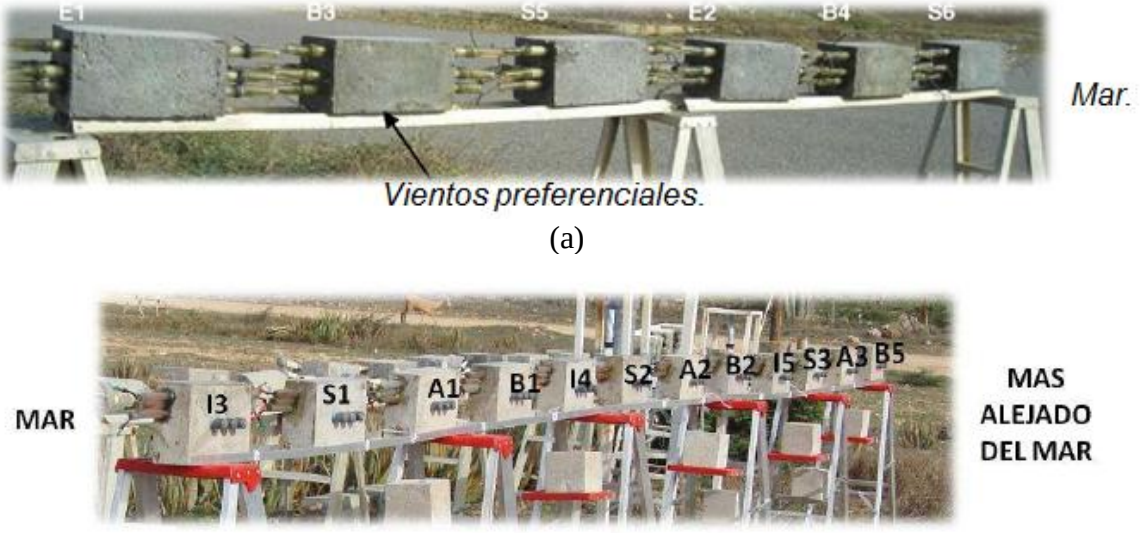


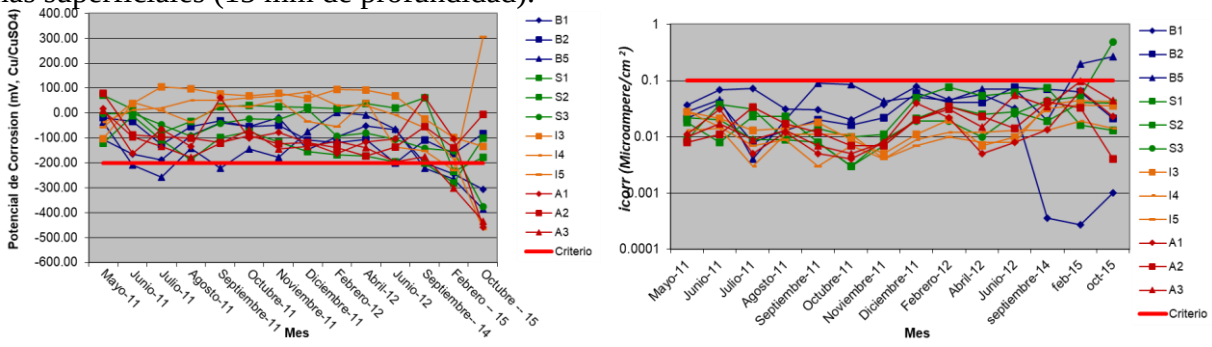
Figura 2.- Identificación y ubicación de los especímenes de relación (a) a/c 0,40 ((Troconis de Rincón, 2011) (b) a/c = 0,65 (León Romero, 2013)

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación de los especímenes de concreto de relación a/c 0,65:

3.1.1 Evaluación electroquímica

Los resultados obtenidos durante los ensayos realizados se presentan en la Figura 3, para las barras más superficiales (15 mm de profundidad).



(a) (b)

Figura 3. Medidas electroquímicas: a) Potencial de corrosión y b) velocidad de corrosión en los especímenes de concreto de relación a/c 0,65 a 15 mm de profundidad

La Figura 3 muestra, que en general, el acero más expuesto (15 mm de profundidad) en la mayor parte de los especímenes se encuentra pasivo. Solo en uno de los 3 especímenes de control (blanco) y con el recubrimiento S muestran activación de las barras (i_{cor} > 0,1 µA/cm^2). No obstante, con estos resultados no se puede indicar que el acero se ha activado. Las barras ubicadas a profundidades de 20 y 30 mm de la cara expuesta también se encuentran en estado pasivo.

3.1.2 Evaluación físico-química:

a. Prueba de ISAT

Los resultados obtenidos del ensayo ISAT se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados de la prueba ISAT luego de 5 años de exposición y del método de Fagerlund (ε, S), en su condición inicial para especímenes de concreto armado con una relación a/c 0,65

Espécimen	ISAT ml/ (m^2.s)	Porosidad efectiva ε (%)	Sorción capilar S (m/s$^{1/2}$)
A1	0,0097	2,3	3,70 x10 $^{-5}$
A2	0,0077	2,3	3,70 x10 $^{-5}$
B1	0,0311	16,1	2,05 x10 $^{-4}$
B2	0,0388	15	2,33 x10 $^{-4}$
S1	0,0019	14	1,53 x10 $^{-4}$
S2	0,0088	14	1,53 x10 $^{-4}$
I3	0,0097	12,9	4,1 x10 $^{-5}$
I4	0,0039	12,9	4,1 x10 $^{-5}$

© 2025 ALCONPAT Internacional

Estos resultados muestran el efecto del hidrofugante sobre el comportamiento de las especímenes; donde se observa que estos disminuyen la permeabilidad al agua drásticamente (de 0,03 hasta 0,0019 ml/m^2.s). También se puede indicar que aun cuando no se logra diferenciar bien el comportamiento relativo de los diferentes hidrofugantes evaluados, es el recubrimiento A el que muestra mayor permeabilidad al agua actualmente; donde al comienzo, antes de la exposición en la estación La Voz, fue el que menor absorción de agua tuvo (porosidad efectiva y absorción capilar más baja). Este efecto parece indicar que este recubrimiento se esté degradando en el tiempo, en mayor proporción que los recubrimientos S e I.

b. Perfil de concentración de iones cloruro

En la Figura 5, así como en la Tabla 7 se presentan los resultados de difusión de cloruro y coeficientes de difusión (tiempo de activación de las barras), respectivamente, para los especímenes de concreto de relación a/c 0,65 en la cara expuesta, luego de 5 años.

Los resultados obtenidos indican que la exposición a los vientos preferenciales de forma prolongada (cara expuesta), produjo una degradación considerable del recubrimiento A, como se puede observar en los especímenes A1 y A3, donde en ensayos de laboratorio [14] mostraron el mejor desempeño. En el caso del recubrimiento I, aunque también se encuentra con un envejecimiento notable, mantiene un cierto grado de protección residual, aun en condiciones desfavorables (exposición directa a vientos preferenciales); siendo el S el mejor. No obstante, solo las barras en uno de los especímenes patrón B2 muestra una clara activación (Figura 4), con velocidades de corrosión > 0.1 µA/cm^2) y concentraciones de cloruros > 4000 ppm (umbral de cloruros para inducir a la corrosión (Troconis de Rincón et.al., 2006)).

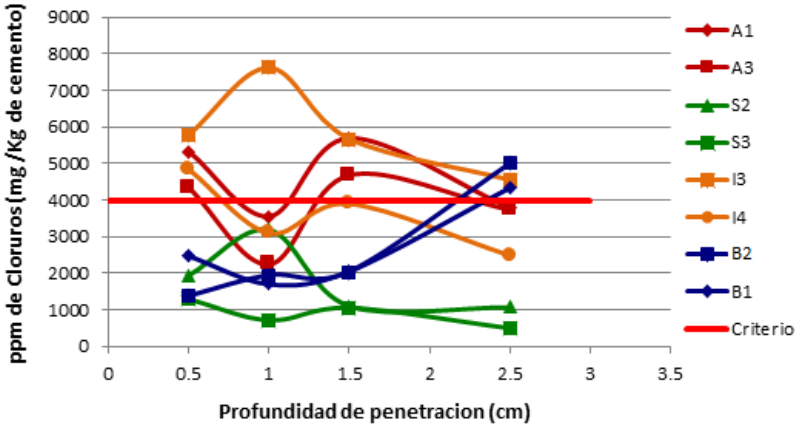


Figura 5. Perfil de concentración de cloruros en la cara expuesta de especímenes de concreto de relación a/c 0,65

Tabla 7.- Coeficientes de Difusión (D) de cloruros y tiempos para la activación de las barras de acero en especímenes de relación a/c 0.65, desde la cara expuesta.

Especímenes	Coeficiente de Difusión (D) (cm^2/s)	Tiempo para despasivación de barras (Profundidad : Años)	
B1	NA	-	
B2	NA	-	
I3	2,91 x10 $^{-8}$	15 mm : 2,2	20 mm : 4
I4	2,14 x10 $^{-8}$	15 mm : 7	20 mm : 12
S2	2,09 x10 $^{-8}$	-	
S3	2,20 x10 $^{-8}$	-	
A1	2,48 x10^{-8}	15 mm : 1,5	20 mm : 5
A3	5,96x10 $^{-8}$	15 mm : 2	20 mm : 5,5

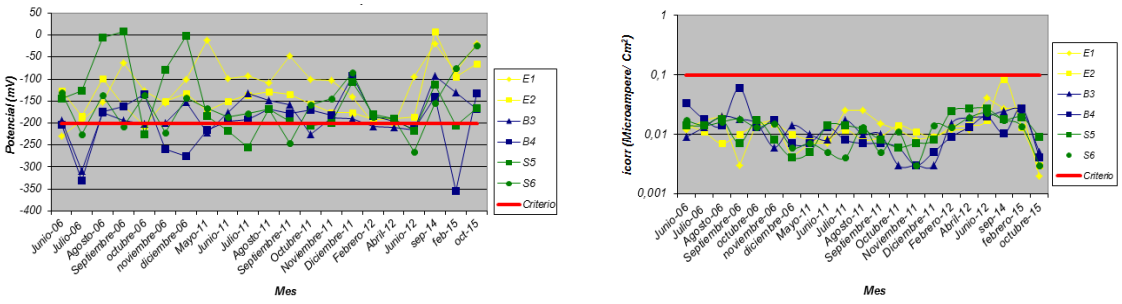
NA: No Aplica porque el perfil no muestra la zona difusional, solo el efecto piel causado por el ambiente.

Dado que el perfil de cloruros solo se pudo obtener hasta 2,5 cm, no es posible obtener un coeficiente de difusión para los especímenes patrón (B) que permita comparar con el comportamiento real del recubrimiento y su degradación. Por lo cual, es el comportamiento del perfil directamente, como lo muestra la Figura 5 el que permitiría definir si los recubrimientos han experimentado algún deterioro por efecto del ambiente; lo cual se manifiesta en el efecto piel (efecto directo del ambiente/lluvias, temperatura, etc.); siendo este mucho más pronunciado en los especímenes patrón. Estos últimos muestran una mayor concentración de iones cloruro a 2,5 cm, lo cual demuestra la protección de los hidrofugantes, especialmente el hidrofugante S, donde la concentración de este ion es muy baja (< 1000 ppm vs. > 5000 ppm para el patrón). El inadecuado comportamiento del hidrofugante I se debe a la baja concentración del componente activo en el mismo, para un concreto de tan baja calidad.

3.2 Evaluación de los especímenes de relación a/c 0,40:

3.2.1 Evaluación electroquímica:

En la Figura 6 se presentan los resultados obtenidos de los ensayos electroquímicos, para la menor profundidad de las barras (20 mm).



(a) (b)

Figura 6. Medidas electroquímicas: a) Potencial de corrosión y b) velocidad de corrosión en los especímenes de concreto de relación a/c 0,40 a 20 mm de profundidad

© 2025 ALCONPAT Internacional

En la Figura 6 se puede observar que el comportamiento de los especímenes se mantuvo similar con los registros anteriores; donde los potenciales se mantuvieron dentro del umbral de 0 a -350 mV vs. $Cu/CuSO_4$ y las velocidades de corrosión, con valores por debajo de los 0,1 $\mu A/cm^2$. Se puede concluir que, aun después de 15 años de exposición, las barras aún no se han activado. Esto se debe a la buena calidad del concreto preparado, aún sin tomar en cuenta la aplicación de los recubrimientos hidrofugantes. Este patrón de comportamiento se repite para las profundidades de 30 y 50 mm, como era de esperarse.

3.2.2 Evaluación físico-química:

a. Prueba ISAT.

En la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos de la prueba ISAT en los especímenes de concreto de relación a/c 0,40.

Tabla 8. Resultados de la prueba ISAT y del método de Fagerlund (ε, S), para especímenes de concreto armado con una relación a/c 0,40 en su condición inicial

Espécimen	ISAT ml/ (m^2.s)	Porosidad Total (%)	Porosidad Efectiva ε (%)	Sorción Capilar S ($m/s^{½}$)
E1	0,0038	3,16	1,59	$2,11 \times 10^{-05}$
E2	0,0038	3,16	1,59	$2,11 \times 10^{-05}$
B3	0,2333	5,50	3,24	$4,60 \times 10^{-05}$
B4	0,0078	5,50	3,24	$4,60 \times 10^{-05}$
S5	0,0058	3,81	1,78	$1,70 \times 10^{-05}$
S6	0,0058	3,81	1,78	$1,70 \times 10^{-05}$

Los resultados muestran que el recubrimiento E tiene un mejor desempeño como Hidrofugante que el S; lo cual, aparentemente, evidencia que el recubrimiento S se ha degradado. En el espécimen B3, el valor estuvo demasiado elevado en comparación con el espécimen B4; lo cual se debe a la diferencia de la calidad superficial entre ambos especímenes. Es decir, la superficie se encontraba muy rugosa, lo cual puede interferir con la prueba en sí; ya que la superficie puede absorber mayor cantidad de agua. Esto no se manifestó en los resultados de porosidad efectiva y absorción capilar efectuada antes de la exposición, los cuales fueron similares al B4.

b. Perfil de concentración de iones cloruro:

En la Figura 7 se presentan los resultados obtenidos de la difusión de cloruros en el concreto para los especímenes con a/c = 0,40, donde se evidencia que el recubrimiento E obtuvo el mejor desempeño mostrando, independiente de su exposición en el banco de prueba (Figura 3), muy baja y similar difusión de iones cloruro. En el recubrimiento S es muy notable el caso del espécimen S5, donde el contenido de cloruros supera al encontrado en los patrones (B3 y B4). Es importante

indicar que en la estación La Voz, existen rosas de vientos muy pronunciadas, por lo cual, si ya el recubrimiento se ha deteriorado, la cercanía al mar facilita la difusión de iones cloruro en el concreto. De allí la diferencia en el comportamiento del blanco y el recubrimiento S.

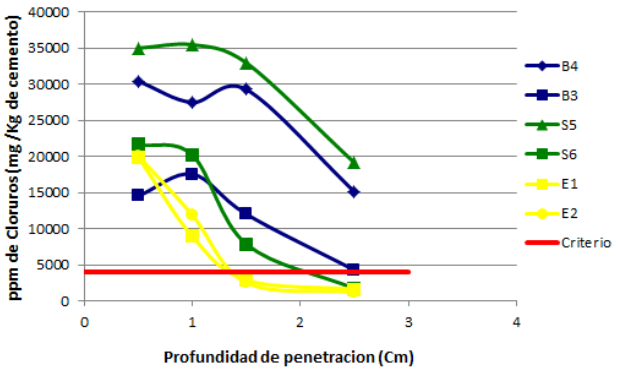


Figura 7. Perfil de concentración de cloruros en la cara expuesta de los especímenes de concreto con a/c 0,40.

En la Tabla 9 se presentan los coeficientes de difusión y tiempo de despasivación estimado; notándose nuevamente el excelente comportamiento del recubrimiento E.

Tabla 9. Coeficientes de Difusión (D) y concentraciones superficiales de Cloruros (Cs) en especímenes de relación a/c 0,40, desde la cara expuesta.

Especímenes	**Coeficiente de Difusión (D) (cm^2/S)**	**Tiempo para despasivación de barras (Profundidad : Años)**	
B3	$6{,}33 \times 10^{-9}$	20 mm : 10,5	30 mm : 23,5
B4	$1{,}39 \times 10^{-8}$	20 mm : 2	30 mm : 4
S5	$1{,}55 \times 10^{-8}$	20 mm : 1,5	30 mm : 3,5
S6	$2{,}28 \times 10^{-9}$	20 mm : 13	30 mm : 28,5
E1	$8{,}18 \times 10^{-10}$	20 mm : 28	30 mm : >50
E2	$1{,}01 \times 10^{-9}$	20 mm : 24	30 mm : >50

c. Evaluación de los recubrimientos por Espectroscopia Infrarroja de Transformadas de Fourier (FTIR)

La muestra de concreto contiene en su interior una cantidad de Silicio proveniente tanto de la mezcla con el cemento como del recubrimiento Hidrofugante, por lo que al comparar con una muestra del espécimen de control se puede percibir la diferencia de Silicio por añadidura del Hidrofugante. De los resultados obtenidos, se hizo una relación de Si/CN, dado que el CN se utilizó como referencia fija para la comparación. A cada muestra de concreto se le agregó una cantidad fija de Ferrocianuro potásico ($K_3[Fe(CN)_6]3\ H_2O$), como trazador.

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 10 y 11:

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 10. Comparación por absorbancia entre muestras de concreto de los especímenes de relación a/c 0.4.

Muestra (Nombre – Relación a/c – Profundidad en cm)	Señal de Silicio Absorbancia (Abs)	Señal de Cianuro Absorbancia (Abs)	Relación Si/CN
B4 – 0,4 – 0,5	0,1	0,55	0,18
E2 – 0,4 – 0,5	0,06	0,04	1,53
S5 – 0,4 – 0,5	0,08	0,30	0,29
B4 – 0,4 – 1	0,06	0,30	0,18
E2 – 0,4 – 1	0,03	0,35	0,08
S5 – 0,4 – 1	0,06	0,55	0,12
B4 – 0,4 – 1,5	0,12	0,31	0,38
E2 – 0,4 – 1,5	0,04	0,34	0,12
S5 – 0,4 – 1,5	0,06	0,35	0,17

Tabla 11. Comparación por absorbancia entre muestras de concreto de los especímenes de relación a/c 0.65.

Muestra (Nombre – Relación a/c – Profundidad en cm)	Señal de Silicio Absorbancia (Abs)	Señal de Cianuro Absorbancia (Abs)	Relación Si/CN
B2 – 0,65 – 0,5	0,19	0,54	0,35
A3 – 0,65 – 0,5	0,18	0,41	0,45
I4 – 0,65 – 0,5	0,35	0,77	0,45
S3 – 0,65 – 0,5	0,30	0,71	0,42
B2 – 0,65 – 1	0,31	0,45	0,68
A3 – 0,65 – 1	0,27	0,58	0,47
I4 – 0,65 – 1	0,33	0,46	0,72
S3 – 0,65 – 1	0,43	0,54	0,80
B2 – 0,65 – 1,5	0,32	0,84	0,39
A3 – 0,65 – 1,5	0,24	0,61	0,40
I4 – 0,65 – 1,5	0,31	0,69	0,45
S3 – 0,65 – 1,5	0,15	0,38	0,41

Los resultados de la Tabla 10 para los especímenes de relación a/c 0,4 indican que los recubrimientos E y S solo tienen presencia a una profundidad de 0,5 cm; lo que permite concluir, que debido a una relación a/c muy baja y la posible presencia de humedad interna, los recubrimientos hidrofugantes solo formaron una capa exterior protectora en la cara superficial.

En la Tabla 11 se muestran los resultados para los especímenes de relación a/c 0,65; indicando que a una profundidad de 0,5 cm los recubrimientos A, S e I, se encuentran presentes; lo cual se mantiene a 1 cm para los recubrimientos S e I, pero a la profundidad de 1,5 cm solo el recubrimiento I tiene un valor superior al del espécimen patrón B2.

Los resultados permiten concluir que el recubrimiento A solo formó una capa protectora externa en la cara superficial; el recubrimiento S alcanzó hasta 1 cm de profundidad, pero solo el recubrimiento I obtuvo una profundidad de penetración de 1,5 cm. Esta baja penetración del hidrofugante A en este concreto de tan alta porosidad permitió la degradación del mismo a tan temprana edad. Es importante indicar que, según la hoja de seguridad de este producto, es similar al S pero con una mayor concentración del silano (Tabla 4), por lo cual se esperaría un mejor comportamiento. Lamentablemente no fue posible certificar el porcentaje del componente activo de los recubrimientos evaluados.

4 CONCLUSIONES

1. Los resultados electroquímicos obtenidos para el acero en los especímenes con una relación a/c 0,40 indican que todas las barras están pasivas, independientemente de si tienen o no un recubrimiento hidrofóbico; sin embargo, el ISAT, la difusión de cloruros en el concreto y las pruebas FTIR indican la efectividad del recubrimiento E (mezcla de Trimethoxysilano y Tetraethoxysilano).
2. La profundidad de penetración de los recubrimientos E y S (base Silano) fue de apenas 5 mm, dada la baja porosidad de este concreto (relación a/c 0,40).
3. El recubrimiento E demuestra el mejor rendimiento, sin mostrar degradación después de más de 15 años de exposición en la Estación La Voz, Venezuela.
4. El recubrimiento S muestra degradación de la superficie, por lo tanto, después de 15 años de exposición, debe volver a aplicar.
5. El rendimiento de los agentes impermeabilizantes depende no solo del contenido y tipo de componente activo, sino también de la calidad del concreto.
6. La evaluación del perfil de iones cloruro, luego del período de exposición en La Voz (Corrosividad Extrema (CE)), permitió determinar no solo el comportamiento del recubrimiento a lo largo del tiempo, sino también su degradación.
7. El ensayo ISAT (no destructivo) resultó ser un método eficaz para evaluar el comportamiento de los agentes impermeabilizantes en campo; aunque no sustituye al método Fagerlund (destructivo), para su evaluación en el laboratorio.
8. Las barras de acero reforzado en todos los especímenes con relación a/c de 0,65, después de 5 años de exposición en La Voz, se encuentran en estado pasivo.
9. Los resultados del perfil de iones cloruro en el concreto (a/c = 0,65) y la prueba ISAT muestra que, después de 5 años de exposición, el recubrimiento A (base Alquilalcoxisilano) se ha degradado en la superficie; a pesar de que el FTIR indica la presencia del recubrimiento hasta 0,5 cm.
10. El recubrimiento S (relación a/c 0,65) demostró el mejor comportamiento después de 5 años de exposición; con una profundidad de penetración aproximada de 10 mm en el concreto.
11. El comportamiento del recubrimiento S fue mejor en condiciones de exposición natural en la atmósfera agresiva de La Voz, Venezuela, que en una prueba de laboratorio acelerada (contacto continuo con agua).
12. El recubrimiento I (mezcla de Silano/Siloxano) alcanzó la mayor profundidad de penetración en el concreto (>15 mm) y el segundo lugar en comportamiento.

© 2025 ALCONPAT Internacional

5 AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Estudios de la Corrosión de LUZ y al Laboratorio de Investigación Analítica de LUZ por el apoyo brindado en esta investigación.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castro P., Troconis de Rincón O., Pazini E.J. (2001). "Interpretación de perfiles de cloruros en concreto expuesto a ambientes marinos tropicales". Cement and Concrete Research. Volumen 31, pp 529 – 537.

Christodoulou, C., Goodier, C.I., Austin, S.A., Webb, J., Glass, G.K (2013). "Long-term performance of surface impregnation of reinforced concrete structures with silane". Construction and Buildings Materials. Volume 48, pp 708-716.

De Vries, J., Polder, R.B (1997). "Hydrophobic Treatment of Concrete". Construction and Buildings materials. Volume 11, Nº 4, pp 259-265.

Endoh, H., Taguchi, F (2010). "The Effect of using surface penetrate materials (silane type) to control the scaling of wheel-guard concrete on highway bridges". 6th Concrete Under Severe Conditions. Vol. 2 p.p. 1149-1156. CRC Press, Taylor & Francis Group, London UK, (2010). ISBN: 978-0-415-59316-8.

Johansson-Selander. A., Tragardh, J., Silfwerbrand. J (2010). "Water repellent treatments – The importance of reaching a sufficient penetration depth". 6th Concrete Under Severe Conditions. Vol. 2 p.p. 1173-1179. CRC Press, Taylor & Francis Group, London UK, (2010). ISBN: 978-0-415-59316-8.

Johansson-Selander. A., Tragardh, J., Silfwerbrand. J (2010). "Preventing chloride ingress in concrete with water repellent treatments". 6th Concrete Under Severe Conditions. Vol. 2 p.p. 1189-1194. CRC Press, Taylor & Francis Group, London UK, (2010). ISBN: 978-0-415-59316-8.

Khanzadeh Moradllo, M., Shekarchi, M., Hoseini, M (2012). "Time - dependant performance of concrete coatings in tidal zone of marine environment". Construction and Building materials. Volume 30, pp 198-205.

León Romero, M. (2013), "Evaluación de los revestimientos hidrofugantes para la protección de la armadura en un ambiente marino-costero tropical". Tesis de Grado para optar a la Maestría en Corrosión, Universidad del Zulia, Venezuela.

Liu, G., Gjorv, O.E (2010). "Effect of concrete surface hydrophobation against chloride penetration". 6th Concrete Under Severe Conditions. Vol. 2 p.p. 1157-1163. CRC Press, Taylor & Francis Group, London UK, (2010). ISBN: 978-0-415-59316-8.

Lopez A. (2014), "Evaluación de la durabilidad de recubrimientos hidrofugantes sobre concreto armado expuesto a ambientes marino-costeros". Tesis de Grado para optar a la Maestría en Corrosión, Universidad del Zulia, Venezuela.

Morón O., Troconis de Rincón O., García C., Arrieta I. y Bravo J. (2003). "Desarrollo de un modelo para la predicción de estructuras de concreto reforzado expuestos a ambientes marinos". Revista Técnica de Ingeniería de La Universidad del Zulia. Volumen 2, número 2. Maracaibo, Estado Zulia.

Parra, N. (2001). Estudio de revestimientos hidrofugantes en concretos Micro fisurados expuestos al ambiente marino. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo - Venezuela.

Troconis de Rincón O., et.al. Avaliação/Reabilitação de Estructuras em Ambientes Marítimos. Caso Histórico: Ponte de Maracaibo¨. Corrosão e Protecção de Materiais. INETI. Jul/Ago/Set, Vol. 25, No. 3. 2006. pp. 74-91

Troconis de Rincón O., et.al. (2007). "Effect of the marine environment on reinforced concrete durability in Iberoamerican countries: DURACON project/CYTED". Corrosion Science. Volume 49, pp 2832- 2843.

Troconis de Rincón O., Romero de Carruyo, A., Andrade, C., Helene, P., Díaz, I (2006). "Manual de Inspección, Evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado". DURAR red temática XV.B Durabilidad de la armadura, 4º Edición, ISBN 980-296-541-3.

Troconis de Rincón, O., Millano, V., Aboulhosn, M., Morales, C., Bravo, J., Sánchez, M., Contreras, D., Hernández, Y (2011). "Evaluation of Hydrophobic Concrete Coatings in Tropical Marine Environments". NACE International. Corrosion Science Section. Volume 67- Nº 11, article ID 115001.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Aditivos derivados del petróleo: Una alternativa para la fabricación de bloques de sobrecimiento impermeables

H. Cañola[*1], G. Barreto[2], A. Urrego[3]

*Autor de Contacto: Hernan.canola@colmayor.edu.co

La humedad capilar es un problema global que afecta la durabilidad de los muros en los primeros niveles de los edificios, y las soluciones actuales no lo abordan eficazmente. Esta investigación analizó la resistencia a la compresión, el coeficiente de succión capilar, la resistencia a la penetración de agua y la adsorción en bloques de concreto y asfalto reciclado. Los resultados indican que los bloques de asfalto reciclado tienen mejor desempeño en propiedades físicas, logrando impermeabilidad en succión capilar, aunque muestran menor resistencia a la compresión en comparación con bloques con emulsión de parafina y asfalto. En conclusión, los bloques de asfalto reciclado son la mejor opción para mitigar la humedad por capilaridad, excepto como elementos estructurales en mampostería para sobrecimientos.

Palabras clave: Bloque de sobrecimiento, Bloque de concreto, Emulsión de parafina, Humedad capilar, Succión capilar.

[1] Grupo de Investigación Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Medellín, Colombia.
[2] Universidad Católica del Norte, Departamento de Gestión de la Construcción, Antofagasta, Chile
[3] Grupo de Investigación Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Medellín, Colombia.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

La impermeabilización de los sistemas complementarios de cimentación como los sobrecimientos, juegan un papel crucial en la funcionalidad y durabilidad de las estructuras construidas. Las fundaciones, como base sólida sobre la cual se erige cualquier edificación, se encuentran expuestas a una variedad de desafíos ambientales que pueden comprometer su integridad con el tiempo. Esto debido a la presencia de sales en los suelos, variaciones en el nivel freático, las presiones y los cambios volumétricos del terreno (colapso y/o expansión). La infiltración de agua y la humedad en los sistemas de cimentación como los bloques de concreto, pueden conducir a problemas graves, incluida su degradación, la corrosión de armaduras y el debilitamiento general de la estructura de soporte y subestructura (Broto, Charles; Mostaedi 2006; Cañola et al. 2022; Fiol 2014; Florentin-Saldaña and Granados-Rojas 2009; Lopez et al. 2004; Muños, Hidalgo 1994; Rodrigo and Monk 2004). Para mitigar estos riesgos y garantizar un buen ciclo de vida de los edificios, se han desarrollado y perfeccionado diversos procesos de impermeabilización de fundaciones. Estos procesos involucran la aplicación de materiales y técnicas especificadas para prevenir la entrada de agua y humedad en los componentes subterráneos de una edificación. A continuación, se muestran algunas investigaciones que a nivel mundial han estudiado esta problemática y sus posibles soluciones.

Cañola et al. (2020) investigaron la influencia de las emulsiones asfálticas en morteros de adherencia utilizados en sistemas de sobrecimiento, como una alternativa para abordar los problemas de durabilidad relacionados con eflorescencias y humedad capilar. Su estudio demostró que el empleo de emulsiones asfálticas redujo en más del 50% la aparición de estas lesiones químicas y físicas. Sin embargo, el uso de estos aditivos bituminosos guarda una relación inversa con la pérdida de propiedades mecánicas, lo que conlleva una mejora en las características de impermeabilidad, pero una reducción en la resistencia a la compresión. Al igual que el autor anterior, Boltryk et al. (2013) (Bołtryk and Małaszkiewicz 2013) llevaron a cabo un experimento utilizando mezclas adicionadas con emulsión asfáltica con el propósito de desarrollar un mortero impermeable diseñado para proteger componentes estructurales expuestos a condiciones adversas en el suelo. En este estudio, se empleó cemento Portland junto con una emulsión asfáltica que demostró ser resistente a los efectos alcalinos y a la mayoría de ácidos. Las mezclas con emulsión asfáltica se incorporaron en tres concentraciones distintas en relación a la masa de cemento: 0%, 2%, y 4%. Los resultados indicaron que el uso de estas emulsiones mejoraba la impermeabilidad del concreto, pero al mismo tiempo reducía sus propiedades mecánicas. A pesar de su eficacia, es importante mencionar que los porcentajes de adición de emulsión asfáltica se consideraron relativamente bajos en este enfoque. Por otro lado, Książek (2014) (Książek 2014) llevó a cabo un estudio experimental con el propósito de identificar la manera en que el agua se infiltra en las estructuras de concreto. Durante esta investigación, se empleó azufre polimerizado como un componente adicional, destacándose su beneficio en términos de reutilización en la industria de la construcción. Los resultados revelaron que la incorporación de azufre polimerizado en el concreto condujo a una notoria reducción en la penetración de agua y, al mismo tiempo, disminuyó la absorción capilar del material de concreto. Al igual que los anteriores autores, existen otros investigadores que han estudiado otras técnicas de intervención a los problemas de humedad capilar, como lo establece Carrio (Carrio 1997; Monjo Carrió and Maldonada Ramos 2001), quien determino en sus estudios que, si en un sistema veneciano por cajeo como control a la humedad

por capilaridad, se utilizan barreras físicas como láminas de plomo, se podría erradicar de raíz las problemáticas derivadas de las patologías por esta tipología de lesión; sin embargo, para determinar realmente el comportamiento de los materiales mencionados previamente frente a la capilaridad, es indispensable evaluar su coeficiente de succión capilar.

Pese a los estudios mencionados, para determinar como un elemento constructivo es impermeable debe ser evaluado el coeficiente de succión capilar; es por esto que Zürcher et al. (2014) (Zürcher and Frank 2014) determina que si esta variable es menor que 0.030 (kg / (s1/2 m2)) se considera repelente al agua y con un coeficiente de absorción capilar menor que 0.008 (kg / (s1/2 m2)) se considera hidrófugo; este parámetro ha sido ampliamente estudiado por otros investigadores a nivel internacional para determinar el comportamiento de los materiales de construcción frente a la humedad ascendente (Cañola 2015; Cañola and Echavarria 2017; Piaia et al. 2013; Silva et al. 2013). Cabe resaltar que muchas investigaciones se han enfocado en analizar la impermeabilidad de morteros para aumentar su durabilidad frente a los problemas derivados de la humedad, sin embargo, como objetivo de esta investigación, se pretende evaluar el comportamiento de diversos sistemas de bloques elaborados con aditivos derivados del petróleo, respecto a sus coeficientes de succión capilar, lo anterior con la finalidad de determinar cuál de las alternativas es más eficiente frente a la humedad por capilaridad, respecto al coeficiente de succión capilar.

2 METODOLOGÍA

Dada la importancia de analizar el uso de aditivos derivados del petróleo en la fabricación de bloques impermeables para sobrecimientos, este estudio realizó la evaluación de 50 bloques y 15 probetas cilíndricas por cada tipo de material utilizado. Estos materiales incluyeron concretos con emulsión asfáltica, concretos con emulsión parafinada, y una mezcla de asfalto reciclado en frío para la fabricación de bloques de sobrecimientos. Las mezclas de concreto utilizadas, presentaban adiciones de los aditivos derivado del petróleo en porcentajes de 0%, 10%, 20%, 30% y 40% respecto a la cantidad de agua. Todos los bloques de concreto y probetas cilíndricas fueron elaboradas con cemento Portland tipo 1 de uso general, arena lavada y una relación agua cemento (a/c) de 0.35; dicha relación es comúnmente utilizada en la elaboración de prefabricados tipo bloques para sistemas de mampostería (Cañola and Echavarría 2017; Cañola and Echavarria 2017) . Las muestras de asfalto se prepararon utilizando residuos de asfalto (fresado) como único agregado al 100%, y se incorporó una relación del 15% de emulsión asfáltica en frío con respecto al peso del fresado. Los bloques se fabricaron utilizando una máquina hidráulica conocida como “Cinva Ram' a una presión de 147,6 kg/cm^2.

El desarrollo experimental se llevó a cabo en seis etapas para abordar la problemática de la humedad capilar. La primera etapa se basó en el análisis de la recurrencia de lesiones por humedad capilar en la ciudad de Medellín. La segunda etapa consistió en la caracterización de la granulometría de los áridos para la fabricación de las mezclas de concreto y fresado, siguiendo la norma ASTM D-422 (Method 1998). En la tercera etapa, se realizaron análisis de succión capilar en las probetas de acuerdo con los parámetros establecidos en la norma UNE 83.982 (83.982 2007). En la cuarta etapa, se llevaron a cabo ensayos de penetración de agua en los bloques utilizando el método RILEM CPC 11.2 (RILEM 1994), en la quinta etapa se realizaron ensayos de compresión en los bloques según lo establecido en la norma ASTM C90 (ASTM Internacional 2017), por

© 2025 ALCONPAT Internacional

último, en la sexta etapa se realizan pruebas experimentales de los bloques con mejores características físicas para determinar su efectividad frente a la succión capilar.

3 RESULTADOS

En la primera etapa de este estudio, se realizó un análisis de la incidencia de daños en viviendas con características físicas y socioeconómicas similares. El propósito de este análisis fue verificar que la humedad por capilaridad es la lesión más frecuente en la ciudad de Medellín (Cañola et al. 2022). Este análisis involucró un total de 18 hogares, y se llevaron a cabo inspecciones detalladas en elementos como fachadas, pisos (P), muros (M) y cubiertas (C) en diferentes áreas de cada edificación. El propósito de esta fase era determinar cuál de los problemas patológicos observados era más común en la muestra estudiada. La Tabla 1 proporciona una cuantificación de los daños según su tipología, y la Figura 1 muestra la ubicación de las viviendas objeto de estudio en la ciudad de Medellín.

Tabla 1: Cuantificación de lesiones patológicas por zonas de estudio, fuente (Cañola et al. 2022)

Tipo de lesión independiente de su magnitud	**Cuantificación y recurrencia de lesiones patológicas**									
	Área 1 (Fachada)	**Área 2 (Privadas)**			**Área 3 (Comunes)**			**Área 4 (Húmedas)**		
	(M)	**(C)**	**(M)**	**(P)**	**(C)**	**(M)**	**(P)**	**(C)**	**(M)**	**(P)**
Humedades	27	12	45	0	13	52	1	16	61	1
Suciedad	28	0	5	8	13	12	0	1	26	7
Erosión	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0
Vandalismo	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Grietas	4	4	14	2	1	9	2	2	10	3
Fisuras	0	0	3	0	0	14	0	0	2	1
Desprendimiento	12	7	11	1	13	17	0	9	14	0
Degradación vegetal	10	0	0	0	0	1	0	0	8	1
Degradación animal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oxidación	3	0	0	0	1	0	4	0	0	0
Corrosión	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Errores constructivos	7	1	1	0	3	8	0	1	0	0

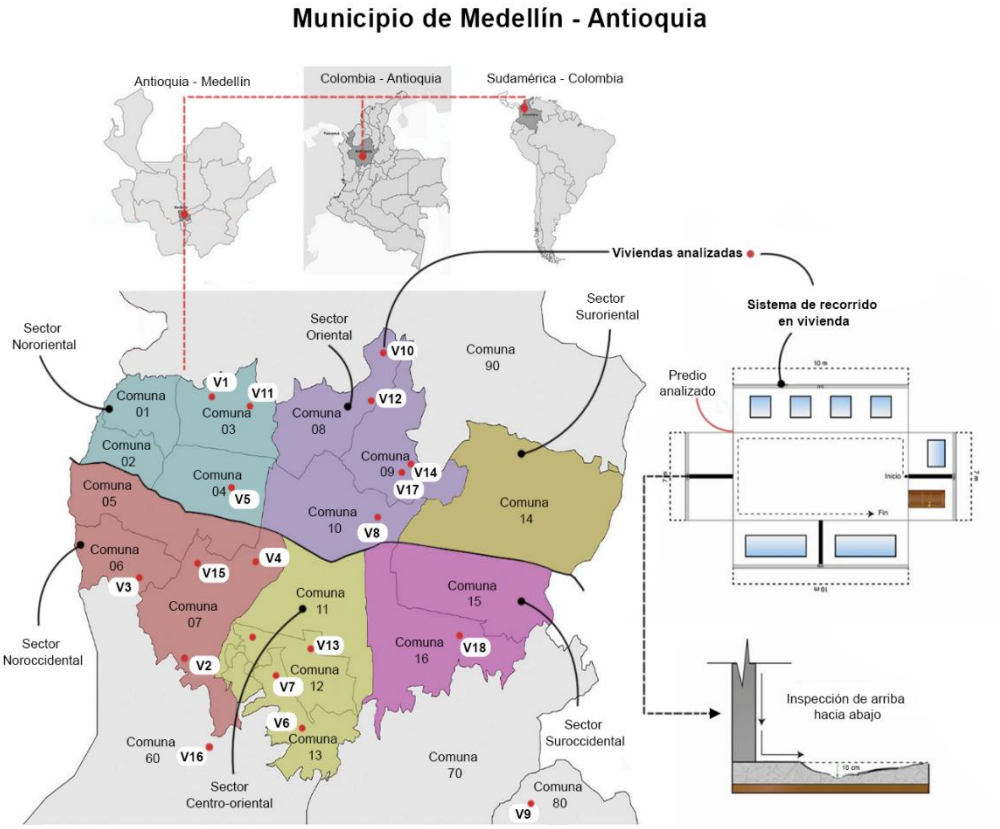


Figura 1: Localización geográfica de viviendas por sector, fuente (Cañola et al. 2022)

Después de completar el análisis de la recurrencia de lesiones patológicas, se determinó que los grupos de patologías más comunes en las viviendas analizadas corresponden a las lesiones físicas, que representan el 36% del total. Dentro de este grupo, las humedades son las más predominantes, constituyendo el 67% de todas las alteraciones físicas. Específicamente, las humedades por capilaridad son las más comunes, seguidas por el grupo de lesiones mecánicas, que representan el 28.2%. Los errores constructivos representan el 3.8%, las lesiones químicas el 2.2% y las lesiones biológicas el 3.2%.

Tras haber demostrado que las humedades por capilaridad son las lesiones más frecuentes en la ciudad de Medellín, respaldado por investigaciones previas (Cañola et al. 2022), se vuelve esencial investigar un sistema de barrera física que pueda mitigar este problema patológico. Por lo tanto, esta investigación se centrará en estudiar cómo diferentes sistemas de bloques, fortificados con productos derivados del petróleo, se comportan en relación a la succión capilar y su eficacia como barrera impermeable.

Para la etapa dos de esta investigación; una vez demostrada la problemática de humedad capilar, se procedió con la caracterización de los materiales que componen los diferentes sistemas de bloques; entre las características analizadas se encuentra la granulometría, la cual fue estudiada según parámetros de la norma ASTM D-422 (Method 1998).

© 2025 ALCONPAT Internacional

En la Tabla 2 se muestran los diferentes módulos de finura obtenidos, la tipología de arena y en la Tabla 3 se muestran las densidades de los materiales usados para fabricar las diferentes barreras físicas.

Tabla 2: Características granulométricas de los agregados utilizados en la fabricación de bloques.

Tipo de Bloque	Tipo de material granular	Módulo de finura	Tipo de arena
Bloque de asfalto	Fresado	4.76	Gruesas
Bloque de concreto con emulsión asfáltica	Arena de pega lavada	2.98	Media
Bloque de concreto con emulsión parafinada			

Tabla 3: Densidades de los materiales utilizados en la fabricación de bloques.

Tipo de Bloque	Materiales utilizados en la fabricación de bloques	Densidad (kg/m^3)
Bloque de asfalto	Fresado	1840
	Emulsión asfáltica en frio	1060
Bloque de concreto con emulsión asfáltica	Arena de pega lavada	1730
	Cemento	3150
	Emulsión asfáltica en frio	1060
	Agua	1000
Bloque de concreto con emulsión parafinada	Arena de pega lavada	1730
	Cemento	3150
	Emulsión parafinada	969
	Agua	1000

Una vez analizadas las propiedades físicas de los materiales utilizados en las diferentes tipologías de bloques, se procede con la tercera etapa, donde se estudió la succión capilar en las probetas de acuerdo a parámetros establecidos en la norma UNE 83.982 (83.982 2007). Para el análisis de succión capilar, se determina la porosidad efectiva (ζ), la resistencia a la penetración de agua (m), el coeficiente de absorción capilar (k) y la velocidad de absorción capilar ($\mathcal{2}$), en la Tabla 4 se muestran las ecuaciones de las variables con sus respectivas descripciones.

Tabla 4: Ecuaciones para análisis de succión capilar.

Propiedad	Ecuación		Descripción de variables
Porosidad efectiva	$\zeta = \frac{Q_n - Q_0}{Ah\rho}$	(1)	Donde, ζ es la porosidad efectiva (%) y ρ es la densidad del agua en (kg/m^3).
Resistencia a la penetración de agua	$m = \frac{t_n}{h^2}$	(2)	Donde m es la resistencia a la penetración del agua en (s/m^2), t_n es el tiempo en el punto crítico de saturación de la probeta en (s) y h es la altura o espesor total de la probeta en (m).
Coeficiente de absorción capilar	$k = \frac{Q_n - Q_0}{\sqrt{t_n}} \frac{1}{A}$	(3)	Donde k es el coeficiente de absorción capilar (kg / ($s^{1/2}$ m^2), Q_n y Q_0 son las masas de la probeta en el punto crítico y al inicio del ensayo respectivamente en (kg) y A es el área de succión de la probeta en (m^2).
Velocidad de absorción capilar	$\mathcal{Z} = \frac{Q_t - Q_0}{\rho A}$ vs $\sqrt{t}$	(4)	Donde, S es la velocidad de absorción capilar en ($m/s^{1/2}$) estimada según la norma UNE 83.982 [20] como la pendiente de una recta entre el origen y el punto crítico de saturación, Q_t es la masa de la probeta en el tiempo t en (kg) y t es el tiempo de saturación de la probeta en (s).

Para llevar a cabo el análisis, se emplearon 15 muestras cilíndricas (0.1 m de diámetro y 0.05 m de altura) de cada material, cada una de ellas con su correspondiente aditivo bituminoso. Las muestras se sometieron a un proceso de curado y secado a 105°C hasta alcanzar un peso constante, tras lo cual se aplicó un agente impermeabilizante en sus superficies laterales. Posteriormente, se dispusieron en un recipiente con 5 mm de agua durante el ensayo. Se registró el peso inicial antes de entrar en contacto con el agua (Figura 2) y, a partir de ahí, se procedió a medir el incremento de peso cada 10 segundos, que correspondía a la cantidad de agua absorbida. Todos los experimentos se llevaron a cabo a una temperatura ambiente promedio de 25°C y una humedad relativa promedio del 65% (Cañola and Echavarria 2017).

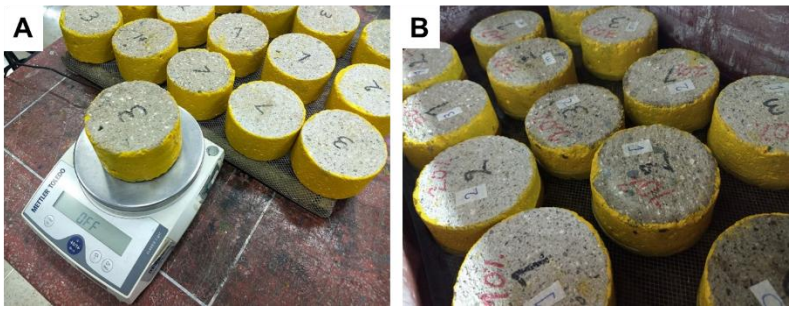


Figura 2: Ensayo succión capilar, A) Pesaje de muestras, B) Succión capilar de muestras cilíndricas.

Los resultados obtenidos del ensayo de succión capilar de las muestras cilíndricas de cada una de las muestras con sus respectivos aditivos bituminosos se muestran en la Tabla 5.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 5: Análisis de variables en ensayo de succión capilar.

Tipo de muestras	Cantidad de aditivo (%)	Porosidad efectiva ζ (%)	Resistencia a la penetración del agua *m* (10^6 s/m^2)	Coeficiente de absorción capilar *k* (kg/(s$^{1/2}$m^2))	Velocidad de Absorción capilar $\mathcal{Z}$ (10^{-4} m/s$^{1/2}$)
Muestras con emulsión asfáltica	0	29.0	9.210	0.096	0.70
	10	25.0	17.00	0.026	0.12
	20	13.4	31.00	0.011	0.04
	30	8.90	60.00	0.004	0.02
	40	7.80	119.0	0.004	0.02
Muestran con emulsión parafinada	0	25.0	9.300	0.076	0.60
	10	5.00	28.57	0.010	0.06
	20	4.00	30.76	0.007	0.04
	30	4.00	61.52	0.005	0.04
	40	4.00	59.26	0.005	0.04
Muestras de asfalto	100	0.00	133.33	0.00	0.00

Una vez realizado el análisis de succión capilar se procede con el ensayo de penetración de agua en los bloques, utilizando el método RILEM CPC 11.2 (RILEM 1994); para este ensayo se utilizó una pipeta de Karsten de 1 *cm²* de área y capacidad de 5 *cm³*, fijada a los bloques de concreto y asfalto mediante masilla impermeable. Se garantizó la sequedad y limpieza de la superficie de los bloques, verificando la ausencia de fugas. Se compararon los resultados con cada uno de los bloques por tipología de aditivo, midiendo la penetración de agua durante 10 minutos y realizando el registro datos; en la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos de este ensayo.

Tabla 6: Análisis de resistencia a la penetración de humedad por método Rilem.

Tipo de muestras	Número de muestras	Aditivo (%)	Resistencia a la penetración del agua promedio P_t (10^{-6} m^3)		
			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Muestras con emulsión asfáltica	10	0	4.5	0.28	6
	10	10	4.2	0.41	10
	10	20	2.2	0.23	11
	10	30	1.1	0.15	14
	10	40	0.2	0.02	11
Muestran con emulsión parafinada	10	0	4.5	0.20	5
	10	10	2.2	0.14	6
	10	20	1.1	0.14	13
	10	30	0.3	0.02	7
	10	40	0.2	0.02	8
Muestras de asfalto	50	100	0.1	0.02	17

Realizados todos los análisis respecto a las propiedades físicas con relación a la succión capilar, se procedió con el análisis de propiedades mecánicas mediante ensayos de resistencia a la compresión (a los 28 días) por tipología de bloque utilizado, según parámetros de la norma ASTM C90 (ASTM Internacional 2017), los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Análisis de Resistencia a la Compresión.

Tipo de Bloque	Aditivo (%)	Número de muestras	Resistencia a la Compresión (MPa)
Bloques con emulsión asfáltica	0	10	12.85
	10	10	11.40
	20	10	10.67
	30	10	10.12
	40	10	7.85
Bloques con emulsión parafinada	0	10	12.85
	10	10	12.35
	20	10	11.25
	30	10	9.85
	40	10	8.25
Bloques de asfalto	100	50	6.80

Después de analizar las propiedades físico-mecánicas, se determina que la mejor alternativa en términos de impermeabilidad son los bloques de asfalto, aunque presentaron el menor rendimiento mecánico. Cabe destacar que, según los parámetros normativos locales NSR-10 (norma sismo resistente colombiana), los bloques de asfalto pueden utilizarse como elementos no estructurales. Por lo tanto, en la etapa final, se procede a analizar este material en condiciones extremas para evaluar su efectividad. Para este análisis, se construyeron dos muretes de 1 m x 1 m: el primero con sobrecimientos de bloques de asfalto y el segundo con un sistema de mampostería tradicional. Ambos muros se erigieron en un tanque llenado con agua hasta alcanzar un nivel de 5 cm por encima de la altura de los muros. Durante un período de 2 meses, se supervisaron los cambios en el nivel capilar de los muros, manteniendo constantemente el nivel del agua. Pasados los dos meses, se inspeccionaron los muros en busca de la presencia de sales, material orgánico y humedad capilar. Estos análisis demostraron la eficacia del sistema de sobrecimiento como barrera física contra la humedad capilar en la ciudad de Medellín. La Figura 3 ilustra el proceso llevado a cabo.

© 2025 ALCONPAT Internacional

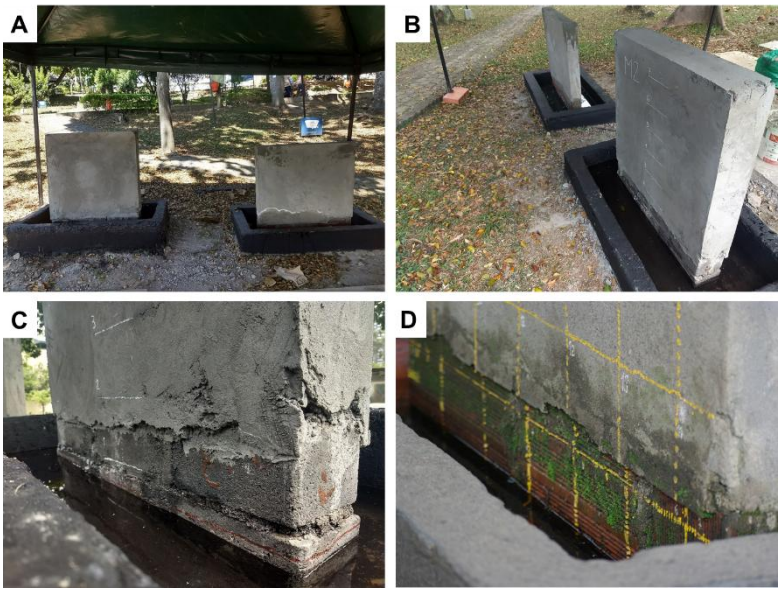


Figura 3: Prueba de succión capilar, A-B) Muretes construidos sobre tanque, C) Sistema de sobrecimiento libre humedad posterior a dos meses de análisis, D) Sistema tradicional con presencia de eflorescencias y material vegetal después de dos meses.

4 CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se establece que los aditivos derivados del petróleo como las emulsiones asfálticas y emulsiones parafinadas, desempeñan un adecuado comportamiento frente a la humedad capilar, lo anterior debido a que los bloques realizados con 40% de aditivos para el caso de la emulsión asfáltica y emulsión parafinada son considerados como un material hidrófugo, debido a que sus coeficientes de succión capilar son menores a 0.008 (kg / (s1/2 m2)) [13], sin embargo los bloques de asfalto presentaron un coeficiente de succión capilar menor a 0 0.008 (kg / (s1/2 m2)), lo que los convierte en la mejor alternativa como barrera impermeable para los problemas de capilaridad en la ciudad de Medellín.

Por otro lado, cabe resaltar que las propiedades físicas en los tres sistemas de bloques son inversamente proporcionales a las propiedades mecánicas, sin embargo, los tres sistemas mostraron propiedades mecánicas similares con los máximos contenidos de aditivos derivados del petróleo; propiedades que son avaladas por parámetros normativos como la NSR-10 para ser implementados en sistemas no estructurales de mampostería.

Respecto a las propiedades mecánicas, los bloques de concreto con adiciones de emulsión asfáltica presentaron el mejor desempeño, seguidos de los bloques con emulsión parafinada y bloques de asfalto, sin embargo peso a que los sistemas de bloques presentaron un buen desempeño respecto a los análisis de succión capilar; en próximas investigaciones se recomienda analizar otras variables como la adherencia entre morteros y bloques y estudiar los aditivos derivados del petróleo pero aplicados a morteros de pega.

5 BIBLIOGRAFÍA

1. ASTM International. (2017). *ASTM-C90-122117 Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry U*nits. https://doi.org/10.1520/STP24968S

2. ASTM International. (1998). *Astm D-422 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*. https://doi: 10.1520/D0422-63R07E01.2

3. Bołtryk, M; Dorota, Ma. (2013), *"Application of Anionic Asphalt Emulsion as an Admixture for Concrete".* 40:556–65. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.110

4. Broto, C; Mostaedi, A. (2006). *"Enciclopedia Broto. Patologías de La Construcción".* Barcelona.

5. Cañola, H. (2015). "Bloque impermeable de asfalto reciclado comprimido". Colombia NC2017/0006873. Superintendencia de Industria y Comercio. https://sipi.sic.gov.co/sipi/Extra/IP/Mutual/Browse.aspx?sid=638623477935824032

6. Cañola, H; Echavarría, C. (2017), *Bloques de Concreto Con Aditivos Bituminosos Para Sobrecimiento Concrete Blocks with Bitumen Emulsion for Foundation Walls*. Ingeniería y Desarrollo. 35(2): 491-512.

7. Cañola, H; Echevarria, C. (2017), *Concrete Blocks with Paraffin Wax*. Lámpsakos. (17):14–19. http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2346

8. Cañola, H; Granda, F; Vengas, k; Arroyave, J; Urrego, A. (2022). *"Análisis de Recurrencia de. Lesiones Patológicas En Edificaciones Residenciales de Baja Altura En La Ciudad de Medellín"* in: Euro-American Congress. Construction pathology, rehabilitation technology and heritage management, Rehabend 2022. Granada.

9. Carrio, J. (1997). *"Patología de Cerramientos y Acabados Arquitectónicos (2ª Ed.) (Nueva Edición Adaptada al Código Técnico de La Edificación)"*. Munillaleria, Madrid.

10. Carrió, J; Maldonada L. (2001). *"Patología y Técnicas de Intervención En Estructuras Arquitectónicas".* MUNILLALER. Barcelona.

11. Fiol, F. (2014). *"Manual de Patología y Rehabilitación de Edificios".* Burgos: Universidad de Burgos.

12. Florentin, M; Granados, R. (2009). *"Patologías Constructivas En Los Edificios Prevenciones y Soluciones".* FADA. Paraguay.

© 2025 ALCONPAT Internacional

13. Książek, M. (2014). *"The Biocorrosion of City Sewer Collector Impregnated Special Polymer Sulfur Binder - Polymerized Sulfur Applied as the Industrial Waste Material".* Construction and Building Materials 68:558–64. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.06.077.

14. Lopez, F; Ventura, J; Ubeda, P. (2004). *"Manual de Patología de La Edificación, Tomo 3: Lesiones Debidas a Las Humedades. Patología de Cubiertas y Fachadas".* Madrid: Univerdiad Politecnica de Madrid.

15. Monk, F. (2004). "Investigación y Diseño Para La Aplicación de Métodos Para Evaluar Patologías". Revistainvi 19:108–27.

16. Muños, M. (1994). *"*Diagnosis y Causas En Patología de La Edificación*".* Madrid.

17. Piaia, J; Zanchet, C; Cheriaf, M; Mustelier, N. (2013). *"Measurements of Water Penetration and Leakage in Masonry Wall: Experimental Results and Numerical Simulation".* Building and Environment 61:18–26. doi: 10.1016/j.buildenv.2012.11.017.

18. RILEM. (1994). *CPC 11.2 Absorption of Water by Concrete by Capillarity*. https://doi: 10.1617/2351580117.017

19. Silva, Y; Burgos, D; Valencia, W; Delvasto; Alvarez, J. (2013). *"Concretos Autocompactantes a Partir de Lodo Calcáreo de La Industria Papelera".* Revista de La Construcción 12(2):166–76. https://doi: 10.4067/S0718-915X2013000200013.

20. UNE: PrUNE 83.982. 2007. "Durabilidad Del Hormigón. Determinación de Agua Por Capilaridad Del Hormigón Endurecido, Método Fagerlund".

21. Zürcher, C; Frank, T. (2014). *"Physique Du Bâtiment: Construction et Énergie"*. 1st ed. Hochschulvlg AG an der ETH Zürich. Zürich

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Estudio de la adherencia a partir del comportamiento en la flexión de vigas reforzadas usando concreto con alto desempeño (CAD)

R. Rojas[1*]; J. Yépez[1]; V. De Lima[1]; F. Gonçalves[1]; L. Santos[2]; D. Costa[2]

RESUMEN

La adherencia entre el concreto convencional (CC) y el concreto con alto desempeño (CAD) es esencial para asegurar una fuerte conexión entre ambos materiales en proyectos de refuerzo estructural. El presente trabajo estudia los tipos de falla y estima la resistencia de adherencia por corte en la flexión de nueve vigas reforzadas con CAD, con y sin fibras. El CAD fue caracterizado por su resistencia en compresión, con valores superiores a 700 kgf/cm², así como por su capilaridad, absorción de agua e índice de vacíos, mostrando una reducción significativa después de 28 días de curado. La técnica de resonancia magnética nuclear (RMN) fue aplicada para estudiar el proceso de hidratación del CAD, mostrando curvas decrecientes del tiempo de relajación longitudinal.

Palabras clave: Concreto con Alto Desempeño; Adherencia; Corte en la flexión, Refuerzo, Vigas

[1] Laboratório de Geotecnia e Concreto, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Rio Grande FURG, Rio Grande, Brasil.
[2] Centro Integrado de Análise (CIA), Escola de Química, Universidade Federal de Rio Grande FURG, Rio Grande, Brasil.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Son varias las razones que pueden comprometer el desempeño de las estructuras fabricadas en concreto armado, entre ellas la imposibilidad de sustentación, errores en el diseño o ejecución de la obra, aumento de la capacidad de carga o destrucción causada por eventos climáticos extremos, ver Figura 1. Reconstrucción de edificaciones afectadas por las recientes inundaciones ocurridas en el estado de Rio Grande del Sul (RS) Brasil, requerirá la realización de proyectos económicamente viables y obras de refuerzo, que tendrán como objetivo restaurar la capacidad estructural, respetando criterios de seguridad, durabilidad y resiliencia.



Figura 1. Daños en ciudad (RS) causada por evento climático. Fuente: Diário Metrópoles, 2024

Alternativas de refuerzo comúnmente usadas requieren la fabricación de nuevas capas de concreto (refuerzo) que se coloca sobre el elemento existente (substrato), creando una superficie de interfaz entre materiales de diferentes edades (Abi-Samara, 2004). Sólo el solapamiento entre concretos puede provocar grietas y desprendimientos indeseables de los elementos que se pretenden unir, (Beushausen y Alexander, 2008). En esa región vulnerable se debe garantizar la perfecta adherencia de la unión, pues la incompatibilidad de deformaciones entre concretos de diferentes edades puede generar tensiones en la interfaz de conexión, creando un área sensible a la falla (Li y Li, 2011). La conexión entre sustrato y refuerzo es decisiva para el desempeño, durabilidad y efectividad de todos los servicios de recuperación estructural, ya que cuando no se analiza y diseña adecuadamente puede causar serios problemas y comprometer la estructura, (Canaval et al., 2018). Las causas que conducen a la ineficiencia de esta unión están relacionadas con varios factores, como la preparación de la superficie del sustrato, la forma de aplicación del concreto de refuerzo, el curado, e incluso factores ambientales. Sin embargo, las principales influencias para el fallo de la conexión son la mala ejecución de la conexión y la retracción de diferentes magnitudes entre materiales con diferentes edades (Doria et al., 2015). La preparación de la superficie donde habrá una unión entre el concreto viejo y el nuevo es uno de los aspectos claves para obtener una alta calidad en este tipo de conexiones, es decir, asegurar la adhesión en la interfaz permitirá que el refuerzo funcione de la forma en que fue diseñado (Bissonnette et al., 2013).
Además de garantizar la adhesión entre sustrato y material de refuerzo, la nueva capa de concreto debe tener espesor suficiente para colocar el refuerzo, respetando el recubrimiento y la separación entre cabillas, según la normativa brasileira (ABNT/NBR 6118, 2023). El espesor del recubrimiento aumenta según la gravedad de la agresión ambiental, provocando que la nueva capa de refuerzo sea más gruesa en las zonas costeras, aumentando los costos. En este escenario, el concreto con alto desempeño (CAD) surge como un material alternativo, permitiendo reducir el costo total de la obra de refuerzo estructural (Tanaka et al., 2002). Gran parte de la literatura adopta

como parámetro definitorio para el CAD aquellos que tienen una relación agua-cemento (a/c) o agua-aglutinante (a/ag) inferior a 0,4. En este trabajo se entiende por desempeño no sólo la resistencia mecánica, sino también la trabajabilidad, la estética, el acabado, la integridad y, principalmente, la durabilidad (Tutikian et al., 2018).

Las obras de refuerzo son costosas, además de los materiales y bajo rendimiento, estos servicios requieren mano de obra especializada (Canaval et al., 2018). Usando CAD esos valores pueden ser optimizados, el material llega a alcanzar valores de resistencia superiores a 900 Kgf/cm² en compresión y 70 Kgf/cm² en tracción, características que permiten reducir el espesor de la capa de refuerzo generando economías. En presencia de fibras (CADRF) el material continúa soportando cargas después de alcanzar el límite elástico, aumentando la ductilidad y reduciendo la formación de grietas (Thanh L., 2008). Otra propiedad ventajosa del CAD es la baja porosidad, que puede determinarse en función de la capilaridad y el índice de vacíos del material (Mazer et al., 2021).

La porosidad influye en la fluencia, pues a mayor porosidad más fácil es el movimiento interno del agua absorbida, con consecuencias negativas para el material (De Lima, 2020). Las tensiones presentes en la estructura se transmiten al material sólido, que termina presionando lentamente la capa de agua interlaminar, promoviendo su desplazamiento hacia los poros adyacentes e provocando deformaciones parcialmente irreversibles (Cruz et al., 2021). Es necesario una baja porosidad del material de reparación, ya que la zona a rellenar con este material será más vulnerable a los ataques de agentes ambientales externos (Decter and Keeley, 1997). Tanto la adherencia como la porosidad de la interfaz tendrán una influencia significativa en el éxito del refuerzo estructural.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el comportamiento de CAD y CADRF como material de refuerzo a colocar sobre en vigas fabricadas con CC de resistencia a la compresión igual a 300 kgf/cm². Se fabricaron y ensayaron, a flexión en cuatro puntos, nueve vigas de 150x150x500 mm, con un entalle inferior de forma trapezoidal, en cuya cara previamente se generó rugosidad superficial. Los resultados experimentales se muestran de forma resumida, pues los mismos forman parte de documento de patente de invención que se encuentra en trámite en la FURG. Los ensayos mecánicos para caracterizar el material fueron los mecánicos (compresión y tracción), de capilaridad e índice de vacíos de la matriz CAD que fueron comparados con los ensayos de Resonancia Magnética Nuclear (RMN).

2 PROCEDIMIENTO

2.1 Materiales

El diseño de mezcla del CAD puede ser visualizado em la Tabla 1, el mismo contempla principalmente el Cemento tipo CP-V ARI, escoria de alto horno y arena fina con tamaño máximo de 1,18 mm, microsílica y superplastificante Viscocrete 3535-Sika.

Tabla 1. Diseño de mezcla del CAD (relación en peso). Fuente propia.

Materiales	Cantidad
Cemento CPV-ARI	1
Escoria de alto horno	0,37
Microsílica	0,17
Arena fina	1,1
Superplastificante	0,04
Agua	0,25

© 2025 ALCONPAT Internacional

Para la fabricación del CADRF fueron usadas fibras de polipropileno de 50 mm de longitud, con una relación longitud diámetro de 96, con resistencia a la tracción de 5500 kgf/cm². Las mezclas fueron producidas siguiendo una planificación experimental, fueron definidas cuatro mezclas, con dos factores controlables: (i) contenido de cemento y (ii) relación a/c, ver Tabla 2. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) sobre la respuesta experimental para conocer la importancia de cada factor sobre la variable de respuesta, es decir, sobre la resistencia a la compresión.

2.2 Fabricación de la mezcla

Los materiales secos son pesados y colocados en la mezcladora de forma ordenada: microsílica, cemento, escoria de alto horno y arena fina, para luego mezclar durante 5 minutos antes de agregar el superplastificante previamente mezclado con agua. El procedimiento dura un total de 12 minutos, hasta que el material alcanza una consistencia densa, pastosa y húmeda. En este estado la mezcla se considera lista y es entonces cuando se vierte en los encofrados. En el caso de CADRF, las fibras se colocan y se mezclan durante dos minutos más. Las muestras se almacenan y se cubren con una manta plástica durante 24 horas, luego de lo cual se colocan en una cámara húmeda hasta el día del ensayo. Las pruebas mecánicas se realizaron después de 56 días de curado, utilizando una prensa de capacidad de 30000 kgf a una velocidad de 5 kgf/cm²/seg.

Tabla 2. Diseños de mezcla base (kg/m³). Fuente propia.

Materiales	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4
Cemento CPV-ARI	478	716	478	716
Escoria de alto horno	263	263	263	263
Microsílica	119	119	119	119
Arena fina	788	788	788	788
Superplastificante	20	30	20	30
Agua	120	215	143	179

2.3 Ensayos de compresión uniaxial y flexión

Fueron fabricados y ensayados 24 cilindros de CAD de 5 cm de diámetro y 10 cm de altura, siguiendo la normativa brasileira (ABNT/NBR 5739, 1994; ABNT/NBR 7215, 1995) y el planeamiento experimental definido previamente, ver Figura 2. Los resultados de resistencia a la compresión (fcm) fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA), sirviendo como herramienta para elegir la mezcla que alcanzó el mayor valor de fcm.

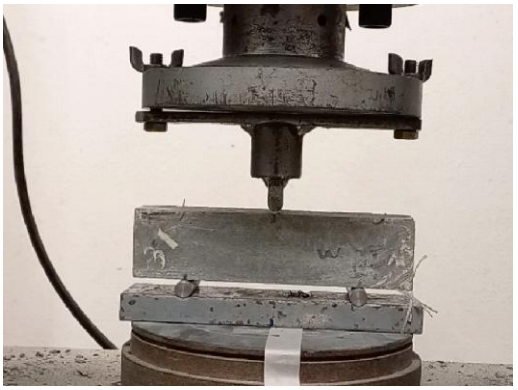


Figura 2. Ensayo de flexión en tres puntos. Prismas fabricados con CADRF. Fuente propia.

Los factores controlables fueron ajustados hasta alcanzar los valores porcentuales que se mostraron en la Tabla 1. La resistencia en la flexión elástica del CAD (fctm) fue determinada a partir de ensayos de flexión de tres puntos sobre 18 prismas de 4cmx4cmx16cm (ABNT/NBR 13279, 2005). Los resultados fueron tratados en función de la desviación estándar, a partir de la media, en valor absoluto, descartando los datos fuera del desvio. Los valores elásticos de ambas resistencias fueron calculados para realizar comparaciones con los resultados de la adherencia.

2.4 Capilaridad y relación de vacíos

Para estudiar la capilaridad (C), la absorción de agua (A) y el índice de vacíos (Iv) del CAD se fabricaron y ensayaron 10 prismas de 4 cm x 4 cm x 16 cm siguiendo la normativa brasileira (ABNT/NBR 9779, 1995; ABNT/NBR 9778, 2005) ver Figura 3. Esos valores proporcionaron una estimativa de la durabilidad del material y fueron usados para realizar comparaciones con la literatura consultada y con los ensayos de Resonancia Magnética Nuclear (RMN).



Figura 3. Ensayos de capilaridad, absorción de agua e índice de vacíos. Fuente propia.

2.5 Ensayos de resonancia magnética nuclear (RMN)

Las mediciones del tiempo de relajación longitudinal (T1) se obtuvieron mediante RMN 1H. La preparación de las muestras se realizó fracturando y triturando (sobre tamiz granulométrico con malla de 75 µm) muestras provenientes de cilindros CAD en dos concentraciones equivalentes a 0,007 mg/mL (C1) y 0,015 mg/mL (C2), con 28 días de curado. Las muestras fueron diluidas en una solución agua:agua deuterada (H2O:D2O) en una proporción 90:10 (v/v), y luego analizadas en un dispositivo Bruker modelo Ascend 400 (Centro de Análisis Integrado, FURG CIA), 400 MHz. para líquidos y procesados mediante el software TOPSPIN. Para ello se utilizó la secuencia de pulsos de recuperación inversión (180°-tau-90°), con una duración de 5 y 10 μs a 21 °C. Las mediciones de T1 se tomaron cada hora durante un período total de 24 horas (Santos et al., 2023).

2.6 Resistencia al corte en la flexión

Las mezclas de CAD y CADRF se colocaron en el entalle que se muestra en la Figura 4, con una rugosidad superficial previamente creada por medios manuales. Los prototipos de vigas con la capa de refuerzo fueron fabricados y probados según las directrices de la normativa francesa (NF P 18-851, 1986). Esta norma define las condiciones para probar la adherencia de un producto o sistema

© 2025 ALCONPAT Internacional

de productos destinados a la reparación superficial del concreto endurecido. Consiste en aplicar el producto rellenando una muesca realizada en una de las caras de la probeta y sometiéndola a un ensayo de flexión en cuatro puntos bajo momento constante.



Figura 4. Fabricación de las vigas usando CAD como material de refuerzo. Fuente propia.

La configuración utilizada en este trabajo se muestra en la Figura 5. Se fabricaron nueve vigas utilizando CC premezclado, con una resistencia a la compresión de 300 kgf/cm². Para el material de refuerzo, se colocó CAD en cinco vigas y CADRF en las cuatro restantes. El ensayo de flexión en cuatro puntos se realizó sobre las probetas después de 56 días de curado, según la configuración que se muestra en la Figura 5.

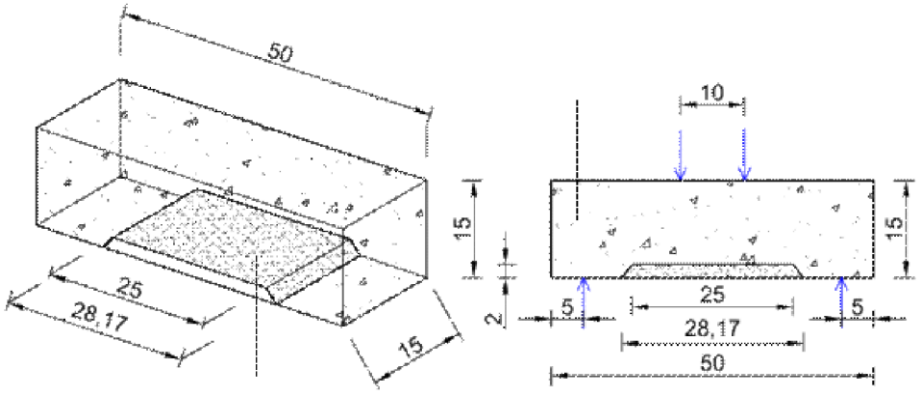


Figura 5. Arreglo del ensayo de resistencia a la adherencia. NF-P-18-851, 1986 modificado.

Son aplicadas fuerzas concentradas a la superficie superior de una muestra prismática de doble soporte, a 10 cm de distancia, con la reparación hacia abajo. En la interfaz entre la superficie horizontal de concreto y la reparación, surgen esfuerzos de corte puros, mientras que, en las dos caras inclinadas de la interfaz, se combinan esfuerzos de corte y tracción.
El tipo de ruptura es fundamental para la interpretación de los resultados, y puede ocurrir de cinco formas diferentes: (i) ruptura del concreto únicamente, sin comprometer el sistema de reparación (Tipo C); (ii) rotura monolítica con grieta que atraviesa la reparación y se propaga a través del concreto (Tipo M); (iii y iv) fisura inclinada con desprendimiento de la reparación (Tipos I-1 y I-

2) y, (v) con desprendimiento de la reparación y posterior fisuración del concreto (Tipo D), como se ve en la Figura 6 (Madeiro, 2019 apud Gusmão, 2017).

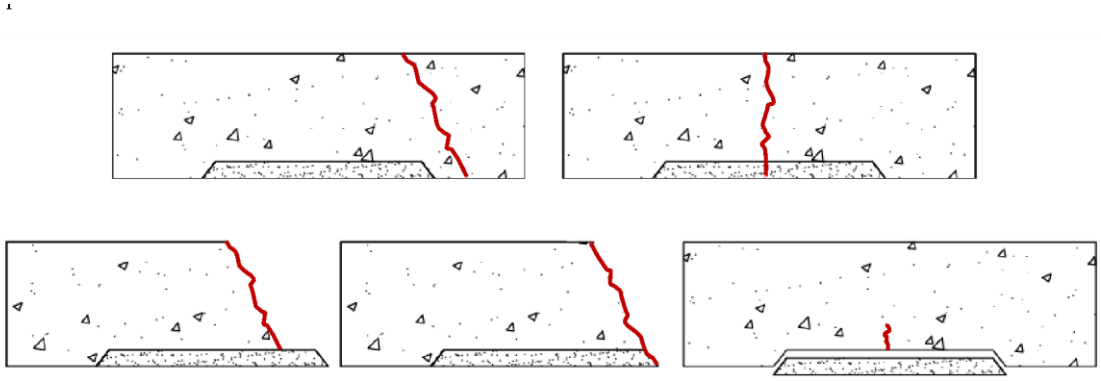


Figura 6. Tipos de falla ensayo de adherencia (Madeiro,2019 apud Gusmão, 2017) modificado

El cálculo de la resistencia de adherencia a cortante por flexión (fbd,cf) dependerá del tipo de falla que presente el elemento y fue estimado utilizando la Ecuación 1, siempre que el tipo de falla que se presenta en la probeta ensayada sea tipo I-1, I-2 o D (fbd,cf = τ). Cuando el tipo de falla que presenta el elemento es por corte o flexión (C o M) el valor de resistencia de adherencia será igual o mayor y se estimará utilizando la Ecuación 1 (fbd,cf ≥ τ). En la ecuación, V es la fuerza cortante interna, Q es el momento estático, I es el momento de inercia y t es el ancho de la sección transversal.

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} \quad (1)$$

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS CRÍTICO

La resistencia a la compresión promedio obtenida para el CAD fue fcm=744 kgf/cm² utilizando las proporciones indicadas en la Tabla 1, que fueron definida con apoyo de ANOVA, ver Tabla 3.

Tabla 3. Resultados ANOVA. Fuente propia.

Factores controlables	SQ	GDL	MQ	Teste F
A: Contenido de cemento	367,56	1	367,56	10,57
B: Relación a/c	97,45	1	97,45	2,80
AB	167,89	1	167,89	4,83
Erro	34,79	8	4,35	
Total=	**667,68**	**11**		

La resistencia a la tracción en la flexión promedio fue fctm=146,2 kgf/cm². Los resultados del análisis de varianza se muestran en la Figura 7, se comprobó que la mayor significancia corresponde al contenido de cemento.

Los resultados de las pruebas de capilaridad (C en gr/cm²) para prismas CAD con fcm=744 kgf/cm² se muestran en las curvas de la Figura 8, con 7 y 28 días de curado. La absorción de agua por

© 2025 ALCONPAT Internacional

capilaridad disminuyó con el tiempo de curado en un 63%, 59%, 43%, 63%, 62% a las 3, 6, 24, 48 y 72 horas respectivamente. Los resultados de las pruebas de absorción de agua (A en %) e índice de vacíos (Iv en %) para prismas CAD con fcm=744 kgf/cm² también se muestran en la Figura 8, ambos con 7 y 28 días de curado. Los valores de A e Iv para 7-28 días de curado fueron 2,95%-1,39% y 6,45%-3,03% respectivamente, valores inferiores y acordes con los resultados obtenidos por otros autores en la bibliografía consultada (Gianotti, 2006; Gusmão, 2017).

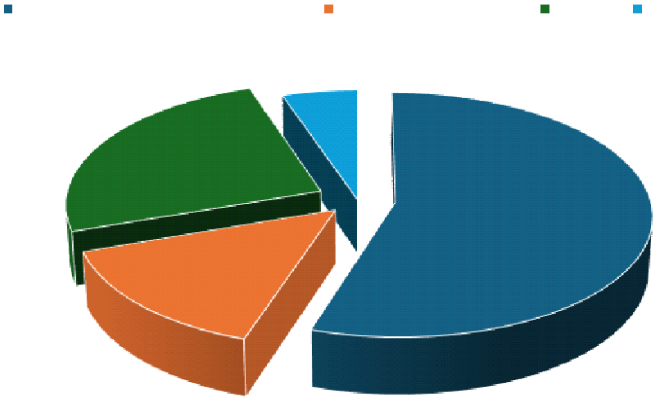


Figura 7. Resultados ANOVA para análisis previo de las mezclas CAD. Fuente propia.

Con esos resultados es factible esperar que el diseño de mezcla desarrollado para el CAD en este trabajo tenga óptima durabilidad, con baja permeabilidad a agentes ambientales agresivos. A e Iv disminuyeron con el tiempo en aprox. 47%.

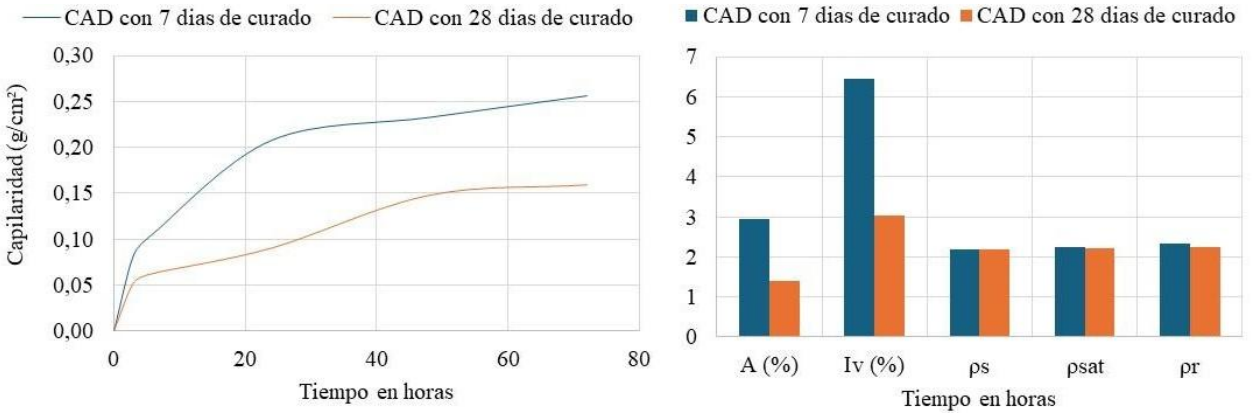


Figura 8. Resultados del ensayo de capilaridad (C), absorción de agua (A) e índice de vacíos (Iv) para el CAD. Fuente propia.

Las curvas de tiempo de relajación longitudinal (T1) del CAD a concentraciones C1=0.015 mg/mL y C2=0.007 mg/mL en función del tiempo (análisis de 0 a 24 horas después de la hidratación del polvo de concreto) se muestran en la Figura 9, con valores de T1 obtenidos por RMN H1 mediante la secuencia de pulsos de recuperación de inversión. La curva C1 se comporta de acuerdo con el proceso de endurecimiento del material. Los resultados de RMN indicaron que CAD en concentración C1 (0,015 mg/mL) demostró una cinética de hidratación comparable al trabajo de

Jin et al. 2019, refiriéndose al llenado de los poros con agua a lo largo del tiempo. En otras palabras, la reducción de los valores de T1 es proporcional al aumento de la relación gel (concreto)/espacio (poros). A su vez, la relación gel/espacio se correlaciona con la resistencia a la compresión del material y está en línea con la disminución de los valores de C, Iv y A, a lo largo del tiempo, como fue mostrado en la Figura 8.

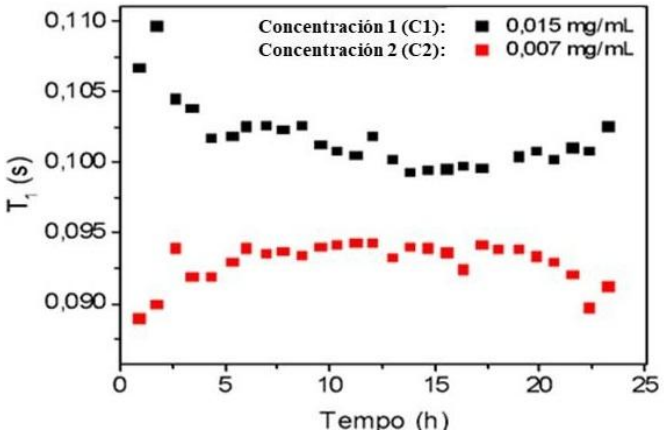


Figura 9. Resultados ensayos de RMN para el CAD. (Santos et al. 2023)

Este comportamiento no se observó para CAD en la concentración C2 (0,007 mg/mL). A esta concentración, parece no haber habido progresión en el llenado de los poros durante el período evaluado. A partir de estos datos se estableció como referencia para las pruebas de cinética de hidratación la concentración de CAD de 0,015 mg/mL. Esta concentración está siendo utilizada en la planificación experimental del CAD, incluyendo en su composición un nuevo aditivo sustentable, con estudios en curso en el Centro Integrado de Análisis (CIA) y en el Laboratorio de Concreto de la FURG, con vistas a la presentación de una patente de invención.
Respecto a los ensayos mecánicos, se realizaron pruebas de flexión en cuatro puntos sobre las vigas reforzadas con CAD y CADRF, en las Figuras 10 y 11 se pueden apreciar los tipos de falla.

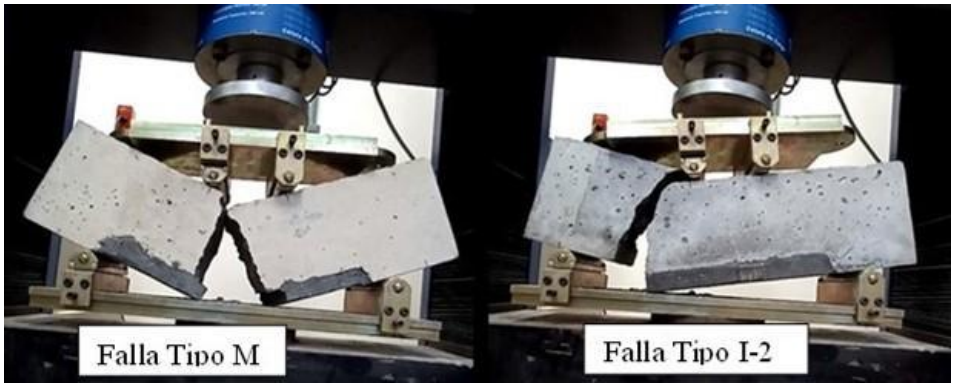


Figura 10. Fallas por flexión y corte en vigas reforzadas con CAD. Fuente propia.

En la imagen de la izquierda de la Figura 10 se puede observar que la falla fue en flexión Tipo M, y en la imagen de la derecha fue Tipo I-2 por corte con desprendimiento del refuerzo fabricado con CAD. En la Figura 11 ambos tipos de falla fueron por corte con desprendimiento del material de

© 2025 ALCONPAT Internacional

refuerzo fabricado con CADRF, siendo el Tipo I-1 en la viga superior de la imagen y el Tipo I-2 en la inferior. Los valores promedio de resistencia de adherencia al corte por flexión se calcularon con la Ecuación 1 y se muestran en la Tabla 4.

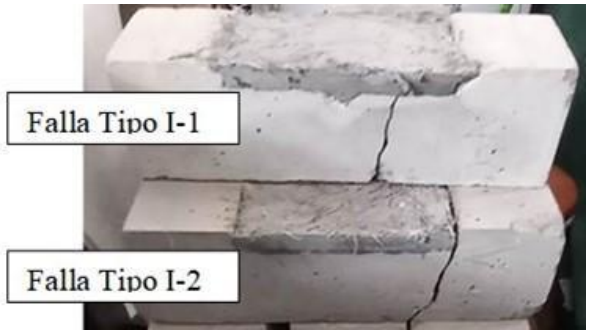


Figura 11. Tipos de falla en vigas reforzadas con CADRF, ambas por corte. Fuente propia.

Tabla 4. Resistencia a la adherencia (fbd,cf). Fuente propia.

Material	Tipo de falla	fbd,cf (kgf/cm²)
CAD	Flexión	≥ 4,2
	Corte	2,9
CADRF	Corte	3,7
	Corte	3,6

De las nueve vigas analizadas, tres probetas reforzadas con CAD presentaron fallas por flexión Tipo M, con valores de resistencia de adherencia calculados considerando la carga a la que falla el elemento en flexión, alcanzando un valor promedio de 4,2 kgf/cm².

El hecho de que la falla por flexión ocurra primero se convierte en una indicación para estimar el valor de 4,2 kgf/cm² como límite inferior de la resistencia de adherencia por corte en la flexión (fbd,cf). El resto de las vigas fallaron por adherencia a cortante, con valores de resistencia hasta un 33% mayores en las fabricadas con CADRF.

Los resultados de fbd,cf encontrados en la literatura consultada se describieron sólo de manera cualitativa, dependiendo del tipo de falla (Madeiro, 2019; Gusmão, 2017 y Abi-Samara, 2004). Esos autores mostraron resultados cuantitativos para otros ensayos de resistencia de adherencia, que son equivalentes a los realizados en el presente estudio, como por ejemplo de corte oblicuo en compresión (fb,coc) y corte directo (fc,cd). Ambos ensayos arrojan valores con diferencias significativas, destacando que el primer caso mencionado tiene a la compresión favoreciendo la adherencia. En la prueba directa, los resultados para fc,cd obtenidos por Gusmão, (2017) son similares a los obtenidos en el presente trabajo para fbd,cf.

Las propiedades del material de reparación y sustrato en este estudio son significativamente diferentes, aspectos que pueden haber influido tanto en los resultados obtenidos para fbd,cf como en el despegado del refuerzo ocurrido en algunas de las pruebas. Otros aspectos que pudieron influir en la separación del refuerzo son la rugosidad aplicada por medios manuales y el tipo de fibras usadas. Para reducir la presencia de tensiones en la interfaz entre concretos de diferentes edades, autores como Madeiro (2019), Gusmão (2017) y Matos (2002) recomiendan que la reparación y el sustrato tengan propiedades similares, reduciendo así las diferencias en la deformabilidad de ambos

materiales. Sin embargo, desde otro punto de vista, CAD y CADRF son materiales muy utilizados en los países industrializados para el refuerzo estructural, con excelentes resultados de rendimiento y durabilidad. En ese sentido investigación sobre el tema considerando diferentes tipos de tratamientos superficiales en el sustrato y tipos de fibras son recomendados.

4 CONCLUSIONES

Las mezclas CAD y CADRF fueron desarrolladas con propiedades que garantizan durabilidad a largo plazo, caracterizadas por un índice de vacíos de 3,03% y una capacidad de absorción de agua de 1,39% después de 28 días de curado. Las pruebas de RMN verificaron el adecuado proceso de hidratación a nivel de la microestructura del material.

El comportamiento mecánico del CAD fue caracterizado por su resistencia de 744 kgf/cm² de compresión y de 146,2 kgf/cm² de tracción en la flexión. Los valores de resistencia de adherencia a cortante en la flexión (fbd,cf) se determinaron a partir de vigas fabricadas con concreto convencional, reforzadas con mezclas de concreto con alto desempeño, con y sin fibras (CADRF y CAD respectivamente). Los valores obtenidos superaron los 4,2 kgf/cm² y fueron iguales a 3,7 kgf/cm² en probetas reforzadas con CAD y CADRF respectivamente, mostrando concordancia con ensayos similares sometidos a tracción. Las diferencias en las propiedades mecánicas de los materiales de refuerzo y sustrato pueden tener influencia en la obtención de mayores valores para fbd,cf, sin embargo, esa hipótesis es difícil de verificar para esta prueba específica, ya que resultados experimentales son escasos en la literatura.

Se recomienda repetir el estudio usando otros tipos de fibras y diferentes tratamientos de rugosidad superficial en la interfaz, así como también, estudiar el comportamiento em vigas usando CAD tanto como sustrato base como material de refuerzo estructural.

5 AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al programa Centelha2 de la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), quienes financiaron la presente investigación.

6 REFERENCIAS

Abi-Samara Santana Leandro. (2004), *"Estudo da aderência entre concretos de diferentes idades"*, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 103p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2007). *NBR 5739: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão – Método de ensaio*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2023). *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro, 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1995). *NBR 7215: Cimento Portland Determinação da Resistência à Compressão*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005). *NBR 9778: Determinação de absorção de água, índice de vazios e massa específica.* Rio de Janeiro.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1995). *NBR 9779: Argamassa e concreto endurecido – Determinação de absorção de água por capilaridade*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005). *NBR 13279: Argamassa e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e na compressão*. Rio de Janeiro.

Beushausen, H.; Alexander, M. G. (2008), *Bond strength development between concrete of different ages*. Magazine of Concrete Research, v. 60, n. 1, 2008, p. 65-74. https://www.researchgate.net/publication/250072793_Bond_strength_development_between_concretes_of_different_ages

Bissonnette, B.; Courard, L.; Beushausen, H.; Fowler, D.; Trevino, M.; Aysburd, A. (2013), *Recommendations for the repair, the lining or the strengthening of concrete slabs or pavements with bonded cement-based material over lays*. Materials and Structures, v. 46, p. 481- 494. https://link.springer.com/article/10.1617/s11527-012-9929-8

Canaval, J. H.; Da Silva, T. J.; Santos, A. C. (2018), *Estudo experimental em vigas de CA reforçadas à flexão por encamisamento e concreto*. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, v. 11, n. 4, 2018, p. 810-833. https://www.scielo.br/j/riem/a/tJ6rG3sVZT5dLrYJcT44WDF/?lang=pt

Cruz, L.; Junges, E.; Pellanda, L. (2021). *"Comparação entre métodos simplificados e refinados para o cálculo de flechas diferidas em vigas contínuas de concreto armado"*. XII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Congresso Virtual, 2021.

De Lima, P. F. (2020), *"Fluência em concretos de ultra-alto desempenho: modelos de previsão e simulação computacional",* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, 101p.

Decter, M. H.; Keeley, C. (1997), *Durable concrete repair – importance of the compatibility and low shrinkage*. Construction and Building Materials, v. 11, n. 5, p. 267-273. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061897000470

Diário Metrópoles. Tragédia no Rio Grande do Sul repercute na imprensa europeia. Data de publicación 09 de mayo de 2024. "Disponible en: https://www.metropoles.com/mundo/tragedia-no-rio-grande-do-sul-repercute-na-imprensa-europeia" Acceso en: 25 de septiembre de 2024

Doria, M.; Sales, A.; Andrade, N. (2015), *Aderência aço-concreto e entre concretos de diferentes idades em recuperação de estruturas*. Revista RIEM Estruturas e Materiais, v. 8, n. 5, p. 604-624. https://revistas.ibracon.org.br/index.php/riem/article/view/550

Giannotti da Silva, F. (2006), *"Estudo de concretos de alto desempenho frente à ação de cloretos",* Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 236p.

Gusmão, A.C. (2017), *"Aderência do concreto de pós reativos ao concreto convencional",* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, UFV, 166p.

Jin, D.; Lang, Z.; Yao, W. (2019), *Analysis of Early Performance of Cement Paste by Low Field NMR*. Applied Sciences Journal. pp. 896. https://www.mdpi.com/2076-3417/9/5/896

Li, M.; Li, C. V. (2011), *High-early strength engineered cementitious composites for fast, durable concrete repair: its fol just online journalism*. ACI Material Journal. Miami. https://www.researchgate.net/publication/298499593_High-Early-

Strength_Engineered_Cementitious_Composites_for_Fast_Durable_Concrete_Repair-Material_Properties

Madeiro, A. F. I. (2019), *"Estudo da aderência entre concreto e argamassas"*, Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Rio de Janeiro, UERJ, 157p.

Mattos, F. V. (2002), *"Contribuição ao Estudo de Argamassas de Recuperação Superficial em Estruturas de Concreto Armado"*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 194p.

Mazer, W.; Ferreira, O.; Borges, R.; Pontes, P. (2021), *Análise de reforço estrutural com concreto de ultra-alto desempenho.* Brazilian Journal Development, v. 7, n. 7, p. 74164-74183. https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/33456

NF P 18-851 (1986). *Special products for hydraulic concrete constructions*. Bending test on a hollowed out and repaired sample.

Pedrosa de Lima, F. (2020), *"Fluência em concretos de ultra-alto desempenho: modelos de previsão e simulação computacional",* Dissertação de Mestrado. UFAL, 101p.

Santos, A. L.; Rojas, R.; Yepez, J.; Clementin, R.; Cabrera, D.; De Lima, V. (2023). *"Hidratação de UHPC: Estudos de Tempo de Relaxação Longitudinal por Ressonância Magnética Nuclear"*. 64º Congresso Brasileiro do Concreto, 64CBC2023 IBRACON, Florianópolis.

Tanaka, Y., Musya, H., Ootake, A. (2002). *"Design and Construction of Sakata-Mirai Footbridge Using Reactive Powder Concrete"*. In: Proc. Of 1st fib Congress Concrete Structure in the 21st Century, Osaka, Japan, v.1, p.103-104.

Thanh, L. (2008), *"Ultra-high-performance fiber reinforced concrete paving flags",* Thesis PHD University of Liverpool, 670 p.

Tutikian, B., Cechella, G., Helene, P. (2011), *"Concreto de alto e ultra-alto desempenho"*. Concreto: Ciência e Tecnologia. IBRACON. 2011, 44p.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Caracterización de concretos elaborados con cemento adicionado (tipo CPCA) en estructuras en funcionamiento.

H. Bolognini[1*], O. Troconis[2], I. Pena[3], J. Espinoza[4]

hbolognini@gmail.com, oladistdr@gmail.com, ingkarinp@gmail.com, joseespinozaloyo@gmail.com

RESUMEN

Se presenta la caracterización de concretos elaborados en estructura, el objetivo fue caracterizar el concreto elaborado con CPCA, comparar estos resultados con evaluación realizada en Laboratorio. Se presentaron limitaciones sobre la base del muestreo y tipo de ensayos; se presenta de manera ilustrativa los resultados obtenidos de la caracterización realizada. Siguiendo los criterios de la Norma de Durabilidad se designa el ambiente de exposición tipo C3, siendo la carbonatación la posible causa de corrosión. Se aplicaron ensayos de evaluación como Resistencia a la compresión, Velocidad de ultrasonido, Porosidad aparente, profundidad de carbonatación. Se aplicaron a tres casos evaluados, demuestran que el concreto con el uso del CPCA es poroso, baja resistencia y de espesor carbonatado; que implica baja durabilidad.

Palabras clave: Cemento Adicionado; Corrosión; Durabilidad; Concreto Armado, CPCA.

[1,3] Departamento de Ingeniería de la Construcción, Decanato Ingeniería Civil, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Venezuela.
[2] Centro de Corrosión, Facultad de Ingeniería , La Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
[4] ESBO Patología y construcción, Barquisimeto, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

El estudio se realizó en estructuras en funcionamiento, donde algunos de sus elementos estructurales fueron construidos con dicho material. Inicialmente, se procedió a caracterizar dichos concretos sobre la base de las propiedades que definen la calidad del concreto puesto en obra, a través de ensayos, que permitieron la caracterización del mismo. Algunos de estos fueron realizados en sitio como carbonatación, ultrasonido y otros en laboratorio tales como resistencia a la compresión y porosidad; según los procedimientos establecidos. Una vez obtenido los resultados de los ensayos, fue posible establecer la caracterización de estos concretos. Vale destacar que, para la definición de ensayos y muestreo de estos, se presentaron ciertas limitantes al momento de abordar los casos en estudio. Esto debido a que el permiso por parte de los propietarios para la evaluación era limitado, no obstante, se pudo recabar información valiosa para el presente trabajo.

2 PROCEDIMIENTO

Al efecto se evaluaron 3 casos de estudio:

2.1 Caso 1 Caso de estudio edificación de uso industrial

- Tipo de Edificacion: Nave Industrial “Galpon”.
- Ubicación: La estructura esta ubicada en la zona industrial II, adyacente a la Avenida Circunvalacion Norte. Barquisimeto, Municipio Iribarren, Estado Lara.
- Edad de la Estructura: Al momento de realizar las evaluacion, la edad era un año y cuatro meses aproximademente.
- Resistencia Caracteristica: Para los elementos de concreto armado elaborados con cemento adicionado su resistencia de diseño fue de 210 kg/cm^2.

2.2 Caso 2 Caso Edificación de uso Comercial

- Tipo de Edificacion: Centro Comercial
- Ubicación: Cabudare, Municipio Palavecino, Estado Lara.
- Edad de la Estructura: Al momento de realizar las evaluacion la edad era 4 años.
- Resistencia Caracteristica: Para los elementos de concreto armado elaborados con cemento adicionado su resistencia de diseño fue de 250 kg/cm^2.

2.3 Caso 3 Caso Edificación de uso habitacional

- Tipo de Edificacion: Viviendas
- Ubicación: Cabudare, Municipio Palavecino, Estado Lara.
- Edad de la Estructura: Al momento de realizar la evaluacion la edad era de 4 años.
- Resistencia Caracteristica: Para los elementos de concreto armado elaborados con cemento adicionado su resistencia de diseño fue de 210 kg/cm^2.

Para la caracterización de los tres casos seleccionados se emplearon los siguientes ensayos:

Ensayo de Ultrasonido (Figura 1). El ensayo por ultrasonido es un método no destructivo, el cual se emplea para determinar la homogeneidad y la integridad estructural del concreto, es una variable física y cualitativa. El ensayo consiste en medir el tiempo que tarda una onda ultrasónica en atravesar la masa de concreto con el objetivo de obtener información acerca de las propiedades del concreto, cavidades, roturas, presencia de grietas y deterioro debido a la agresividad del medio.



Figura 1. Ensayo de ultrasonido.

No obstante, es importante señalar que los resultados dependen del tiempo de exposición; ya que en estos concretos se esperaría carbonatación del concreto, lo cual afecta los valores determinados.

La Tabla 1 muestra los criterios de evaluación (manual DURAR), para esta medida.

Tabla 1. Criterios de Evaluación para el ensayo de Ultrasonido

VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN (m/s)	CALIDAD DEL CONCRETO
< 2000	Deficiente
2000 a 3000	Normal
3001 a 4000	Alta
>4000	Durable

Extracción de núcleos. Sobre la base de lo establecido en el Manual DURAR (1998) y la NORMA COVENIN 345 – 04, se extrajeron los núcleos de los elementos estructurales seleccionados, para los ensayos de resistencia a la compresión y evaluación de la porosidad. La cantidad de extracciones dependió de los permisos dados en cada uno de los casos estudiados. Las dimensiones

© 2025 ALCONPAT Internacional

de los núcleos dependieron principalmente de la distribución del acero pues éste no debía ser afectado durante la extracción, resultando el diámetro de cada núcleo de 2" (dos pulgadas).

Resistencia a la compresión: COVENIN 338-2002 Para la evaluación del comportamiento mecánico de las mezclas elaboradas, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión; sometiendo los resultados obtenidos de cada núcleo la cual fija los siguientes criterios de aceptación y rechazo los cuales se deben de cumplir simultáneamente.

Porosidad aparente: ASTM C642-90. Se procedió a determinar la porosidad aparente de las muestras, las cuales están referidos al aumento de peso del material seco, hasta lograr su condición de saturado con superficie seca debido a la penetración de agua en sus poros permeables.

El procedimiento para realizar este ensayo fue:

- Se secaron las muestras superficialmente y se pesaron para conocer el peso saturado de la muestra en estudio.
- Se pesaron las muestras inmersas en agua con una balanza hidrostática y se determinó el peso sumergido.
- Se secaron las muestras en el horno a una temperatura de 105°C durante 72 horas y se pesaron, obteniendo el peso seco de la muestra.
- Luego se procedió a calcular la porosidad de la muestra con la siguiente ecuación:

$$\%Pa = \frac{PesoSaturado - PesoSeco}{PesoSaturado - PesoSumergido} * 100 \qquad [4]$$

Donde:

- %Pa: Porosidad aparente
- Peso Húmedo: peso de las probetas saturadas y secadas superficialmente.
- Peso Seco: peso del material luego de haber sido secadas durante 72 horas en horno a una temperatura de 105°C.
- Peso Sumergido: peso del material inmerso en agua por medio de una balanza hidrostática.

Criterios de evaluación: Según lo establecido en el manual DURAR en cuanto al porcentaje (%) de porosidad (Tabla 2).

Tabla Nº 2. Criterios de valoración de porosidad. [4]

REFERENCIAS DE PORCENTAJES DE POROSIDAD	
≤10%	Indica un concreto de buena calidad y compacidad
10% - 15%	Indica un concreto de moderada calidad
>15%	Indica un concreto de durabilidad inadecuada

Profundidad de carbonatación

A través de este ensayo se determina la resistencia a la carbonatación que posee el concreto por el método de vía húmeda, con el indicador ácido/base fenolftaleína.

En un periodo de tiempo no mayor a 15 minutos, luego de haber realizado el corte, se procedió a limpiar la superficie con una brocha con la finalidad de que se encuentre libre de polvo; luego se aplicó por atomización el indicador fenolftaleína en forma uniforme y se procedió a medir el espesor de la franja que indica penetración de la carbonatación haciendo una media de al menos tres lecturas por lado.

Una vez obtenido el promedio general de profundidad de carbonatación para las probetas, se procedió a calcular el valor de la constante Kco_2 la cual vienen dada por la expresión.

$$K_{CO_2} = \frac{X_{co_2}}{\sqrt{t}} \qquad [4]$$

Dónde:

$$X_{co_2} = profundidad\ de\ carbonatación$$
$$t = tiempo\ de\ exposición$$



Figura 2. Medición de la profundidad de la carbonatación (zona incolora).

3 RESULTADOS

Como se explica, como fase final de la evaluación de la durabilidad de concretos elaborados con cementos adicionados, se procedió a la caracterización de concretos elaborados con este material, en estructura erigidas. Vale destacar que dicha evaluación no corresponde a un diagnóstico patológico formal, puesto que las edificaciones a las cuales se pudo realizar la evaluación y que se contó con el visto bueno de los propietarios o encargados para la realización de ensayos, no presentaron fallas evidentes o algún deterioro, por tanto, el objetivo fue caracterizar el concreto elaborado con cemento CPCA, comparar estos resultados con la evaluación realizada en Laboratorio y estimar su durabilidad.

Es importante resaltar que no solo se tuvo dificultad en ubicar las edificaciones donde se permitiera la evaluación, sino además que se garantizara el uso del cemento CPCA en dichas estructuras. Además, se presentaron limitaciones ajenas al autor, sobre la base del muestreo y tipo de ensayos a realizar; sin embargo, se presenta de manera ilustrativa los resultados obtenidos de la

© 2025 ALCONPAT Internacional

caracterización realizada que permite evidenciar cierta concordancia con los resultados de la investigación.

Es importante destacar que siguiendo los criterios de la Norma de Durabilidad se designa el ambiente de exposición como un ambiente tipo C3, ya que el concreto está en el exterior expuesto a la acción de un ambiente de altas temperatura y aguas de lluvia alcanzando humedades relativas mayores al 70%, siendo la carbonatación la posible causa de corrosión.

La Tabla 3 muestra los resultados promedios de la evaluación química y físico-mecánica de los concretos utilizados en las diferentes estructuras evaluadas.

Tabla 3. Resultados de la Evaluación Físico-Mecánica a Elementos de las Estructuras evaluadas

EDIFICACION	Resistencia a compresión (kg/cm2)	Ultrasonido (m/s)	Porosidad (%)	K carbonatación (mm/año0,5)	Espesor carbonatado (mm)
CASO 1	146	2033,9	21,30	8,38	11
CASO 2	137	2144,55	20,35	4,10	5
CASO 3	133	1840,2	17,62	3,67	7

Como se observa en la Tabla 3, las resistencias promedias obtenidas, para cada uno de los elementos de concretos evaluados, son muy bajas (< 133 kg/cm^2); incumpliendo la norma Venezolana COVENIN 1753-2006; la cual establece una resistencia a la compresión mínima de 210 kg/cm^{2,} para un concreto de uso estructural. Ningún resultado individual fue igual o mayor al 75% de 210 kg/cm^2 (157,5 kg/cm^2). Según la Norma COVENIN 1976-03, ambos criterios deben cumplirse para poder aceptar el concreto empleado para la construcción de elementos estructurales.

Adicionalmente, según la información suministrada para cada caso de estudio, la resistencia de diseño de estos concretos fue de 250 kg/cm^2; lo cual no se cumplió en ningún caso a más de un año de su fabricación. Estos resultados coinciden con los de Ultrasonido; donde para el caso 1, el rango de valores de ultrasonido fue de 2033.90 m/s para el caso 2 de 2144,55 m/s y para el caso 3 1840,2 m/s, los cuales, según los criterios de valoración establecidos por el manual de DURAR, se establece como concretos de calidad Normal a Deficiente. Esto, aun tomando en consideración que además el concreto se encuentra muy carbonatado, lo cual incide en la medida de ultrasonido, dando resultados mayores a los que realmente tiene el concreto.

Por otra parte, los resultados de carbonatación también demuestran la mala calidad de estos concretos, inclusive para estos ambientes; donde las velocidades de carbonatación fueron, en general, mayores a 6 mm/año^{0,5} ; al igual que las altas porosidades determinadas (> 18 %). Es importante indicar que los tiempos estimados para que las barras se activen, utilizando la ecuación [8].son de 6 años para el caso 1, 12 años para el caso 2 y 8 años para el caso 3, indicando con esto que sobre la base de las condiciones de exposición evaluadas todos los casos alcanzarán la activación de la barra antes de su vida útil esperada.

Los tres casos evaluados, demuestran que el concreto obtenido con el uso del cemento adicionado CPCA es poroso, con un riesgo de corrosión moderado y de muy baja resistencia a la compresión y al fenómeno de carbonatación; lo que implica baja durabilidad y cierta amenaza estructural, existiendo concordancia entre estos resultados y los resultados experimentales del presente trabajo. Esto fortalece la hipótesis de que el uso de cementos CPCA en concretos estructurales es inadecuado con el uso de métodos de diseño y colocación convencionales.

4 CONCLUSIONES

1. El uso de cementos adicionados tipo CPCA en la elaboración de concreto estructural, resulta inconveniente al no garantizar las propiedades mecánicas, físicas y químicas requeridas para lograr un funcionamiento mecánico correcto y durable, requiriendo ajustes adicionales para su uso en este tipo de elementos.
2. Los cementos adicionados tipo CPCA fabricados en Venezuela y evaluados en este trabajo de investigación no cumplen con los requisitos mínimos establecidos en la norma venezolana para su uso en la elaboración de concreto estructural.
3. La resistencia a la compresión del concreto preparado con el cemento tipo CPCA es mucho menor que la obtenida al utilizar Portland I.
4. El concreto preparado con cemento CPCA tiene una menor durabilidad y mayor vulnerabilidad ante la agresividad del medio ambiente en comparación con los concretos elaborados con cemento Portland tipo I.
5. Los casos reales evaluados permitieron demostrar los resultados obtenidos mediante ensayos acelerados y en estaciones de prueba naturales; donde los concretos elaborados con cementos adicionados no satisfacen las condiciones mínimas de resistencia a la compresión y durabilidad.
6. Los cementos evaluados para ser utilizados en la fabricación de concreto estructural y puedan alcanzar las resistencias de diseño esperadas, deberán emplearse con dosificaciones de cementos mayores a las convencionales, requiriendo con esto ensayos de prueba para la conformidad del diseño de mezcla y las proporciones requeridas.
7. Limitar el uso de estos cementos para la elaboración de concreto de uso estructural, a menos que se realicen los ensayos pertinentes para su conformidad.
8. Informar a los ingenieros civiles sobre las características físicas y mecánicas de los concretos elaborados con cemento Portland tipo CPCA y así evaluar el uso del mismo de acuerdo a las características de proyecto requeridas.

5 AGRADECIMIENTOS

Agradeciendo al Departamento de Ingeniería de la Construcción, Decanato Ingeniería Civil, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Venezuela. Al Centro de Corrosión, Facultad de Ingeniería, La Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. Por su aporte y participación en los trabajos realizados.

© 2025 ALCONPAT Internacional

6 REFERENCIAS

1. J, Porrero. y otros., Manual Del Concreto Estructural. Primera Edición. Sidetur, Caracas, 2004.
2. Norma Venezolana COVENIN 3134-2004/ASTM C-150. Cemento Portland con Adiciones Requisitos. FONDONORMA.
3. Norma COVENIN 483-92. Cementos y sus constituyentes. Definiciones. FONDONORMA.
4. O. Troconis. y col Red DURAR [15], Manual para la inspección, evaluación y diagnóstico de la corrosión en estructuras de concreto reforzado, CYTED, Maracaibo, Venezuela, 1998.
5. R,Solís y E. Moreno (2006) "Análisis de la porosidad de concreto con agregado calizo", Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
6. R, Barrios y E, Salom, (2007). "Comparación de las propiedades del concreto fresco endurecido para mezclas elaboradas con cemento CPCA 1 y portland tipo I".
7. J, González y H, Bolognini.(2008). "Comparar las propiedades físicas, mecánicas de los cementos adicionados y Portland Tipo I producidos por dos fábricas reconocidas en la región Centroccidental"
8. J, Tobón y R, Kazes-Gómez (2008) desempeño del cemento portland adicionado con calizas de diferentes grados de pureza. Dyna (156) 177-184.
9. García y otros (España, 2010), "Estudio del efecto sumidero de CO2 de los materiales de base cemento."
10. O. Troconis. y col, "Impacto del ambiente tropical en la durabilidad de las estructuras de concreto armado" Revista de la Universidad del Zulia 3ª época, Año 2 Nº 2, 100 – 154, 2011.
11. H, Bolognini y Colaboradores (2011) "Prevención de daños y rehabilitación de estructuras de concreto armado Un Enfoque integral…" Editorial Horizonte primera edición 2013.
12. H, Bolognini N. Martínez, O. Troconis de Rincón "Caracterización química y físico-mecánica de cementos adicionados de filer calizo en Venezuela" Revista Alconpat. Mexico 2015.
13. American Concrete Institute ACI 201.2R- 01 (2001). Guide to Durable Concrete Farmington Hills, Michigan., USA.
14. Norma Venezolana COVENIN 1976:2003. Concreto. Evaluación y métodos de ensayo. FONDONORMA.
15. ASTM C642-90 Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete
16. ASTM C 876 Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete
17. ASTM STP 1276 Techniques to Assess the Corrosion Activity of Steel Reinforced Concrete Structures
18. Norma Venezolana COVENIN 345:80. Método para la extracción de probetas cilíndricas y viguetas de concreto endurecido. FONDONORMA.
19. ACI 211.1-91 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete
20. ASTM C595 / C595M - 12 Standard Specification for Blended Hydraulic Cements.
21. UNE-EN 196-1:2005 Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de resistencias mecánicas.

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Propiedades físicas y mecánicas del concreto fabricado con agregado grueso reciclado con granulometría controlada: problemas patológicos que plantea

R. Torres[1*], J. Gonzalez[2]

* ronaldtorres9221@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se estudia experimentalmente el concreto con agregado grueso con granulometría controlada, como alternativa para la elaboración de concreto estructural, estudiándolo con profundidad para diferentes dosificaciones, determinando sus propiedades físicas y mecánicas. Con base en los resultados obtenidos se concluye que es posible utilizar el agregado reciclado para elaborar concreto estructural y se proponen rangos para su uso estructural y no estructural acordes con el desempeño del material para las diferentes dosificaciones empleadas. Sin embargo, su uso tiene implicaciones que pueden generar procesos patológicos, como el aumento de la permeabilidad y la porosidad, disminución del módulo de elasticidad generando estructuras más flexibles con mayores distorsiones de entrepiso, los esfuerzos de adherencia disminuyen y la longitud de desarrollo aumenta.

Palabras clave: Agregado reciclado, Concreto, Sostenibilidad, Materiales, Patología.

[1] Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.
[2] Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS).

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

La ecología y medio ambiente están adquiriendo mayor importancia a nivel mundial, afectando directamente a la industria de la construcción por el tipo de actividades que desarrolla y que pueden ocasionar efectos perjudiciales al entorno, aparte de que son cada vez más escasos los recursos primarios para la elaboración del concreto.
La industria de la construcción genera una gran cantidad de residuos de construcción y demolición. La utilización de los desechos de construcción y demolición permite disminuir una cantidad importante de estos desechos, ya que de otro modo son generalmente depositados en lugares inadecuados. Cuando los desechos de construcción son debidamente tratados y clasificados, se obtienen materiales que pueden ser aptos para su utilización como agregado en la elaboración de nuevos concretos, Zega, C.J., y otros (2018). A simple vista, el agregado reciclado presenta características diferentes a la de los agregados naturales, ya que posee una textura superficial rugosa y porosa, producto del mortero adherido a las partículas de agregado natural.
El proceso de reciclaje del concreto es un procedimiento utilizado en muchos países sobre todo de la Unión Europea donde es ya una realidad, sin embargo, en Venezuela hay pocas investigaciones formales sobre el tema, podemos mencionar las realizadas por Guardia y Soto (2008), Meléndez y Pérez (2014).
El reciclaje representa una alternativa muy atractiva frente a la utilización de materias primas naturales, se debe estar consciente que los recursos naturales son finitos y cada día se extraen del medio ambiente grandes cantidades de materiales para la construcción, con lo cual es necesario establecer estrategias y metodologías que permitan la reutilización de algunos de estos materiales. En esta investigación se evalúan las propiedades mecánicas del concreto elaborado con agregado grueso reciclado y granulometría controlada para diferentes dosificaciones de agregado y recomendar su utilización en la construcción de estructuras, atendiendo los posibles problemas que puedan generar

2 METODOLOGÍA

Los procedimientos y ensayos experimentales realizados en este trabajo se describen en forma detallada a continuación. La ejecución de estos procedimientos pretende incorporar líneas de investigación en el área del concreto reciclado en Venezuela

2.1 Selección de materiales

El procedimiento de selección del agregado reciclado partió de la obtención de agregados gruesos reciclados mediante la trituración de cilindros de concreto, provenientes de diferentes construcciones de obras civiles de la ciudad de Caracas y de trabajos realizados en el IMME, Figuras 1. Estos cilindros se elaboraron con componentes libres de contaminantes. Para la trituración se empleó inicialmente un martillo mecánico para romper los cilindros, luego se utilizó una trituradora de mandíbulas y mediante trituraciones sucesivas se obtuvo un agregado con tamaño máximo de 1” (25 mm). Los agregados gruesos reciclados, obtenidos mediante trituración fueron separados por tamaños, de acuerdo con la abertura de los tamices desde 1”, ¾”, ½”, ⅜” hasta ¼”, según lo estipulado en la Norma COVENIN 255-2000 los agregados reciclados fueron

lavados con agua a presión para eliminar el polvillo de cemento adherido, secados después y luego se almacenaron por tamaños, Figura 2.



Figura 1. Cilindros para obtener el agregado reciclado mediante trituración.



Figura 2. Tamizado y lavado del agregado reciclado.

Todos los agregados, gruesos y finos, tanto naturales como reciclados, fueron sometidos a los ensayos de laboratorio necesarios de acuerdo con las normas nacionales, tales como: densidad, absorción, peso específico, humedad, densidad, resistencia al desgaste y coeficiente de forma. Estos procedimientos garantizan que los agregados son adecuados y que las mezclas empleadas proporcionen los resultados adecuados. Posteriormente se determinaron las composiciones granulométricas para los agregados gruesos naturales. También se definieron dos granulometrías límites estándares, una superior y otra inferior, para concreto de uso estructural, Porrero y otros (2009). Estos límites son la referencia, para sustituir en peso de las diferentes dosificaciones de agregado grueso reciclado, en los diseños de mezcla correspondientes, manteniendo siempre la granulometría controlada.

2.2 Diseños de mezclas y toma de muestras

Se realizaron ocho diseños de mezclas, siete variando la cantidad de agregado grueso reciclado de la mezcla en 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 80% y 100%, respectivamente y la muestra patrón elaborada sólo con agregado natural. Debido a las características del agregado grueso, fue necesario hacer ajustes por humedad y absorción en los diseños de mezcla, para mantener la resistencia y la trabajabilidad previstas. La sustitución del agregado grueso por agregado reciclado

© 2025 ALCONPAT Internacional

se hizo de manera directa, Las fracciones de agregado grueso natural se sustituyeron por cantidades iguales, de la misma fracción del agregado reciclado en peso, manteniendo la misma distribución granulométrica original. Se vaciaron probetas, cilindros y viguetas, para la muestra patrón y para las diferentes dosificaciones parciales con agregado reciclado. La resistencia fijada para todas las mezclas es de 250 Kg/cm^2.

2.3 Ensayos de propiedades

Para determinar las propiedades del agregado reciclado grueso en la mezcla de concreto, se realizaron ensayos que incluyen compresión simple, tracción indirecta, ultrasonido, módulo de elasticidad, permeabilidad y adherencia. Este último se hizo para cabillas de ϕ ⅝ y ϕ ½". Se realizados según el tipo de ensayo a los 3, 7, 14 y 28 días.

3 RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados a las probetas, mediante la cuantificación de las propiedades del concreto fabricado, con diferentes dosificaciones parciales de agregados reciclados.

3.1 Granulometría, Agregado grueso natural y reciclado

El agregado fino natural presenta límites de los porcentajes en peso que pasan por los cedazos estandarizados de los agregados que cumplen el criterio establecido en el artículo 3.1.1.1. de la norma COVENIN 255:2000, por lo que son aceptables de acuerdo con los requisitos de calidad especificados en la Norma. Los porcentajes en peso del agregado grueso que pasan por los cedazos estandarizados se encuentran dentro de los límites establecidos en el artículo 3.2.1.1. de la norma COVENIN 277:2000 cumpliendo con los requisitos de calidad especificados dicha norma, tanto para el agregado grueso natural, como el agregado grueso reciclado.

3.2 Humedad, Peso Específico y Porcentaje de Absorción de los Agregados

Los valores de peso específico, peso unitario suelto y peso unitario compacto obtenidos para los agregados gruesos naturales están entre los rangos de valores aceptados. Sin embargo, para los reciclados están ligeramente por debajo de los usuales. Las diferencias entre los valores más usuales y los obtenidos en los ensayos son inferiores: para el peso específico en 4%, para el peso unitario suelto en 20% y el peso unitario compacto en 17%. Con relación a la humedad el valor obtenido es aceptable, los valores obtenidos son los típicos. Es importante destacar el aumento significativo del porcentaje de absorción para el agregado reciclado, este resultado era previsible y se describe en las diferentes referencias consultadas. Debido a la mayor absorción fue necesario hacer ajustes por humedad en los diseños de mezclas, para mantener la relación agua/cemento y conservar la resistencia y trabajabilidad previstas en el diseño.

3.3 Resistencia al Desgaste y Coeficiente de Forma del Agregado Reciclado

El resultado del ensayo de desgaste muestra que la degradación es mayor para el agregado reciclado, 32,37% que para el natural 28,29%. La degradación del agregado reciclado supera en un 4% a la del natural. Esto se atribuye al proceso de trituración sucesiva a que fue sometido el agregado. A pesar de esta diferencia, la resistencia se desarrolló en forma creciente hasta alcanzar un valor satisfactorio a los 28 días. Con este El ensayo de Coeficiente de Forma busca identificar

la cantidad de partículas delgadas o alargadas en la mezcla que debe ser entre 10% y 15%, con lo cual los valores obtenidos son adecuados, ya que alcanzó el 14,8% para el de agregado reciclado.

3.4 Densidad en Cilindros

El análisis de la densidad se realizó con los resultados medios de los ensayos obtenidos para determinar la densidad del concreto endurecido de la mezcla patrón y de todas las mezclas elaboradas con diferentes dosificaciones de agregados gruesos reciclados. Se determinaron las densidades promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación, se observa que el coeficiente de variación es menor al 3 % lo que indica que los valores de densidad para todas las mezclas tienen poca dispersión. Se presentaron valores de densidad entre los límites usuales que van de 2.200 Kg/m3 a 2.350 Kg/m3 para concretos normales, Porrero y otros (2009), todas las muestras están en ese rango.

3.5 Velocidad de Pulso Ultrasónico de los Cilindros

Para todas las mezclas las velocidades medias obtenidas para la edad de 28 días, superan los 3.850 m/s con la media de 3.977 m/s. Estos valores se encuentran dentro del intervalo 4.575 m/s > V > 3.660 m/s a los 28 días, por lo que de acuerdo a las fuentes consultadas, Malhotra (1985) se puede calificar al concreto como Bueno.

3.6 Ensayos de Compresión Simple a Cilindros

El crecimiento de resistencia hasta los 3 días de curado es similar para todas las muestras ensayadas, para los 7, 14, y 28 días las mezclas con incorporación de agregado grueso reciclado tienen una mayor ganancia de resistencia en el tiempo y la mayoría converge a valores mayores o iguales que los de la muestra patrón. Con base en la información analizada podemos indicar que la resistencia a la compresión del concreto para todas las dosificaciones de agregado grueso reciclado puede ser utilizadas en la elaboración de concretos sin afectar de manera determinante el desarrollo de la resistencia a los 28 días.

3.7 Ensayo de Tracción Indirecta y Tracción por Flexión de Vigas

Los resultados en general obtenidos por tracción indirecta (ensayo brasilero) y obtenidos mediante el ensayo de flexión en vigas, para las mezclas elaboradas con dosificaciones parciales de agregado grueso reciclado, son prácticamente los mismos y corresponden aproximadamente a un 7% de la resistencia a la compresión, es decir, alrededor de 20 Kg/cm².

3.8 Ensayo de Adherencia y Longitud de desarrollo

Los ensayos de adherencia se realizaron para barras de acero corrugadas, de diámetros ½" y ⅝" y las longitudes de adherencia de ensayo fueron de 19 cm y 23,8 cm respectivamente, que corresponden aproximadamente a una longitud de anclaje de 15 veces el diámetro de la barra en cada caso. La tendencia general observada indica que en ambos casos los esfuerzos de adherencia disminuyen a medida que aumenta la dosificación de agregado reciclado. Adicionalmente, la muestra patrón falla en tensión última (rotura de la cabilla), pero las muestras con agregado reciclado grueso continúan sin fallar hasta el término de desplazamiento máximo del ensayo, lo que indica que hay un mecanismo de degradación de la adherencia. El mecanismo de degradación puede estar asociado a la pasta adherida del agregado grueso reciclado que debilita el rozamiento

© 2025 ALCONPAT Internacional

y el efecto de trabado con el acero. Se observa que el coeficiente de variación es menor al 3% para todos los casos, indicativo de la poca dispersión de los ensayos.
Los resultados obtenidos de la longitud de adherencia indican, como era previsible, el aumento de la longitud de desarrollo, a medida que disminuye el esfuerzo para ambos diámetros de cabilla, ϕ ½" y ϕ ⅝". Una comparación de las longitudes máximas de desarrollo obtenidas en este estudio y las estipuladas en la norma COVENIN 1753-2006 y el ACI 318-2019, indica que todas las dosificaciones de agregado grueso reciclado están por debajo de las exigencias normativas consideradas, por lo que no hay que realizar ningún tipo de ajuste en las longitudes de desarrollo

3.9 Permeabilidad

La permeabilidad del concreto elaborado con agregados reciclados, de igual manera que para el concreto convencional, está relacionada con la durabilidad como parte esencial de la vida útil de las estructuras de concreto. En la Tabla 1 se presenta el resumen de los resultados promedios de permeabilidad, porosidad y altura máxima y altura promedio de la penetración de agua.

Tabla 1. Coeficiente de permeabilidad, porosidad, altura máxima y altura promedio de la penetración de agua

Cant. Agregado (%)	Dmax (mm)	Dprom (mm)	H (mm)	Porosidad Promedio	Permeab. Promedio K(m/seg)	Desviación (σ) (m/seg)	CV (%)
Patrón	3.697	3.509	200	0.130	1.57×10^{-11}	1.60×10^{-12}	10.32
20	4.528	4.359	200	0.137	2.52×10^{-11}	3.00×10^{-12}	11.93
30	5.749	5.617	200	0.141	4.29×10^{-11}	1.45×10^{-12}	3.39
40	6.723	6.486	200	0.136	5.52×10^{-11}	1.17×10^{-12}	2.13
50	6.784	6.514	200	0.143	5.87×10^{-11}	7.58×10^{-12}	12.92
60	7.713	7.341	200	0.147	7.65×10^{-11}	6.02×10^{-12}	7.87
80	8.009	7.902	200	0.151	9.10×10^{-11}	6.50×10^{-12}	7.14
100	8.693	8.322	200	0.155	1.04×10^{-11}	3.96×10^{-12}	3.82

Estos resultados indican que la permeabilidad y la porosidad aumenta a medida que crece la dosificación de agregado reciclado, este comportamiento está directamente relacionado con la mayor porosidad que presentan los agregados reciclados respecto de los agregados naturales. La altura de penetración de agua es muy alta, incluso para la mezcla patrón. Los resultados del ensayo de permeabilidad obtenida para todas las dosificaciones de agregado reciclado indican que en su mayoría presentan mediana o moderada permeabilidad, de acuerdo con la clasificación de la Norma Técnica Colombiana 4483; el concreto con 100% de agregado grueso reciclado clasifica como concreto de alta permeabilidad. Sin embargo, para el caso de profundidad de penetración al agua clasifican las mezclas de 20% y 30% como de mediana permeabilidad y el resto de las mezclas como alta permeabilidad, como el criterio es excluyente permanece el más desfavorable. Se debe tener en cuenta este aspecto en estructuras expuestas en ambientes agresivos y de alta humedad

3.10 Ensayos de módulo de elasticidad.

Los valores de módulo de elasticidad obtenidos experimentalmente en este estudio, para concretos elaborados con agregados gruesos reciclados, presentan reducciones del módulo de elasticidad entre el 12% y el 44%. Una propuesta para definir una fórmula que considere en forma explícita la incorporación del porcentaje de agregado grueso reciclado (%ARC), es recurrir a una función en forma inversa se contempla elevar el logaritmo para ajustar este valor. El valor de ajuste (n) generalmente es menor a la unidad y se puede considerar como un factor de ponderación de la mezcla, en (1) se presenta explicita esta ecuación para el cálculo, tomando como base la norma COVENIN 1753-2006 para el módulo normativo y el porcentaje de agregado grueso reciclado.

$$E_C = \frac{1}{loglog\,(\%ARC)^n} * (15100 * \sqrt{f'_C}) \quad (1)$$

La Figura 3, se muestran de forma comparativa, los valores promedio del módulo de elasticidad para los ensayos realizados para todas las dosificaciones de agregado reciclado experimental y las curvas de la propuesta para algunos valores de n.

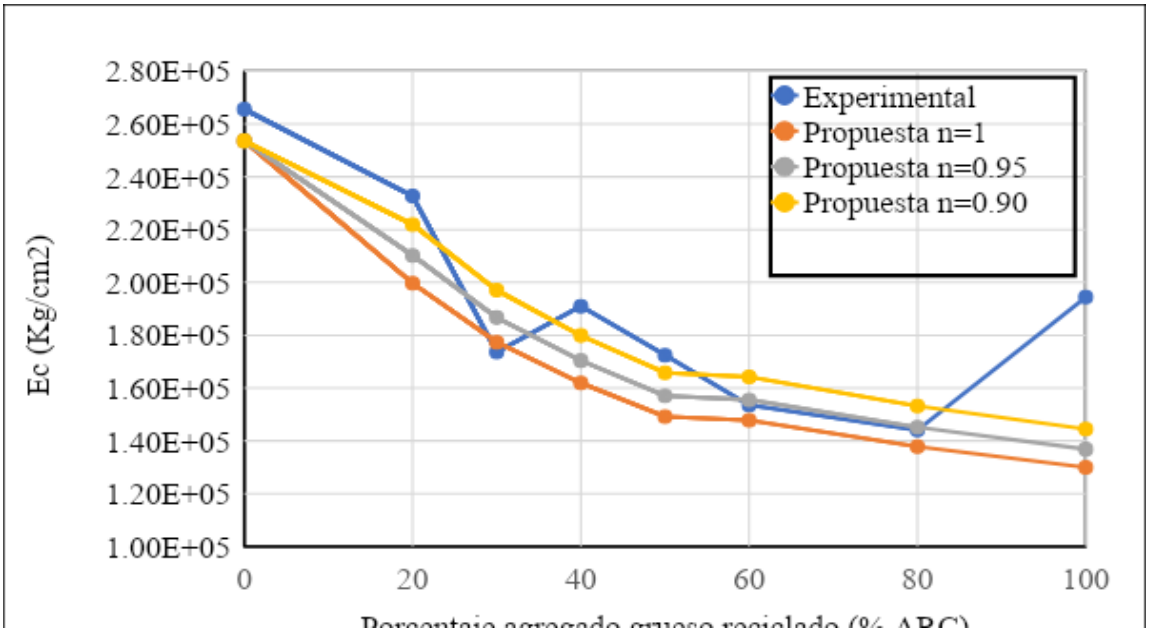


Figura 3. Gráfico variación del Módulo de Elasticidad

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROBLEMAS PATOLÓGICOS

Con base en los resultados obtenidos se discuten tres criterios de comportamiento para el agregado reciclado con granulometría controlada, Criterio de Resistencia, Criterio de Rigidez y Criterio de Durabilidad. Estos criterios representan umbrales para el comportamiento directo (inmediato) y diferido del material y los posibles problemas que pueden desencadenar.

© 2025 ALCONPAT Internacional

4.1 Criterio de Resistencia

Con base en los ensayos de compresión simple, densidad y velocidad de pulso ultrasónico, se establece para todas las mezclas tienen el mismo comportamiento y una resistencia a la compresión igual o mejor que la mezcla patrón. En este caso se puede utilizar cualquiera de las mezclas para concreto estructural utilizado en concreto masivos (muros ciclópeos, muros rígidos armado), estructuras medianamente rígidas a rígidas de concreto armado (estructuras de muros o mixtas de muros con pórticos), básicamente cualquier estructura que no sea crítica su deformación o este expuesta a agentes agresivos.

Los ensayos de tracción indirecta en cilindros, tracción por flexión de vigas nos indican que la resistencia a tracción se reduce con base a lo esperado de un concreto normal, pero es un valor consistente, lo cual reduce la adherencia del concreto, como se pudo comprobar en los ensayos de adherencia donde varían las longitudes de desarrollo con el aumento del porcentaje de agregado reciclado. Sim embargo, se pudo establecer que las normas nacionales y algunas normas internacionales contemplan longitudes de desarrollo mayores a las obtenidas, lo que reafirma que en términos de resistencia se pueden utilizar todas las mezclas.

En definitiva, según este criterio todas las mezclas (para cualquier dosificación) pueden ser utilizadas sin ningún tipo de problema directo o inducido, en las consideraciones resistentes o de adherencia.

4.2 Criterio de Rigidez

El conocimiento del valor del módulo de elasticidad del concreto es esencial en la determinación de la deflexión del concreto armado utilizado en las estructuras. La estimación de Ec está basada normalmente en el valor de la resistencia a compresión lo cual no es una práctica que debiera generalizarse porque la resistencia del concreto se ve afectada por factores relacionados con la calidad de los agregados utilizados, permeabilidad, porosidad y con la relación agua/cemento, como se pudo constatar en este estudio. El problema se torna complicado cuando se sustituyen por agregados reciclados, lo cual directamente afecta los valores del módulo de elasticidad.

Como ya se ha mencionado, los ensayos muestran una tendencia descendente del módulo de elasticidad a medida que aumenta la dosificación de agregado grueso reciclado. Los descensos obtenidos en los ensayos del módulo de elasticidad también fueron reportados por Hansen T. (1992), González-Fonteboa (2005) y Sánchez de Juan (2005), en el presente estudio se observan reducciones que van desde un 13% a un 44%, valores que son significativos ya que la relación entre Ec y la rigidez es directa.

En las referencias consultadas se presentan variaciones del módulo de elasticidad en un rango amplio, generalmente entre 15% y 30% Martínez S y Mendoza E. (2006), con variaciones de 45%, Xiao y otros, (2018a); Xiao y otros (2018b), hasta 80% Toopcu (1995). Sin embargo, un módulo de elasticidad menor en el concreto con agregado grueso reciclado no es necesariamente negativo, ya que al tener menor rigidez puede ser menos susceptible al agrietamiento, Berndt (2009). Castaño (2009), señala que el mortero adherido a las partículas de agregado reciclado, presenta un módulo elástico bajo, lo cual conlleva a una disminución de esta propiedad en los concretos reciclados.

En la Tabla 4.2 se presenta la propuesta, de rangos, considerando que corresponden a valores mayores a f´c= 350 kg/cm2, para elementos estructurales con concretos de alta resistencia, en el rango de f´c= 250 kg/cm2 a f´c =350 kg/cm2 para elementos estructurales con concretos de mediana resistencia (concreto normal), en el rango de f´c= 180 kg/cm2 a f´c= 250 kg/cm2 para

elementos estructurales con concretos de baja resistencia (concreto elementos secundarios) y valores menores a f´c =180 kg/cm2 para elementos no estructurales.
Con base en el criterio de rigidez se genera la Tabla 2, en la cual se presenta el uso para concreto elaborado con los agregados gruesos reciclados, se observa que el concreto con 20% de agregado reciclado puede ser utilizado para elaborar concreto de mediana resistencia (concreto normal o habitual) y el resto de las mezclas sólo pueden ser utilizados para elementos no estructurales (concreto de bajo módulo).

Tabla 2. Propuesta criterio de rigidez

Uso	**Rango del Módulo de Elasticidad (Kg/cm²)**
Elementos estructurales principales, concreto de alta resistencia, concreto resistente a agentes agresivos	Ec ≥ 2.8E+05
Elementos estructurales principales, concreto de resistencia media (normal)	2,3E+05 ≤ Ec ≤ 2 ,8E+05
Elementos estructurales secundario, concreto de resistencia baja	2,0E+05 ≤ Ec ≤ 2,3E+05
Elementos no estructurales, concreto de resistencia baja	Ec ≤ 2.0E+05
Para fundaciones Ec ≥ 2.39E+05 En zona sísmica Ec ≥ 2.39E+05	

Las reducciones del módulo de elasticidad obtenidas se consideran importantes ya que tienen una relación directa con la rigidez de la estructura, adicionalmente, los códigos de diseño están orientados a incorporar directamente los chequeos por desplazabilidad y deformación. Especialmente sensible a la desplazabilidad (deriva) son las estructuras de edificios flexibles de miembros esbeltos y a la deformación los elementos a flexión como losas y vigas de grandes luces, los cuales presentaran agrietamientos propios por flexión y corte, inducidos en los elementos no estructurales como mampostería y otros elementos de cerramiento.

4.3 Criterio de Durabilidad

Los ensayos muestran una tendencia ascendente de la permeabilidad y la porosidad a medida que aumenta la dosificación de agregado grueso reciclado, se puede observar que la porosidad aumenta desde un 5% a un 16 %, y la permeabilidad aumenta desde un 38% a un 85% con respecto a la mezcla patrón. En la Tabla 3 se integran todos los criterios de durabilidad relativos a permeabilidad, porosidad y profundidad de penetración de agua con las características intrínsecas de los tipos de concreto, esta es la propuesta para evaluar el concreto con base en la durabilidad.
Aplicando esta nueva propuesta, se observa que es consistente con la propuesta original de Torres y Moreno (2015), el concreto con agregado natural y el concreto de agregado reciclado de 20% clasifican como permeabilidad media; las mezclas de 30%, 40%, 50%, 60% y 80% clasifican como permeabilidad normal y la mezcla de 100% clasifica como permeabilidad alta.

© 2025 ALCONPAT Internacional

En definitiva, realizando un análisis de los tres criterios, se observa que el concreto reciclado con granulometría controlada puede ser utilizado para elementos principales de moderada permeabilidad y alta durabilidad hasta un porcentaje máximo de 20%, y para el resto en elementos secundarios de bajo módulo, permeabilidad normal a alta y baja a media durabilidad (dependiendo del uso).

Tabla 3. Propuesta criterio de durabilidad

Id	**Clasificación**	**Rango de valores del coeficiente de permeabilidad "k" (m/s)**			Profundidad de penetración al agua(mm)		Porosidad (%)	
AA	Permeabilidad muy baja	Menor igual a	$4,0x10^{-13}$		20		10	
A	Permeabilidad baja	Entre	$4,0x10^{-13}$	$1,0x10^{-12}$	20	30	10	12
B	Permeabilidad media	Entre	$1,0x10^{-12}$	$3,0x10^{-11}$	30	45	12	15
C	Permeabilidad normal	Entre	$3,0x10^{-11}$	$1,0x10^{-10}$	45	60	15	17
D	Permeabilidad alta	Mayor a	$1,0x10^{-10}$		60		17	

Descripción	
AA	Concreto de muy baja permeabilidad, se le puede considerar impermeable, alta resistencia a las acciones de los agentes agresivos
A	Concreto de baja permeabilidad, Cumple con los requisitos mínimos de durabilidad (exposiciones muy agresivas)
B	Concreto de durabilidad en ambientes medianamente agresivos, mayor durabilidad que el concreto convencional
C	Rango de permeabilidad en el que se encuentra un concreto normal, donde no se necesita características especiales para la durabilidad, ambientes poco agresivos.
D	En este rango encontramos a los tipos de concreto pobres, usados en cimentaciones y elementos de concreto simple, en ambientes no agresivos.

5 CONCLUSIONES

La resistencia a la compresión, la densidad, velocidad de pulso ultrasónico, los ensayos de tracción indirecta en cilindros y de tracción por flexión de vigas, de todas las mezclas de concreto con agregado grueso reciclado se puede considerar con un mismo comportamiento y pueden ser

utilizadas en la elaboración de concretos, sin afectar de manera determinante el desarrollo de la resistencia a los 28 días.

Los esfuerzos de adherencia disminuyen a medida que aumenta la dosificación de agregado grueso reciclado, tanto para el esfuerzo U 0,1 como para el esfuerzo Umax, presentando un mecanismo de degradación de la adherencia asociado a la pasta adherida del agregado grueso reciclado que debilita el rozamiento y el efecto de trabado con el acero. La longitud de desarrollo aumenta y los factores de seguridad asociados disminuyen, pero las consideraciones que tienen las normas nacionales e internacionales contemplan longitudes de desarrollo mayores a las calculadas, por lo que no hay que modificar las estipulaciones normativas ya que los factores de seguridad están por encima de lo previsto.

El módulo de elasticidad disminuye a medida que aumenta la dosificación de agregado grueso reciclado, estas reducciones pueden llegar al 44%. Valores se consideran importantes ya que el módulo de elasticidad tiene una relación directa con la rigidez de la estructura y los códigos de diseño están orientados a incorporar directamente los chequeos por desplazabilidad y deformación. La variación del módulo de elasticidad es proporcional a la desplazabilidad por lo que se afectan los límites en deformación de vigas y losas pudiendo inducir fisuramiento y agrietamiento, las derivas de piso pueden provocar inestabilidad o problemas de pandeo. En el caso de la distorsión angular de entrepiso esta aumenta significativamente, aunque la desplazabilidad de entrepiso es proporcional, la altura de entrepiso permanece constante por lo que la distorsión aumenta, generando daño no estructural sobre la mampostería, acabados e instalaciones.

La permeabilidad y la porosidad aumenta a medida que crece la dosificación de agregado reciclado, este comportamiento está directamente relacionado con la mayor porosidad que presentan los agregados reciclados respecto de los agregados naturales, lo cual puede generar problemas de durabilidad.

Se presenta una propuesta de evaluación basada en el criterio de rigidez, utilizando como base la norma COVENIN 1753-2006, clasificando por rangos de módulo de elasticidad, según el uso del concreto. Adicionalmente, se presenta una propuesta de evaluación basada en el criterio de durabilidad y se integran todos los criterios relativos a permeabilidad, porosidad y profundidad de penetración de agua con las características intrínsecas de los tipos de concreto. Estas propuestas se realizan para mitigar en la medida de lo posibles problemas patológicos que se puedan producir por la utilización de agregado reciclado con granulometría controlada.

6 AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) por el soporte adecuado para el desarrollo de este estudio, a sus profesores y técnicos que colaboraron con la ejecución y asesoría técnica correspondiente.

7 REFERENCIAS

ACI (American Concrete Institute) Comité 318. (2019). Requisitos del Código de Construcción para Concreto Estructural (ACI 318-19) y Comentarios (ACI 318R-19). Farmington Hills, MI.

Berndt, M. (2009). "Properties of sustainable concrete containing fly ash, slag and recycled concrete aggregate." Construction and Building Materials 23(7): 2606-2613.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Castaño, T. J., 2009. “Fluencia y retracción de hormigón de áridos reciclados”. Tesis Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España

González-Fonteboa, B., Martínez-Abella F., 2005. “Recycled aggregates concrete: aggregate and mix properties”. Materiales de Construcción Vol. 55 p.p. 53-66.

Guardia, R. y Soto, M., 2008. “Utilización de Residuos Pétreos de Materiales de Construcción Procesados Como Agregados en Mezclas de Concreto”. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Malhotra, V., 1985. “Nondestructive methods for testing concrete”. Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa, Canada.

Martínez S y Mendoza, E. 2006. “comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados.” ingeniería, investigación y tecnología 7 (3): 151–64.

Meléndez, N. y Pérez, D., 2014. “Estudio de Los Residuos de Concreto Estructural Triturado con Granulometría Controlada y Dosificación Parcial Baja Como Alternativa para el Diseño de Mezclas”. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Norma Venezolana COVENIN 255-2000 “Agregados. Determinación de la Composición Granulométrica (1ra Revisión)”. FONDONORMA, Caracas.

Norma Venezolana COVENIN 277-2000 “Concreto. Agregados. Requisitos (3ra Revisión)” para concreto estructural y de acuerdo con lo señalado también en el Manual de Concreto Estructural.

Norma Venezolana 1753-2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”. FONDONORMA, Caracas.

Porrero, J., Ramos C., Grases, J., Velazco. G., 2009. “Manual de Concreto Estructural”, Editado por SIDETUR, Tercera Edición, Caracas, Venezuela.

Sánchez de Juan, M., 2005. “Estudio sobre la Utilización de Árido Reciclado para la Fabricación de Hormigón Estructural”. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

Topcu, I.B. & N. Guncan, 1995, “Using waste concrete as aggregate”, Cement and Concrete Research, 25 (7), 1385-1390

Torre A., Moreno A., 2015. “Determinación del coeficiente de permeabilidad como parámetro de durabilidad en las estructuras de concreto”. Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción, Conpat 2015, Lisboa.

Xiao, J., 2018a, “Recycled Aggregate Concrete Structures”, Chapter 12 Seismic Performance of Recycled Aggregate Concrete Structures, Springer Tracts in Civil Engineering, © Springer-Verlag GmbH Germany.

Xiao, J., 2018b, Recycled Aggregate Concrete Structures, Chapter 13 Seismic Performance of Recycled Aggregate Concrete Block Structures, Springer Tracts in Civil Engineering, © Springer-Verlag GmbH Germany.

Zega, C.J., Sosa M.E., y Di Maio, A.A., 2018. “Hormigones con agregados reciclados”.1ra. ed.-La Plata: Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica - LEMIT, 2017.

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Análisis de las propiedades mecánicas entre grouts de diversas marcas comerciales con la adición de agregado grueso (arrocillo).

N. Gallardo*, W. Besserini, L. Lecuna.

*ngallardo@uniemt.edu.ve

RESUMEN

Esta investigación se centra en el análisis de la resistencia a compresión de grouts con adición de arrocillo para reparaciones estructurales. Para esto se emplearon productos comerciales como SikaGrout, Sonogrout Grueso y Tecnigrout, adicionando arrocillo de tamaño máximo de 3/8” en diferentes proporciones (20%, 30%, 40%). Siguiendo normativas ACI y ASTM, se realizaron ensayos a los 7 y 28 días. Los resultados destacaron que SikaGrout con 20% y 30% de arrocillo alcanzó o superó las resistencias esperadas, mientras Sonogrout Grueso y Tecnigrout mostraron reducciones significativas al aumentar la dosificación de arrocillo. El efecto del arrocillo varía según el tipo de grout, siendo crucial ajustar las mezclas para optimizar la resistencia en aplicaciones estructurales.

Palabras clave: grout; arrocillo; resistencia; compresión; normativas.

Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Esta investigación se realiza con la finalidad de determinar si el uso de agregado grueso, gravilla, soluciona los problemas que presentan los grouts en las reparaciones estructurales, en donde la resistencia de éste se pueda ver afectado por su uso puro, es decir, solo con la adición de agua en la mezcla.

De acuerdo con la norma ACI 116R-00 (2000) en cuanto a la Terminología de Cemento y Concreto, definen al grout como: "Una mezcla de material cementoso y agua, con o sin agregado, proporcionada para producir una consistencia vertible sin segregación de los constituyentes; también una mezcla de otra composición, pero de consistencia similar." (p.31)

Del mismo modo, la norma ASTM C1180-18 (2018) de Terminología Estándar de Mortero y Grout para Unidades de Mampostería define el grout como: "Una mezcla de materiales cementosos, agregados, agua, con o sin aditivos, producida inicialmente hasta obtener una consistencia de vertido sin segregación." (p.2).

Estos materiales son empleados por lo general para nivelaciones, bases de anclajes, rellenos y rehabilitaciones estructurales, lo que permite que sea uno de los materiales que más uso tiene en la patología estructural. Sin embargo, al momento de emplear los grouts para reparaciones estructurales de grandes volúmenes se puede generar desprendimientos ya sea por el proceso de fraguado o por las fisuras en su superficie, aspecto que afecta a la larga la reparación realizada. Para evitar esto, se plantea el uso de agregados como la gravilla.

Clasificación de los grouts

Los grouts se clasifican principalmente en dos tipos: cementosos y epóxicos.

Los grouts cementosos, como mencionado según normas como ACI y ASTM, consisten en mezclas de materiales cementosos, agregados, agua y ocasionalmente aditivos. Estos grouts se emplean principalmente para nivelar equipos y maquinaria pesada que tienen un impacto moderado en la losa donde se ubican. Además, tienen un uso significativo en la rehabilitación estructural, donde de acuerdo con estudios patológico realizados al elemento, ayudan en la reparación de dañados localizados. Son especialmente adecuados para transferir cargas estáticas y algunas cargas dinámicas o de impacto, siendo recomendados para ambientes de alta temperatura.

Por otro lado, los grouts epóxicos son premezclados en fábrica y entregados con componentes medidos de forma adecuada para un tratamiento específico. Están formulados con resinas, endurecedores y agregados, lo que les confiere propiedades químicas y mecánicas excelentes según sea el caso. Estos grouts destacan por su alta resistencia química, no presentan retracción, alcanzan altas resistencias a compresión, tensión y flexión en cortos períodos, y muestran una notable capacidad de adherencia tanto en superficies secas como húmedas.

2 PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS

Para la investigación se realizaron probetas con distintos tipos de productos existentes en el mercado. Se seleccionó de la marca Sika el producto “SikaGrout”, cuya presentación es en sacos de 20 kg, el producto “Sonogrout Grueso” de la marca Tecnoconcret, presentado en sacos de 25 kg y por último, se hizo uso del producto “Tecnigrout” perteneciente a la casa Tecniproes, presentado en sacos de 25 kg, a los cuales se le adicionó distintos porcentajes de arrocillo que varía entre el 20%, 30% y 40% con respecto a su preparación propuesta por las distintas casas fabricantes. La cantidad de probetas preparadas por cada mezcla fueron 6 de cada marca, para un total de 18 muestras con formulación base del producto, es decir, sin adición alguna. Dichas probetas fueron ensayadas 9 a los 7 días y 9 a los 28 días. De esta misma forma se realizaron la cantidad de muestras con 20%, 30% y 40% de adición de arrocillo, como se puede resumir en la tabla No.1.

Tabla No.1 Cantidad de probetas según producto y formulaciones

Producto	Fórmula original	Con 20% arrocillo	Con 30% arrocillo	Con 40% arrocillo
Sika grout	6	6	6	6
Tecnigruot	6	6	6	6
Sonogrout grueso	6	6	6	6

Para la realización de la mezcla, se requirió realizar la granulometría del arrocillo para mantener el tamaño de 3/8” tal y como se menciona en la norma ACI-351.1R-12. Una vez concluido este paso, al momento de hacer el mezclado del agregado se colocó en la condición saturada con superficie seca, esto con la intención de evitar la absorción del agua por parte de la gravilla de la preparación del grout, algo que pudiera afectar el resultado de la mezcla.

Una vez lograda esta condición en el arrocillo, se procede con la mezcla del grout, tomando en cuenta que para la preparación patrón se emplearon moldes de 50x50x50 mm, debido al volumen que ocupa la preparación, sin embargo, para hacer la incorporación del arrocillo, debido a un cambio de volumen se empleó moldes de 10x20cm.

Para la mezcla patrón, las cantidades utilizadas del polvo de grout se tomó en cuenta lo planteado en el libro “Agregados, Cementos y Concreto: Ensayos de Laboratorio y 44 Especificaciones” del Comité Conjunto del Concreto Armado, Tercera Edición (1976). En el apartado 8 “Dosificación, Consistencia y Mezclado de los Morteros”, sección 8.2, donde se indica que para la realización de 6 probetas cúbicas de 50x50x50 mm, se requieren de 1.875 gramos de polvo de grout. Con base en este valor, y según las cantidades de agua necesarias por saco indicadas por la hoja técnica de cada marca, se calcularon mediante una sencilla regla de tres las nuevas porciones de agua requeridas para la mezcla de cada producto de grout. Sin embargo, cabe acotar que dos de los tres productos (SikaGrout y Tecnigrout) requirieron añadir más agua de la necesaria debido a que no se alcanzaba la consistencia deseada. La solución a este inconveniente fue realizar una nueva regla de tres, en donde la cantidad de agua necesaria para realizar la mezcla de un saco completo fue modificada y se aumentó en proporción.

© 2025 ALCONPAT Internacional

En la tabla No.2 se pueden observar las cantidades de producto y de agua empleadas para realizar las muestras patrón de grout, tomando en cuenta el agua adicional que se requirió en los diseños de la mezcla de los productos SikaGrout y Tenigrout.

Tabla No.2 Cantidad de producto y agua en la realización de las muestras patrón.

Producto	Polvo de grout (g)	agua (mL)
Sika grout	1.875	258
Tecnigruot	1.875	390
Sonogrout grueso	1.875	590

Una vez realizadas las probetas de los productos sin adición, se procedió a realizar las muestras con las distintas adiciones de arrocillo de acuerdo con los porcentajes asignados para la dosificación y el peso a utilizar del grout. Como se mencionó anteriormente, el arrocillo se incorporó en la condición saturado con superficie seca y, en el caso del agua de mezclado las cantidades fueron determinadas del mismo modo al realizado en el proceso de las probetas del grout patrón: utilizando lo que se menciona en la hoja técnica de cada producto, calculando por medio de una regla de tres con la cantidad específica de grout y tomando en cuenta los ajustes de agua por lo ocurrido anteriormente si aplica.

En la tabla No 3, No.4 y No.5 se observan las cantidades de producto en polvo, agua y arrocillo empleado en cada una de las probetas realizadas. Dicha mezcla se colocó en moldes cilíndricos de 10cm de diámetro por 20cm de alto, manteniendo la proporción 2:1 de la norma.

Tabla No.3 Proporciones para el producto SikaGrout

Grout + %arrocillo	Polvo de grout (kg)	Arrocillo (kg)	agua (L)
Grout +20% arrocillo	19.45	3.89	2.69
Grout +30% arrocillo	19.45	5.83	2.69
Grout +40% arrocillo	19.45	7.78	2.69

Tabla No.4 Proporciones para el producto Sonogrout Grueso

Grout + %arrocillo	Polvo de grout (kg)	Arrocillo (kg)	agua (L)
Grout +20% arrocillo	19.45	3.89	4.05
Grout +30% arrocillo	19.45	5.83	4.05
Grout +40% arrocillo	19.45	7.78	4.05

Tabla No.5 Proporciones para el producto Tecnigrout

Grout + %arrocillo	Polvo de grout (kg)	Arrocillo (kg)	agua (L)
Grout +20% arrocillo	19.45	3.89	4.85
Grout +30% arrocillo	19.45	5.83	4.85
Grout +40% arrocillo	19.45	7.78	4.85

Para determinar el valor de la resistencia a la compresión de las probetas en estado puro, se siguió la metodología descrita en la norma COVENIN 2825-91 “Mortero de cemento hidráulico sin retracción (grout). Determinación de la resistencia a la compresión.” Siguiendo este procedimiento, se ensayaron 3 probetas cúbicas de 50x50x50 mm por cada producto a los 7 y a los 28 días. De esta forma se tomará como valor final el promedio de las resistencias de las 3 probetas respectivas.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Respecto a la ejecución del ensayo de la resistencia a la compresión en el grout con incorporación de arrocillo, se realizó la misma metodología utilizada en el grout patrón, sin embargo, se tuvo que aplicar una variante a las especificaciones del tamaño y forma del molde indicados por la norma COVENIN 2825-91, ya que al incorporar agregado grueso en el mortero, el tamaño de los cubos resultaba inadecuado o reducido, por lo cual, el inconveniente se solventa empleando probetas cilíndricas de 10x20 cm, con el fin de ensayar las mezclas de grout modificado en un molde intermedio entre los cilindros de tamaño estándar de 15x30 cm utilizados en concreto y los cubos para morteros de 50x50x50 mm.

Como criterio de aceptación de resultados de los ensayos a compresión de las probetas de grout originales y modificadas, se utilizó el criterio planteado por la norma COVENIN 2825-91 (1991) donde se indica que, si la resistencia de dicha probeta difiere en más de un 10% del promedio de aquellas ensayadas de la misma muestra a la misma edad, esta tiene que ser descartada; de lo contrario, se puede considerar para realizar el promedio final. (p.5)

3 RESULTADOS

En la tabla No.6 se encuentran resumidas las resistencias de las probetas ensayadas a los 7 días del producto SikaGrout. La hoja técnica de este producto indica que las resistencias del material a esta edad se encuentran en el orden de los 40,03MPa. En este caso, se observa que las resistencias de las probetas en la muestra patrón se acercaban al valor establecido, sin embargo, no llegaban a alcanzarlo, siendo la probeta denominada 1441 la que alcanza el valor más a próximo con 46,29 Mpa.

En cuanto al resultado de la muestra en sí, con un valor de 44,22 MPa, este se encontró por debajo del indicado por el producto en un 9,81%. Con respecto a las muestras modificadas, se pudo observar que incorporando un 30% de arrocillo en el grout se obtienen mayores resistencias en comparación a las demás, incluyendo al grout patrón, el cual superó en un 5,71%. Por otro lado, para una incorporación del 40% de arrocillo, no se observaron diferencias significativas en los resultados. Por último, con un 20%, esta muestra resultó tener la menor resistencia entre todas las ensayadas, teniendo una disminución del 5,55% de la muestra patrón. Para el caso de las probetas con resultados que difieren en más de un 10% del promedio, específicamente para las de 20% y 30% de agregado, se tomó el valor de la probeta más próximo, sin embargo, se sugiere realizar nuevamente estas muestras para verificar su resistencia.

Tabla No.6 Resultados de resistencia a los 7 días (SikaGrout)

Muestra	No. De Probeta	Resistencia (MPa)	Promedio (MPa)
Patrón (0% arrocillo)	1440	41.66	44.22
	1441	46.29	
	1442	44.72	
20% arrocillo	1458	41.72	41.72
	1459	29.67(*)	
	1460	52.02(*)	
30% arrocillo	1464	37.41(*)	46.75
	1465	46.75	
	1466	49.81(*)	
40% arrocillo	1470	48.81	44.78
	1471	42.24	
	1472	41.25	

Para el caso de las probetas a los 28 días de la misma marca, la hoja técnica indica que la resistencia aproximada que debe alcanzar una mezcla de grout elaborada bajo las condiciones establecidas por la casa fabricante (Sika) es de 63,64 MPa , sin embargo, la resistencia promedio adquirida en las muestras patrón fue menor en un 35,73% del valor de referencia mencionado, inclusive menor a los resultados de los 7 días. Es evidente que las cifras obtenidas en las probetas patrón representan una anomalía indeterminada y no controlada (lo cual se sospecha que pudo haber sido algún defecto del producto) ya que, además de la gran diferencia entre el valor de referencia y el obtenido en las muestras patrón, no hubo incremento alguno en los valores de resistencia alcanzados en comparación a los 7 días de realizada la mezcla. Por lo tanto, esta contrariedad determina la necesidad de comparar las probetas modificadas con el valor de resistencia indicado en la hoja técnica.

En relación con las muestras modificadas a los 28 días, la resistencia promedio obtenida en la mezcla con 20% de arrocillo fue un 8,99% superior al valor indicado por la casa fabricante. Al incorporar un 30% de arrocillo en el grout se denota un incremento del 11,95%, mientras que, al adicionar un 40%, la resistencia descendió un 1,89% de la cifra de referencia establecida en el producto. Todos estos valores y resultados se pueden observar en la tabla No.7.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla No. 7 Resultados de resistencia a los 28 días (SikaGrout)

Muestra	No. De Probeta	Resistencia (MPa)	Promedio (MPa)
Patrón (0% arrocillo)	1443	38.52	40.97
	1444	41.19	
	1445	43.19	
20% arrocillo	1461	57.55(*)	69.47
	1462	69.47	
	1463	76.77(*)	
30% arrocillo	1467	68.33	71.36
	1468	71.17	
	1469	74.57	
40% arrocillo	1473	63.82	62.54
	1474	60.93	
	1475	62.86	

Los resultados que se presentan en la tabla No.8 son representativos de los valores de resistencia alcanzados por las probetas elaboradas con Sonogrout Grueso a los 7 días. La hoja técnica indica que la resistencia de este producto elaborado con una consistencia fluida debe alcanzar un valor que se aproxime a los 58.35 MPa. Al comparar el promedio de las muestras patrón con dicho valor de referencia, se pudo apreciar que hubo una aproximación bastante considerable, sin embargo, la resistencia se encontró por debajo del valor indicado por la hoja técnica en un 4,94%.

Con respecto a las muestras de grout modificado, se observó una disminución considerable de la resistencia a la compresión a medida que se aumentó la dosificación de agregado en la mezcla. Al adicionar arrocillo en un 20% del peso del polvo, se obtuvo una disminución porcentual del valor de la muestra patrón en un 20,13%; al 30% de arrocillo, el valor de la muestra fue menor al patrón en un 30,19%; y en un 40%, se obtuvo el valor más bajo de resistencia, teniendo una disminución del 45,90% de la muestra patrón.

Tabla No. 8 Resultados de resistencia a los 7 días (Sonogrout Grueso)

Muestra	No. De Probeta	Resistencia (MPa)	Promedio (MPa)
Patrón (0% arrocillo)	1446	55.94	55.47
	1447	51.15	
	1448	59.31	
20% arrocillo	1480	43.24	44.3
	1481	45.52	
	1482	44.14	
30% arrocillo	1486	47.14(*)	38.72
	1487	33.03 (*)	
	1488	38.72	
40% arrocillo	1492	31.91	30
	1493	30.55	
	1494	27.56	

Para el caso de las muestras a los 28 días, la hoja técnica indica que la resistencia aproximada que debe alcanzar una mezcla de grout elaborada bajo las condiciones establecidas por la casa fabricante (Tecnoconcret) para un estado fluido es de 69.53 MPa, sin embargo, la resistencia promedio adquirida en las muestras patrón fue menor en un 33,50% del valor de referencia mencionado. Al igual que en lo ocurrido en las probetas patrón elaboradas con SikaGrout, la resistencia promedio de los cubos a los 28 días no se aproximó al valor de referencia mencionado y, además, no se obtuvo el incremento de resistencia esperado respecto a los valores obtenidos a los 7 días; por lo cual, también se sospecha de la ocurrencia de una irregularidad indeterminada y no controlada, por lo que corresponde comparar las probetas de grout modificado con la resistencia establecida por la hoja técnica del producto.

En relación con las muestras modificadas, los resultados reflejan una disminución de la resistencia a la compresión a medida que se aumenta la dosificación de arrocillo. Analizando las muestras de grout modificado al 20%, la resistencia promedio adquirida fue menor al valor indicado por la hoja técnica en un 24,23%. Respecto a los cilindros de grout con adición del 30% de arrocillo, la resistencia se redujo en un 26,18% del valor de referencia mencionado, mientras que la mezcla modificada al 40% redujo su resistencia de manera considerable en un 51,27% de la cifra establecida por la casa fabricante. Estos resultados se reflejan en la tabla No.9.

Tabla No.9 Resultados de resistencia a los 28 días (Sonogrout Grueso)

Muestra	No. De Probeta	Resistencia (MPa)	Promedio (MPa)
Patrón (0% arrocillo)	1449	47.7	46.24
	1450	44.21	
	1451	46.8	
20% arrocillo	1483	51.54	52.68
	1484	54.22	
	1485	52.28	
30% arrocillo	1489	54.58	51.33
	1490	50.87	
	1491	48.53	
40% arrocillo	1495	33.9	33.88
	1496	33.86	
	1497	42.25(*)	

Los resultados de la tabla No.9, se presentan la resistencia a la compresión a los 7 días en las probetas patrón elaboradas con Tecnigrout denotaron una reducción del 27,73% de la resistencia indicada en la hoja técnica del producto (58.35 MPa), lo cual demuestra una discrepancia significativa entre lo establecido por la casa fabricante y los valores de resistencia alcanzados.

Respecto a la variación de la resistencia a los 7 días en las probetas modificadas, se pudo denotar una disminución considerable al incorporar un 20% de arrocillo, alcanzando únicamente el 68,52% del valor de la resistencia de la muestra patrón. Sin embargo, al aumentar la dosis de arrocillo, fue incrementando el rendimiento de las mezclas, adquiriendo un 78,56% de la resistencia del grout

© 2025 ALCONPAT Internacional

patrón al adicionar 30% del agregado, mientras que la resistencia de la muestra modificada al 40% superó inclusive a la cifra obtenida en la muestra patrón en un 3,36%.

Tabla No.10 Resultados de resistencia a los 7 días (Tecnigrout)

Muestra	No. De Probeta	Resistencia (MPa)	Promedio (MPa)
Patrón (0% arrocillo)	1452	42.48	42.17
	1453	41.85	
	1454	42.17	
20% arrocillo	1498	28.02	28.89
	1499	28.89	
	1500	38.47	
30% arrocillo	1504	33.21	33.13
	1505	33.9	
	1506	32.28	
40% arrocillo	1510	43.2	43.58
	1511	44.56	
	1512	42.99	

En la tabla No.11, se pueden observar los resultados de las probetas patrón, en donde denotan el mismo comportamiento errático que el encontrado en los cubos elaborados con el resto de los productos utilizados en esta investigación, debido a que no se reflejó incremento alguno en las resistencias de las probetas a los 28 días respecto a las cifras alcanzadas a los 7 días. En consecuencia, se obtuvo una diferencia considerablemente alta entre la resistencia establecida por la casa fabricante (Tecniproes, 69.53 MPa) y la alcanzada en las muestras patrón, por lo que se decide realizar la comparativa entre las probetas modificadas con arrocillo y el valor de referencia mencionado.

En relación con el grout modificado, las muestras con una dosificación del 20% de arrocillo denotan una reducción del 20,44% de la resistencia indicada en la hoja técnica. En las probetas modificadas al 30%, el decremento de resistencia respecto al valor referencial fue del 21,92%, mientras que al adicionar 40% de arrocillo en el grout, se reflejó un incremento del 2,19% en comparación a la resistencia establecida del producto.

Tabla No.11 Resultados de resistencia a los 28 días (Tecnigrout)

Muestra	No. De Probeta	Resistencia (MPa)	Promedio (MPa)
Patrón (0% arrocillo)	1455	43.82	41.15
	1456	37.11	
	1457	42.52	
20% arrocillo	1501	51.79	55.32
	1502	59.04	
	1503	55.13	
30% arrocillo	1507	57.3	54.29
	1508	50.92	
	1509	54.65	
40% arrocillo	1513	73.73	71.05
	1514	68.75	
	1515	70.67	

Al analizar los valores de resistencia a la compresión obtenidos en las distintas mezclas, se puede observar que el SikaGrout mantuvo valores sin diferencias considerables al indicado en la hoja técnica en todas las dosificaciones de arrocillo, mientras que las probetas modificadas realizadas con el Sonogrout Grueso y el Tecnigrout presentaron alteraciones importantes al valor de las probetas puras e inclusive a las resistencias indicadas en las hojas técnicas de dichos grouts.

Al comparar los valores de resistencia a la compresión a los 28 días en los grout modificados con arrocillo a distintas dosificaciones se denota, al igual que las cifras alcanzadas a los 7 días, un rendimiento sobresaliente en las probetas elaboradas con SikaGrout, ya que se superó considerablemente la resistencia indicada por la hoja técnica del producto en las mezclas al 20% y 30%, mientras que al 40% se alcanzó un valor muy aproximado a dicho valor referencial.

En relación con la variación de resistencia en el resto de los productos utilizados, en Tecnigrout se refleja un decremento de la resistencia al incluir arrocillo 20% y 30%, sin embargo, se considera que el producto mantuvo valores considerablemente altos, mientras que al 40% el desempeño mecánico alcanzado fue notable. Respecto a los valores en los cilindros elaborados con Sonogrout Grueso, se determinó un rendimiento inferior al resto de los productos utilizados, ya que se presentaron reducciones significativas de resistencia a medida que se aumentaba la dosificación de arrocillo, y además, las reducciones porcentuales entre el valor referencial indicado en la hoja técnica y las cifras obtenidas en las muestras modificadas a distintas dosificaciones de arrocillo fueron significativamente mayores al resto de las marcas mencionadas.

4 CONCLUSIONES

La evaluación de la resistencia a la compresión en grouts con adición de arrocillo a distintas dosificaciones, a través de una metodología comparativa entre distintos productos del mercado, dio como resultado hallazgos en donde los productos existentes en el mercado, tales como SikaGrout presentó, entre los tres productos seleccionados, el mejor comportamiento durante la etapa

© 2025 ALCONPAT Internacional

experimental. Las muestras elaboradas con la incorporación de arrocillo al 20% y 30% del peso del polvo superaron el valor de resistencia máxima establecida en la hoja técnica del producto, en un 8,99% y 11,95% respectivamente; mientras que la muestra con 40% de arrocillo se aproximó a dicho dato, encontrándose un 1,89% por debajo del mismo. Lo que al comparar con los otros productos del mercado Sonogrout Grueso y Tecnigrout, al incluir arrocillo en las mezclas, no se reflejó una tendencia definida que describa la variación de la resistencia del grout. Esto se debe a que, al incluir diferentes dosificaciones de arrocillo, se obtuvo distintos comportamientos en la resistencia del material, ya que los valores de las probetas modificadas al 20% y 30% del peso del polvo denotaron una reducción significativa en la resistencia en comparación al valor indicado en la hoja técnica del producto. Aunque se destacan las probetas hechas con Tecnigrout con 40% de agregado un incremento en la resistencia.

Al obtener diferentes tendencias en la variación de la resistencia a la compresión en los tres productos utilizados en esta investigación, se concluye que el efecto que genera la incorporación del arrocillo en la resistencia del grout depende de los componentes de cada producto en particular y su forma de comportarse con el agregado. El rendimiento obtenido en las probetas elaboradas con grout puro a los 28 días reflejaron una falla en el incremento de la resistencia respecto a los valores alcanzados por las mismas a los 7 días. Por lo tanto, se concluye que el comportamiento presentado en las muestras cúbicas es errático y, además, fue generado por una anomalía no controlada ni definida.

5, REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

American Concrete Institute. (2000). Cement and Concrete Terminology (ACI 116R-00).

American Concrete Institute. (2012). Report on Grouting between Foundations and Bases for Support of Equipment and Machinery (ACI 351.1R-12).

American Society for Testing and Materials. (2018). Standard Terminology Of Mortar And Grout For Unit Masonry (ASTM C1180-18).

COVENIN. (1998). Agregado grueso. Determinación de la densidad y la absorción. (COVENIN 269-1998).

COVENIN. (1991). Mortero de cemento hidráulico sin retracción (Grout). Determinación de la resistencia a la compresión. (COVENIN 2825-91).

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Elaboración de una unidad estructural realizada a partir de un compuesto con bajo contenido de basalto

V. Bolívar[1*], H. Sosa[2], V. Osechas[1]; R. Torres[1], E. Ordoñez[1]; L. Videla[1]

* vbolivar79@Hotmail.com

RESUMEN

Durante la formación de las rocas, el material dentro de una cuenca geológica, es sometido a altas presiones y calor producto de la interacción entre partículas, ocasionando la disolución, precipitación y formación de minerales que las unen. En este trabajo, se presentan los resultados de la formación de bloques cúbicos, producto de la compactación mecánica a altas presiones de polvo de varios tipos de roca incluyendo basalto, que es denominado ¨compuesto de bajo contenido basáltico¨. En una primera instancia se trabajó con polvo de roca triturado cohesionados con metilato de sodio sometidos a una presión entre 5 y 8 tonf. Y en una segunda instancia, se trabajó con polvo de roca triturado, utilizando agua como ligante, sometida a presiones entre 10 y 20 tonf.

Palabras clave: Basalto, Compuesto Basáltico, Roca, Materiales, Mortero.

[1] Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.
[2] ABAE

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

En Venezuela las rocas Basálticas, se encuentran en tres regiones geológicas diferentes: (1) basaltos toleíticos de la Formación el Callao. Cinturón de Rocas Verdes de Guasipati-El Callao, Cratón de Guayana, Venezuela. (rocas con bajo grado de metamorfismo de edad precámbrica); (2) Cuenca sedimentaria Yaracuy –Lara–Falcon con intrusiones de rocas ígneas. (3) Faja Tectónica Caucagua–El Tinaco, Formación Tinaquillo de edad jurásico tardío – cretácico temprano, McMahon (2000), Grande (2005), Urbani F., Grande S.;(2015), Kerr y otros (2008), Urbani F., (2022).
En este trabajo solo se abordará los basaltos de la cuenca Yaracuy – Lara – Falcon, específicamente a los ubicados en Los Algodones, Siquisique debido a: su gran similitud geoquímica a los basaltos lunares, a su facilidad de accesos para la extracción y a la cercanía a la región Capital.
De Los Algodones se extrajo un material conformado por varios tipos de rocas, el cual es denominado compuesto Basáltico. Con este compuesto se elaboró una metodología para crear un nuevo tipo de concreto, conformado por la interacción de las partículas de polvo de roca triturado entre 10 y 0.5 micrones sometidas a una presión por encima de las 4 toneladas hasta un máximo de 20 toneladas. En este trabajo se realizaron pruebas con metilato como material aglomerante y con agua, obteniendo como resultado de la optimización del proceso unidades estructurales (cubos) con una resistencia máxima de 100 kgf/cm2.
El objetivo de este trabajo es obtener un compuesto cementicio basáltico de alta densidad con mejora en sus propiedades físicas y mecánicas mediante técnicas constructivas de bajo costo.

2 METODOLOGÍA

Los procedimientos y ensayos experimentales realizados en este trabajo se describen en forma detallada a continuación. La ejecución de estos procedimientos pretende incorporar líneas de investigación en el área del concreto con compuestos basálticos.

2.1 Caracterización de las rocas basálticas de Siquisique

Se realizó una prospección de rocas al norte del poblado de los Algodones, Edo Lara, encontrando que todo este sector se encuentra altamente alterado por las intrusiones de los diques de basalto y andesita. La litología es muy variada encontrando areniscas de color negro alteradas por el calor de la intrusión, calizas de color negro, gabro, basalto de color negro y andesita de color verde oscuro, cabe destacar que todas esas rocas sin diferenciar, son denominadas Ofiolitas de Siquisique.
La zona donde se encuentra el basalto, se caracteriza por presentar una morfología más escarpada con tonalidades de un suelo formado ínsito marrón oscuro, mientras que las zonas donde se encuentran las rocas andesitas y los gabros, presentan una morfología de cerros redondeados con tonalidades de suelo ínsito verde oscuro.
Debido a las limitaciones del proyecto y a lo difícil de la logística de extracción de material rocoso, se realizó una campaña de búsqueda de material rocoso suelto, en las faldas de los cerros ubicados al norte de la quebrada Los Algodones, Figura 2. Encontrando que la geología de ese sector es muy compleja, debido a que la intrusión hace que todas las rocas en contacto con los diques sean alteradas por el calor, presentándose de forma masiva, de grano muy fino y color negro oscuro. Con lo cual es muy fácil, de confundir en operaciones de recolección la roca basáltica, con otros tipos de litologías como las areniscas y los gabros.



Figura 1. Plano de ubicación del área de estudio.



Figura 2. Basalto y Andesita respectivamente, encontrados en los Algodones.

De la muestra de basalto analizada con microscopio petrográfico, se presenta vetas de calcita con cristales de 0,5 a 0,8 mm de diámetro aproximadamente (cristalizadas posterior a la formación del basalto) y cristales de cuarzo policristalinos y monocristalinos en menor cantidad de diámetro 0,3 a 1,20 mm aproximadamente. La roca se presenta como una masa muy homogénea donde los cristales más abundantes corresponden a las plagioclasas muchas veces euhedrales en forma de listones alargados maclados. Corresponden a andesitas y de forma más abundante labradoritas. La roca es clasificada como basalto, debido a que el contenido de Anortita es superior al 50%. Existe presencia de un porcentaje importante de piroxenos muy alterados en ocasiones a clorita, en otras se pueden ver vestigios de epidoto y en algunas ocasiones serpentinas asociados a estos cristales. Pueden observarse algunos cristales de feldespatos K alterados muy posiblemente a sericita.
Estas muestras son las que se utilizaran en este trabajo.

© 2025 ALCONPAT Internacional

2.2 Material extraído

Se realizó una salida de campo, para la prospección de rocas sueltas próximas al lecho de la quebrada Los Algodones, con el fin de traer muestras para su estudio y conocer la geología del área. La complejidad geológica de la Ofiolita de Siquisique, ocasiono que, durante el proceso de recolección de cantos rodados, en las faldas de las montañas ubicadas al norte de la quebrada Los Algodones en Siquisique, se recolectara una mezcla de varios tipos de rocas, entre ellas tenemos: areniscas intrusionadas con basalto, gabro, andesitas intrusionadas con basalto y calizas intrusionadas con basalto. El proceso de separación mecánica y selección de roca basáltica pura al 100% es imposible debido a que la extracción no se realizó sobre un macizo rocoso, sino fue realizada sobre cantos rodados. Se estima que la mezcla de diferentes tipos de rocas, genera un compuesto, con un contenido de basalto máximo, alrededor del 8% al 10%. El resultante del material bruto extraído de Los Algodones es de 80 kg.

2.3 Trituración y molienda

El material bruto fue seleccionado, previamente para conformar una muestra que fuera lo más representativo de todos los puntos de la extracción, aproximadamente 80 Kg. Este material requiere un tratamiento de trituración y molienda, para reducir el tamaño del grano, con el objeto de simular las condiciones del suelo lunar y realizar los ensayos requeridos de resistencia. Se realizó una primera trituración, en un equipo mecánico llamado molino de mandíbula, Figura 3, el cual consta de una mandíbula fija y una móvil en forma de “V” para fracturar el material, pasando de un tamaño nominal de 4 pulgadas a 1 pulgada.

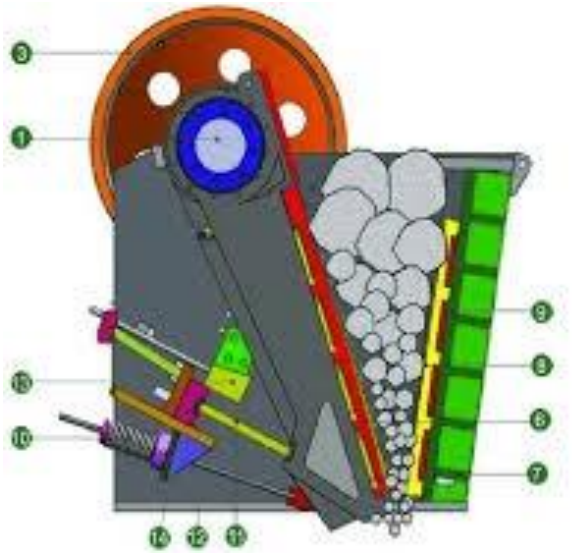


Figura 3. Esquema del molino de mandíbula

Luego se efectúa una segunda trituración, pasando el material por un molino rotatorio (tren secundario), Figura 4, en donde las rocas se comprimen entre dos cilindros paralelos que giran en direcciones opuestas, para pasar de un tamaño nominal de 1 pulgada a tamaño arena. El proceso de molienda secundario es acompañado con un proceso de cribado, en el cual, los fragmentos con

tamaño arena pasan a una molienda terciaria y los fragmentos superiores a 2 mm son nuevamente pasados por el molino rotatorio secundario

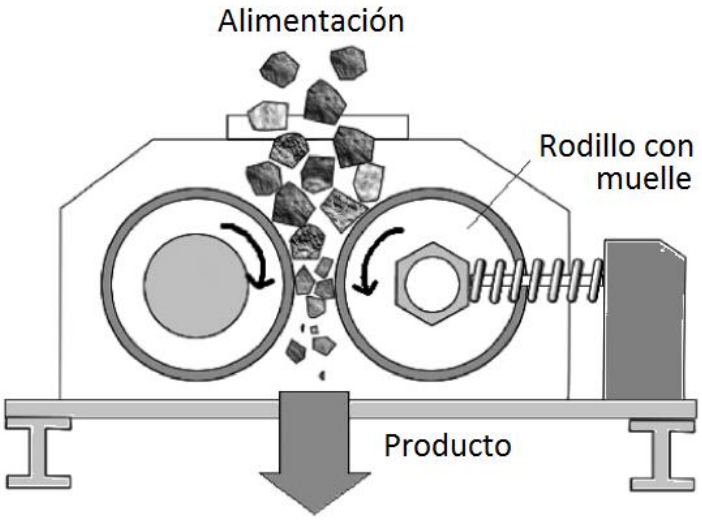


Figura 4. Esquema del molino rotatorio

Por último, la tercera trituración, en donde el material es pasado por dos molinos tipos Barmac, Figura 5. Este molino consiste, en un tambor fijo donde se coloca la muestra, y sobre este tambor, gira otro tambor de acero solido que gira de forma excéntrica y tritura el material. Esta molienda terciaria, genera un material cuya granulometría está comprendida entre las 10 y 0,5 micras de diámetro.



Figura 5. Esquema de funcionamiento del molino tipo Barmac

Luego de la trituración la muestra fue llevada al horno para un proceso de deshidratación por un periodo de 48 horas en un horno de convección a una temperatura de 110 ºC ± 5ºC. Una vez, pasado

© 2025 ALCONPAT Internacional

todo el material por todas las tres trituraciones y el horno, se obtuvo una muestra basáltica para los ensayos de resistencia, análisis químico, radiación, permeabilidad, finura Blaine. Si comparamos las muestras trituradas con el cemento tipo Portland tipo I, tenemos que este tiene una finura Blend de 3000 a 3500 cm2/gr de acuerdo con datos suministrados por la Fábrica Nacional de Cementos, por otra parte, el polvo de compuesto basáltico tiene una finura alrededor de 4250 cm2/gr.

2.4 Preparación de las muestras

La preparación de las muestras corresponde a la colocación del polvo de roca humedecido con agua o con solución de metilan, en un molde de acero en forma de cubos y comprimirlo en la prensa universal. Para mejorar el desmoldado de los cubos confeccionados, se disponía de papel encerado y luego de su elaboración se introducían en un horno de convección, para el secado, a una temperatura de 100º ±5 º por un periodo de 12 horas.

Para la elaboración de las muestras, se construyó un molde cubico de acero reforzado de 55 mm x 55 mm de lado y una altura de 90 mm. En el interior del molde cubico reforzado se construyó un pistón de acero, el cual se comprimía en una prensa universal de cincuenta toneladas. Luego de que los cubos eran comprimidos y secados, eran sometidos a la prueba de compresión simple, en la prensa universal.



Figura 6. Método de elaboración de las probetas cubicas de concreto compactado

Se genero dos líneas de pruebas experimentales.

- Prueba de un compuesto con metilato como ligante a bajas presiones de confinamiento.
- Prueba de un compuesto con agua como ligante a altas presiones de confinamiento.

El metóxido de sodio (o metilato de sodio) es un compuesto orgánico de fórmula CH3ONa. Es un sólido incoloro que se forma por la deprotonación del metanol, ampliamente empleado como

reactivo tanto a nivel industrial como de laboratorio. Para las pruebas de laboratorio se procedió a preparar diferentes soluciones con metilato al 10% p/p y 20% p/p, para su preparación se utilizó agua destilada y un tiempo de reacción de 24 horas para su activación.
Durante las pruebas se encontraron mejores resultados con la solución de metilato al 10% p/p en relación con la solución de metilato al 20% p/p. Debido a que muestras con mayor contenido de metilato, generan separación de los granos, durante los procesos compresivos, debido a su baja área superficial, a la generación de un gel cohesivo muy denso que ocasiona una presión de poro muy alta lo cual conlleva a bajas densidades de la muestra y bajas resistencias a la compresión.

2.5 Diseño de mezclas: calibración del nivel de compresión de los cubos
Para esta calibración se fijaron los siguientes parámetros del diseño

- Roca pulverizada (compuesto basáltico) secado por 48 horas en un horno de convección a 110 ºC ± 5 ºC
- Concentración del 10% de metilan (solución de metilan)
- Humedad de la muestra 10% de solución de metilan
- Humedad de la muestra patrón 10% de agua
- Elaboración de los cilindros en 3 capas cada una precompactada con 25 golpes utilizando una varilla de 20 cm de ½ pulgada y punta roma.
- Utilización de papel encerado como desmoldante
- Secado en el horno por 12 horas
- Ensayos de compresión en prensa universal de 50 toneladas

El procedimiento experimental consistió en llenar los cubos con el material previamente humedecido, en tres capas precompacatadas para luego ejercer una presión de confinamiento entre 4.000 kgf y 20.000 kgf utilizando la prensa universal. Para ello se utilizaron dos mezclas: la primera, roca pulverizada y solución de metilan al 10%; La segunda un patrón de roca pulverizada y agua.

2.6 Diseño de mezclas: variación de la resistencia con el contenido de humedad
Para esta calibración se fijaron los siguientes parámetros del diseño:

- Roca pulverizada (compuesto basáltico) secado por 48 horas en un horno de convección a 110 ºC ± 5 ºC
- Concentración del 10% de metilan (solución de metilan)
- Concentración del 20% de metilan (solución de metilan)
- Se fijo la presión para la elaboración de las muestras en la prensa universal.
- Elaboración de los cilindros en 3 capas cada una precompactada con 25 golpes utilizando una varilla de 20 cm de ½ pulgada y punta roma.
- Utilización de papel encerado como desmoldante
- Secado en el horno por 12 horas
- Ensayos de compresión en prensa universal de 50 toneladas

Para esta prueba se realizaron dos grupos de ensayos. El primero consistió en realizar un conjunto de mezclas las cuales varían el contenido de humedad entre 5%, 10%, 15% y 20%. En este primer grupo de ensayos, se utilizó una solución de metilato al 10% y para el segundo grupo de ensayo, se utilizó una solución de metilato al 20%.

© 2025 ALCONPAT Internacional

2.7 Diseño de mezclas: optimización de la resistencia

Se encontró que, a mayor presión de confinamiento en la formación de los cubos, ocurren una mayor formación de compuestos cementantes que producen que el cubo con polvo ultrafino de roca presente una mayor resistencia a la compresión. De tal manera que se optimizo la muestra hasta alcanzar una presión máxima de 20 toneladas de presión para la formación de los cubos.

2.8 Prueba de Permeabilidad

Para las pruebas de permeabilidad se tomaron tres especímenes de los cubos de cemento basáltico y se le comparo con los resultados de unos cubos preparados con un mortero de alta resistencia (250 kgf/cm2) de concreto.

La etapa inicial, consistió en el moldeado de los cubos, para transformarlos a una geometría cilíndrica, para así poder introducirlos en la cámara de ensayos triaxiales. Dentro de la cámara triaxial, se aplicaba una carga constante, midiendo el tiempo en el cual el agua atravesaba la sección de muestra compactada, obteniendo una velocidad expresada en cm/segundos, en la cual el material permite el paso del fluido.



Figura 7. Cámara triaxial para ensayos de permeabilidad.

3 RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados a las probetas, mediante la cuantificación de las propiedades del concreto fabricado, con diferentes dosificaciones parciales de agregados reciclados.

3.1 Diseño de mezclas: calibración del nivel de compresión de los cubos

En la Figura 8, podemos observar que los cubos elaborados con agua y polvo de roca a unas presiones comprendidas entre los 4000 kgf a 8000 kgf generan una baja resistencia en comparación con los cubos elaborados con solución de metilan al 10% y polvo de roca. El agua sola en la mezcla no genera cohesión de las partículas de polvo de roca (compuesto basáltico) hasta que se comprimen los cubos a una presión de los 8000 kgf.

Por el caso contrario la solución de metilan, sometida a presiones superiores de los 8000 kgf tiene un efecto cohesivo muy bajo en comparación con la muestra patrón conformada solo por agua.

Para condiciones de trabajo que necesite una baja presión para la preparación de los cubos es necesario la aplicación de un aglomerante como el metilan que puede aumentar su resistencia hasta 10 veces en comparación con la mezcla patrón. Pero para preparación de muestras elaboradas con altos esfuerzos compresivos el uso de metilan y/o agua es prácticamente igual.

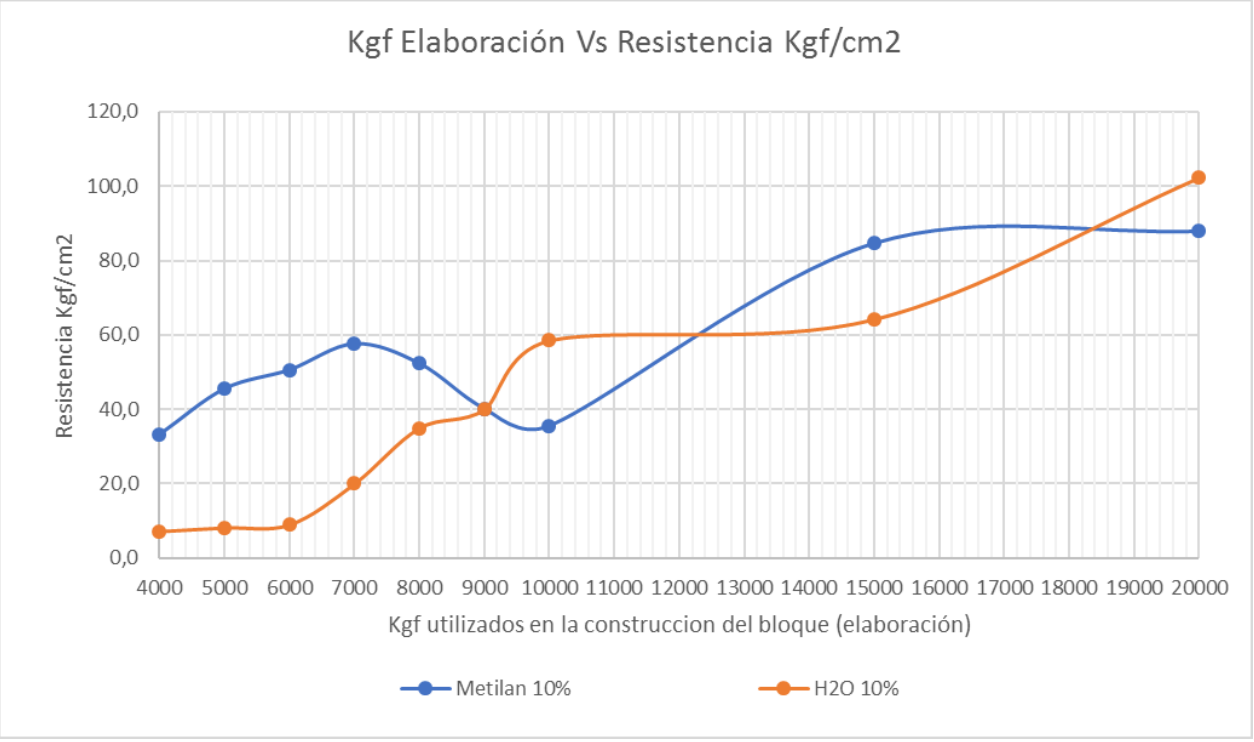


Figura 8. Calibración del nivel de compresión de cubos

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 9. Cubos de compuesto basáltico comprimidos a 10 toneladas. La muestra cilíndrica corresponde a un cubo tallado especialmente para la realización de una prueba de permeabilidad.

3.2 Diseño de mezclas: calibración del nivel de compresión de los cubos

Se encontró con este ensayo que a mayor contenido de metilato dentro de la solución se generaba una baja cohesión de las partículas y por consiguiente una baja resistencia a la compresión. Mezclas con contenido de humedad por encima del 10% presentaban un comportamiento plástico y por ende se genera una pérdida de material en los alrededores del pistón de compresión durante la elaboración de los cubos. Por tal motivo se decidió trabajar por la rama seca, para lograr un mayor efecto compresivo en las muestras y aumentar su densidad y los valores de resistencia, Figura 10.

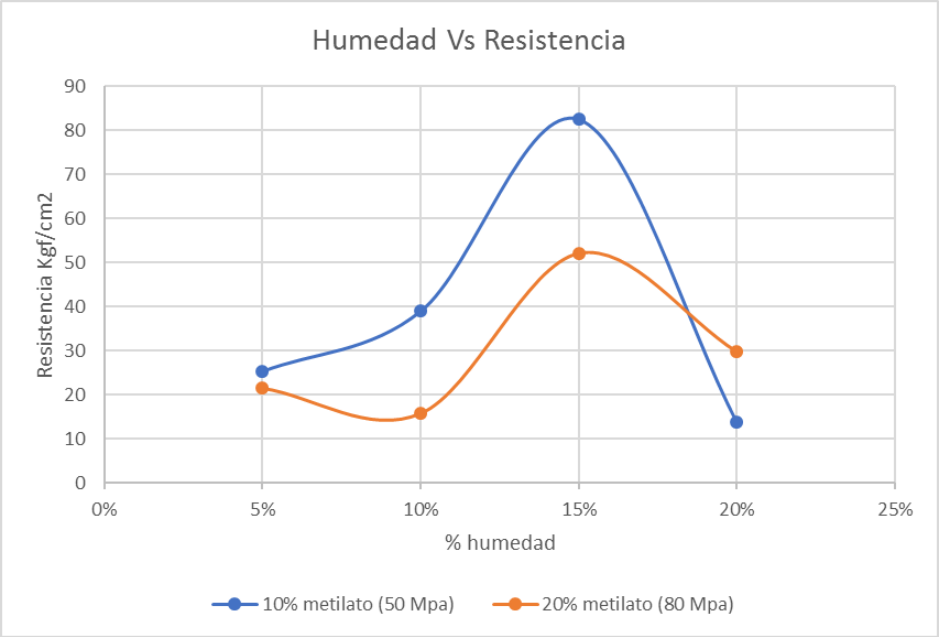


Figura 10. Variación de resistencia con el contenido de humedad

3.3 Diseño de mezclas: optimización de la resistencia

Al optimizar la muestra hasta alcanzar una presión máxima de 20 toneladas de presión para la formación de los cubos, se generó una tendencia de densidad vs esfuerzo con una correlación lineal, con un Coeficiente de Correlación R2 de 72 %. Se desconoce el comportamiento de la mezcla a mayores presiones de confinamiento. Pero dentro del conjunto de las muestras ensayadas a una presión de 20 toneladas se obtiene una resistencia promedio alrededor de los 105 kgf/cm^2, Figura 11.

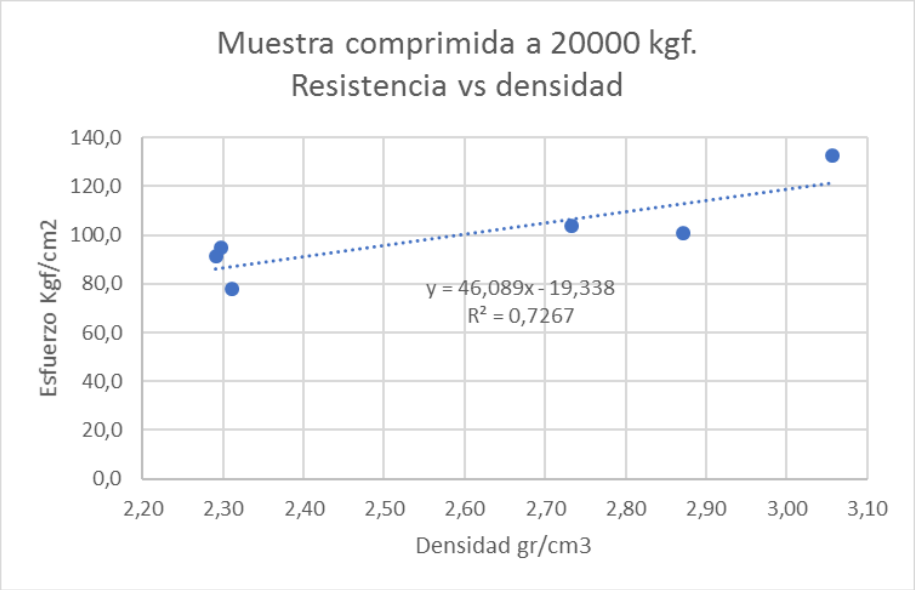


Figura 11. Método de elaboración de las probetas cubicas de concreto compactado

4 CONCLUSIONES

- A pesar de las dificultadas geográficas y geológicas se pudo extraer un material conformado por una mezcla de varios tipos de rocas intrusionadas (quemadas) por los diques de basalto. El porcentaje de basalto no se puede determinar debido a que las rocas muestreadas correspondían a material suelto y no a material del macizo rocoso. El material mezclado es considerado un compuesto basáltico.
- Se localizo en el poblado de Siquisique, Edo Lara roca basáltica, pero es necesario un estudio geológico detallado para mapear las lavas y los diques de este tipo de roca.
- Se logró una primera clasificación y caracterización del material y se generó una metodología para la preparación de las muestras y para la elaboración de cubos de concreto cementicio.
- Se creo un nuevo concreto conformado por un compuesto basáltico de alta densidad, elaborado por las interacciones de la materia sometida a altas presiones.
- Si se desea generar un bloque estructural con compuesto cementicio utilizando bajas presiones (entre 5 a 8 tonf) se recomienda el uso de metían como aglomerante. Si por el contrario se requiere de bloques estructurales con mayor resistencia se recomienda utilizar agua como aglomerante y presiones iguales o superiores a las 20 tonf.

© 2025 ALCONPAT Internacional

5 AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) por el soporte adecuado para el desarrollo de este estudio, a sus profesores y técnicos que colaboraron con la ejecución y asesoría técnica correspondiente.

6 REFERENCIAS

Grande, S. (2005). Rocas volcánicas de Falcón central: caracterización geoquímica y tectónica, modelos propuestos. Geos, UCV, Caracas, 38: 25-27 + 25 láminas en carpeta 12 de CD.

Kerr, A., Urbani, F., Spikings, R., Barry, T., Hastie, A Tarney, J. (2008). The Siquisique basalt and gabbro its, Los Algodones, Lara state, Venezuela: II Jornadas Venezolanas de Geología de Rocas Ígneas y Metamórficas. UCV Caracas, noviembre, en CD. (Reproducido en Geos UCV, Caracas, 40(2009):19-21 + cartel en DVD, 2010).

McMahon, C. E. (2000). Evaluation of the effects of oblique collision between the Caribbean and South American plates using geochemistry from igneous and metamorphic bodies of Northern Venezuela Univ. Notre Dame, Indiana, Tesis doctoral. 227 p (Reproducido en Geos, UCV, Caracas, 39(2007): 195-196 + 250 p. en carpeta 258 de DVD, 2008)

Urbani F, Grande S; (2015). Los diques de basalto de la Quebrada Yaracuybare, Municipio Silva, Estado Falcón, Venezuela. https://www.researchgate.net/publication/289526203

Urbani, F (ed) (2022) Geología del norte de los estados Lara y Yaracuy. Caracas: Ediciones Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat y Fundación Geos – Universidad Central de Venezuela. 612 pp

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Utilización de cubos de compuesto de cementicio con bajo contenido de basalto como blindaje ante radiación

V. Osechas[1]*, V. Bolívar[2], H. Sosa[3], J. Camacho[3], A. Acevedo[4], N. Camacho[1], l. Videla[1].

*Autor de Contacto: victorosechas@gmail.com

Resumen.

Se evaluó la capacidad que tenía los cubos de morteros obtenido con rocas cuarcitas con un contenido bajo de basalto trituradas a 40µm, como blindaje ante la radiación producida por rayos gamma. Por la similitud química de este tipo de roca con el regolito lunar, es posible estimar el uso de regolito lunar como blindaje antes radiaciones presentes en el espacio, teniendo como consecuencia un ahorro al momento de establecer habitad permanente en la Luna al determinar el potencial de uso de los materiales in situ presente allí.

Palabras clave: Radiación, atenuación, blindaje, basalto, mortero.

[1] Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
[2] Estudiante doctorado Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
[3] Agencia Bolivariana de Asuntos Espaciales. Caracas, Venezuela.
[4] Ingeniero Civil Independiente. Caracas, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN.

La radiación gamma al igual que los rayos X es debida a fotones de altas energías, que son fotones con longitudes de ondas menores a rayos ultravioletas y todas pertenecen al campo electromagnético. Este tipo de radiación es tanto común en ambientes hospitalarios, en el campo de la ingeniería y también en fenómenos cósmicos, esto hace que sea necesario identificar los materiales que permitan el trabajo en estos ambientes de manera segura y que se adapten dependiendo de la intensidad que tenga cada fuente emisora, y entre estos materiales los que presenten una mayor densidad son los más idóneos a tal fin, por eso los morteros densos dan la ventaja de su maleabilidad para su aplicación.

Entre esos morteros podemos tener los morteros obtenidos de la trituración de rocas cuarcíticas con basalto intrusivo, un tipo de roca que se encuentra presente en Venezuela en el estado Falcón y en el estado Lara. Estas rocas tiene la peculiaridad de geoquímicamente son muy similares al regolito presente en el suelo de la Luna.

Al ser el espacio un ambiente tan agresivo antes la radiaciones, entre ella la de los rayos gamma es de interés conseguir materiales in situ que puedan ser usados como blindaje antes estos rayos, ya que llevar desde la Tierra materiales para este fin conlleva un alto costo.

2 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la factibilidad de uso de morteros constituidos a partir de la trituración de rocas cuarcitas con un contenido bajo de basalto hasta un grano de 40µm como blindaje antes la radiación debida a fotones de altas energía.

3 PROCEDIMIENTO.

Las muestras recolectadas en Los Algodones Siquisique, estado Lara fueron de cantos rodados cerca de diques de basaltos, los cuales al realizar el análisis petrográfico se determinó que eran rocas cuarcítica con intrusiones de basaltos que al realizar los análisis químicos se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 1.

Muestra	(CaO)	(Al_2O_3)	(Fe_2O_3)	(MgO)	(SiO_2)	(MnO)	(Na_2O)	(K_2O)
Basalto - Andesita	4,134 ± 0,178	4,161 ± 0,290	4,165 ± 0,143	1,286 ± 0,001	39,89 ± 1,14	0,052 ± 0,002	2,901 ± 0,138	0,348 ± 0,013
Rocas Ígneas	7,061 ± 0,703	10,003 ± 0,362	8,397 ± 0,993	6,493 ± 0,000	51,28 ± 3,89	0,085 ± 0,008	3,655 ± 0,482	0,215 ± 0,016

Figura 1. Resultados obtenidos en la determinación de óxidos presentes en las muestras recolectadas en Los Algodones Siquisique, Edo Lara.

Y en los análisis químicos realizados a las muestras lunares traídas de las misiones Apollo de Nasa que se muestran en la figura 2. se puede observar la similitud que existe entre las muestras recogidas en el estado Lara y las obtenidas en la Luna.

Oxide	Green Glass Apollo 15	Olivine Basalt Apollo 12	Olivine Basalt Apollo 15	Quartz Basalt Apollo 15	Quartz Basalt Apollo 12	High-K Basalt Apollo 11	Low-K Basalt Apollo 11	High-Ti Basalt Apollo 17	Aluminous Maria Basalt Apollo 12	Aluminous Maria Basalt Luna 16
SiO_2	45.6	45	44.2	48.8	46.1	40.5	40.5	37.6	46.6	45.5
TiO_2	0.29	2.9	2.26	1.46	3.35	11.8	10.5	12.1	3.31	4.1
Al_2O_3	7.64	8.59	8.48	9.3	9.95	8.7	10.4	8.74	12.5	13.9
FeO	19.7	21	22.5	18.6	20.7	19	18.5	21.5	18	17.8
MgO	16.6	11.6	11.2	9.46	8.1	7.6	7	8.21	6.71	5.95
CaO	8.72	9.42	9.45	10.8	10.9	10.2	11.6	10.3	11.82	12
Na_2O	0.12	0.23	0.24	0.26	0.26	0.5	0.41	0.39	0.66	0.63
K_2O	0.02	0.064	0.03	0.03	0.071	0.29	0.096	0.08	0.07	0.21
MnO	0.21	0.28	0.29	0.27	0.28	0.25	0.28	0.22	0.27	0.26
Cr_2O_3	0.41	0.55	0.7	0.66	0.46	0.37	0.25	0.42	0.37	–
P_2O_5	–	0.07	0.06	0.03	0.08	0.18	0.11	0.05	0.14	0.15
S	–	0.06	0.05	0.03	0.07	–	–	0.15	0.06	–
Σ	99.4	99.77	99.46	99.08	100.23	99.67	99.85	99.58	100.2	100.42
Sample	15426	12009	15555	15076	12052	Average	Average	71055	12038	B–1 A–35

Figura 2. Composición química muestras de proyectos Apollo de la NASA.

Antes esta similitud, a las muestras tomadas en Lara se trituró hasta conseguir un tamaño de grano de 40µm, que es un tamaño cercano del regolito Lunar y se mezclaron directamente con agua y de esta manera conseguir un mortero con el cual se conformaron cubos de aristas de 5,50 mm aproximadamente.

Con estos cubos se diseñó un experimento que consistía en el montaje de un sistema constituido por una fuente de de Cesio 137 (0,3 GBq/8mCi) ubicada entre dos bloques de concreto de 500 mm de espesor que permitía forma una canal por donde los fotones solo tendrían un camino, en dicho canal se ubicó el dosímetro y se tomaron tres lecturas, la primera sin cubos de blindaje, la segunda con un cubo de 55 mm de espesor y la tercera con dos cubos juntos dando un espesor de 110 mm.

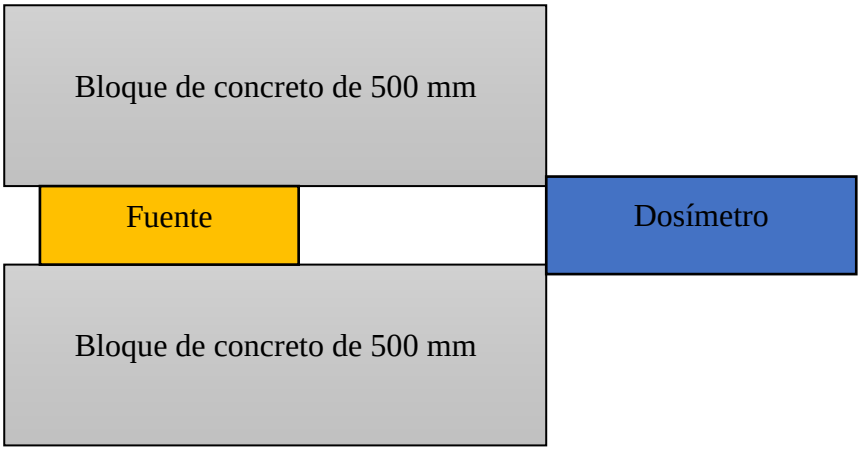


Figura 3. Esquema de experimento para la primera medición, sin blindaje.

© 2025 ALCONPAT Internacional

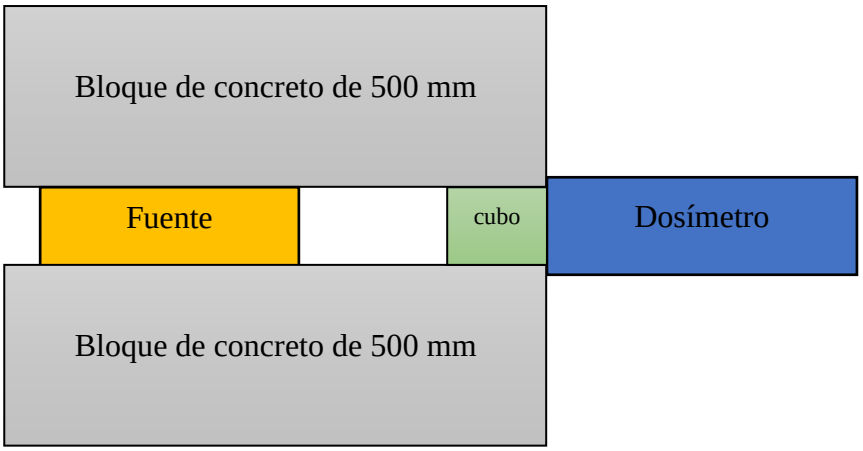


Figura 4. Esquema de experimento para la segunda medición, 55mm de blindaje

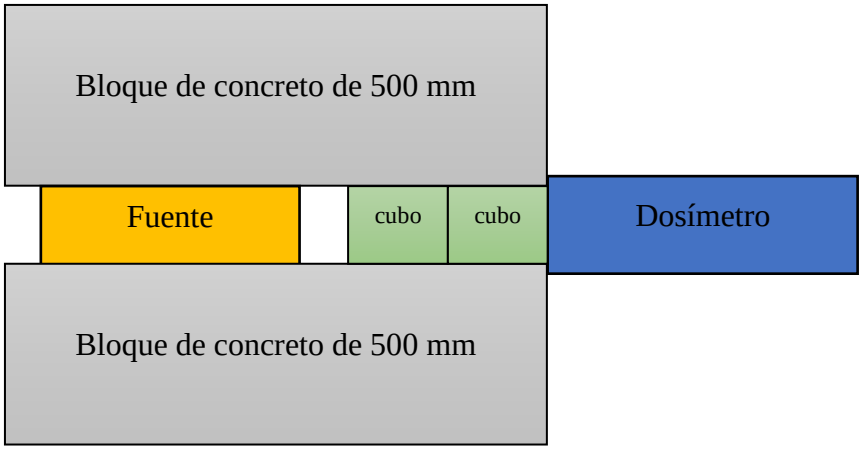


Figura 5. Esquema de experimento para la tercera medición, 110mm de blindaje

Como medición de control se utilizó cubos de mortero de cemento de una resistencia de 250 kg/cm^2 y se repitieron la misma cantidad de mediciones en las mismas configuraciones realizadas en los cubos del estudio.

4 RESULTADOS Y ANÁLISIS.

Al realizar las medidas se obtuvieron los siguientes resultados para el mortero de rocas cuarcitas sedimentarias con un contenido bajo de basalto (todos los espesores están medidos en mm y las dosis en mR/h):

Tabla 1. Mediciones realizadas con el mortero de rocas cuarcitas sedimentarias con un contenido bajo de basalto.

Espesor	Dosis	Espesor	Dosis	Espesor	Dosis
0	77,00	55	46,8	110	24,7
0	77,87	55	46,07	110	26,09
0	79,18	55	44,43	110	26,77
0	77,00	55	44,74	110	26,83
0	76,62	55	43,13	110	27,5
0	79,05	55	43,84	110	27,13
0	79,91	55	46,79	110	27,44

De los resultados anteriores se consiguen los siguientes valores promedios:

Tabla 2. Valores promedios del mortero de rocas cuarcitas sedimentarias con un contenido bajo de basalto.

	Dosis sin blindaje	Dosis 55 mm blindaje	Dosis 110 mm blindaje
Promedio	78,09	45,11	26,64
mediana	77,87	44,74	26,83
max	79,91	46,8	27,5
min	76,62	43,13	24,7
desves	1,29	1,46	0,98

Con el grupo de control de obtuvieron los siguientes valores (todos los espesores están medidos en mm y las dosis en mR/h):

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 3. Mediciones realizadas con el mortero de cemento.

Espesor	Dosis	Espesor	Dosis	Espesor	Dosis
0	80,54	50	45,74	100	25,6
0	74,72	50	41,67	100	26,68
0	77,50	50	43,77	100	27,97
0	78,68	50	44,01	100	28,01
0	79,05	50	43,64	100	27,69
0	76,37	50	44,28	100	28,11
0	75,92	50	42,46	100	28,6

De los resultados anteriores se consiguen los siguientes valores promedios:

Tabla 4. Valores promedios del mortero de cemento.

	Dosis sin blindaje	Dosis 50 mm blindaje	Dosis 100 mm blindaje
Promedio	77,04	43,31	27,84
mediana	76,94	43,705	27,99
max	79,05	44,28	28,6
min	74,72	41,67	26,68
desves	1,67	1,02	0,64

Con los promedios obtenidos en las tablas 2 y 4, podemos construir las curvas de espesor de blindaje respecto a las dosis registradas mostradas en la Figura 6.

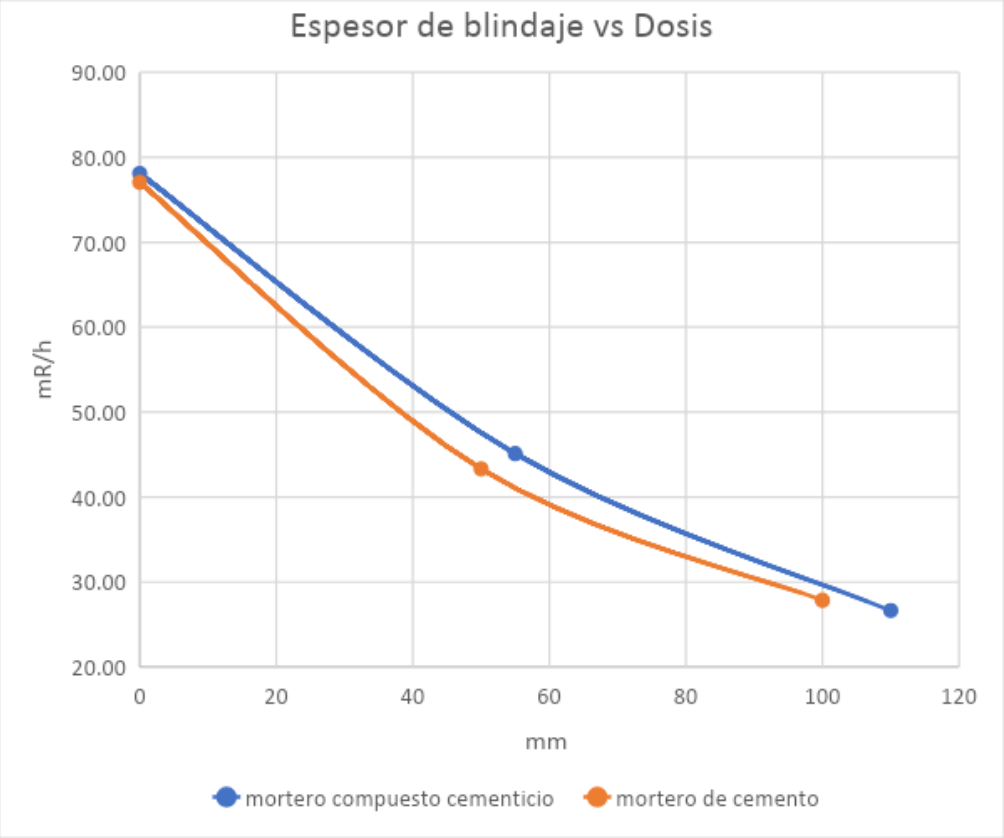


Figura 6. Gráfico de curvas Espesor de blindaje vs Dosis.

En las curvas que se muestran en la figura 4 se puede ver que la protección que se registra por el mortero de rocas cuarcitas sedimentarias con un contenido bajo de basalto es equivalente al que se obtiene de un mortero de cemento antes una fuente de radiación de Cesio 137 (0,3 GBq/8mCi)

5 CONCLUSIONES

En los resultados se puede ver el potencia que presenta el mortero realizado con el compuesto cementicio de rocas cuarcitas con un contenido bajo de basalto como blindaje complementario antes radiación ionizantes de fotones de altas energías, y por su similitud en su composición química con el del regolito lunar existe un potencial uso del material que se encuentra en la luna para la construcción de habitad permanentes en misiones lunares, pero es necesario realizar más mediciones cambiando la fuente, con el fin de poder encontrar la curva de atenuación de dicho material, ya que es con dicha curva con la que se puede determinar en cuales situaciones y con qué espesor puede ser más practico la utilización de dicho material.

© 2025 ALCONPAT Internacional

La utilización del mortero del estudio ayuda a ahorrar costos en las misiones a la Luna que esperan establecer habitad permanentes allí, al permitir probar con materiales análogos químicamente presentes en la Tierra sus potenciales usos antes de ser enviadas las futuras misiones.

6 REFERENCIAS

J. Papike, F. Hodges; A. Bence, M. Cameron; J. Rhodes. “Mare basalts: Crystal chemistry, mineralogy, and petrology.” Reviews of Geophysics. (1976). Vol.14: pp. 475-540.

F. Urbani (Ed.). Geología Del Norte De Los Estados Lara Y Yaracuy. (2021) Vol. 1: cap 7. pp. 320-343.

V. Yanchapanta; M. Ganán; J. Olalla; R. Ormaza; N. González. “Diseño y cálculo de blindaje para zonas de alto, medio y bajo riesgo radiológico de la unidad de medicina nuclear con SPECT-CT.” Ciencia Digital. (abril - junio, 2019). Vol. 3, pp. 206-218.

LT. H. Ramirez. “Aplicación del concreto en blindaje contra radiación.” Revista de las Fuerza Armadas. (abril 1963). pp. 161-173.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

3) Métodos evaluación y ensayos

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Evaluación patológica de edificaciones mediante filosofía BIM

R. Torres[1*], L. Torres[1]

* ronaldtorres9221@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es desarrollar una propuesta de metodología para la evaluación patológica de edificaciones mediante filosofía BIM. Se proyecta una serie de procesos en los que se realizan levantamientos de campo que luego se registran en un sistema digital (geometría de la edificación, aspectos externos, propiedades físicas de los materiales empleados, etc.) y de esta forma lograr construir un modelo tridimensional virtual, adaptado a la realidad, aplicando una metodología de evaluación patológica de la edificación, identificando síntomas o daños en la estructura. La conclusión directa es que se logra volcar toda la información recabada en la fase de levantamiento y auscultación en un único modelo tridimensional virtual, que es operativo desde las diferentes disciplinas.

Palabras clave: BIM, Diagnostico, Estructura, Modelado, Patología.

[1] Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

El motivo de realizar la inspección de una edificación puede estar determinada por la necesidad de comprobar ciertas características asociadas a procesos patológicos en donde se presentan dudas sobre su funcionalidad, seguridad o durabilidad. De esta manera, es necesario establecer las técnicas de reconocimiento donde se determinen las causas de los daños que originan las lesiones y almacenar toda esa información en un único modelo.

En este sentido, existe la necesidad de realizar estudios de patología de la edificación con procedimientos claros y sistemáticos que permitan hacer diagnósticos apropiados, considerando que en Venezuela existen profesionales especializados en patología de la construcción que no cuentan con una norma Nacional para realizar dichos estudios, si bien es cierto, existen diferentes experiencias en la práctica profesional de la ingeniería que han permitido implementar metodologías para elaborar un diagnóstico del estado de las edificaciones y realizar recomendaciones de actuación, es importante contar con un documento que sirva de guía para la valoración del daño y estipule el perfil profesional que garantice el manejo y aplicación de los conceptos y conocimientos tecnológicos, de tal manera que permita realizar rigurosos estudios de las deficiencias técnicas en la edificación inspeccionada. Con base en lo anterior, este trabajo desarrolla una propuesta de metodología para la evaluación patológica de edificaciones mediante filosofía BIM, lo que permitirá generar un diagnóstico acertado en las edificaciones de concreto reforzado

2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Según la EN-ISO 19650, el BIM (Building Information Modeling) es el uso de una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación y proporcionar una base de datos confiable para la toma de decisiones. Se puede generalizar BIM como una filosofía en la cual se relacionan todas las disciplinas inmersas en un proyecto de obra civil, construyendo una base de datos de información gráfica y alfanumérica generando un modelo tridimensional.

Los proyectos basados en la filosofía BIM, presentan diferentes fases durante el desarrollo de su ciclo de vida, denominadas dimensiones, Figura 1. Durante estas fases se puede reconocer que no solo se trabaja en un entorno de trazado 3D si no que a medida que se le agrega información al modelo es necesario definir todos los temas que intervienen en la digitalización de la construcción, Ramos (2016). El Facility Management es un término utilizado para la gestión del proyecto post-ejecución (Gestión del Activo construido), y representa la séptima dimensión del BIM, en ésta dimensión es que se inserta este trabajo, aunque abarca también las dimensiones 2, 3 y 4. La post-ejecución del proyecto es la fase más duradera en el tiempo, Ramos (2016). El modelo 3D funciona como la base de datos para gestionar procesos de mantenimiento, rehabilitaciones, remodelaciones e inspecciones requeridas una vez construido el edificio, Aguado (2016).



Figura 1. Dimensiones de BIM, Fuente Ramos (2016)

Es importante en Bim especificar el Nivel de Desarrollo L.O.D, se utilizan para indicar hasta qué punto se desarrolla cada uno de los elementos del modelo, este incluye las dimensiones geométricas y la información del componente u objeto, Figura 2. Según Gonzales (2015) L.O.D es el nivel de madurez de la información que posee un elemento dentro del modelo tridimensional, este puede ser un componente, un sistema constructivo o un montaje del proyecto. En el caso del análisis patológico se requiere un nivel Nivel de Desarrollo que puede ir desde L.O.D 300 como mínimo hasta L.O.D 500 que es el máximo detalle que se puede cubrir. Para la implementación de este trabajo se utilizó Revit, según Monfort (2015) es una herramienta informática de dibujo asistido por computador que permite el diseño de los elementos de una edificación integrando la modelación paramétrica de los mismos de una manera inteligente y tridimensional. Revit dispone de un interfaz de parametrización gráfico que le facilita al usuario describir cualquier objeto con independencia de su categoría, el programa se basa en archivo único que contiene toda la información del proyecto.

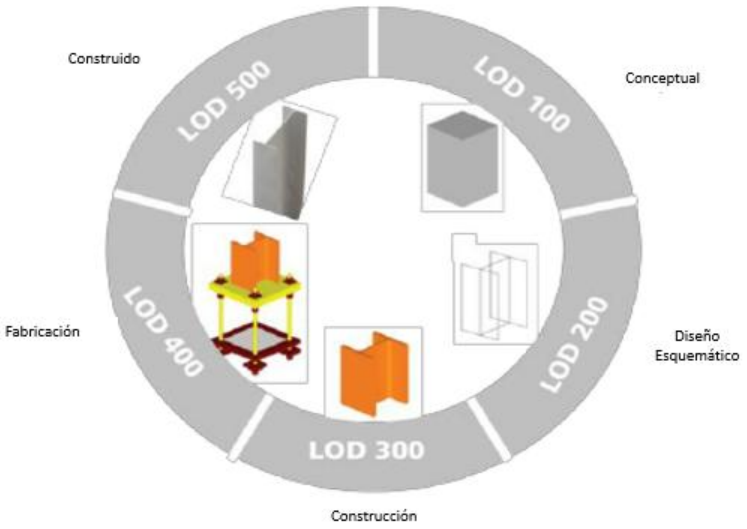


Figura 2. Niveles de Desarrollo BIM, Fuente Gonzales (2015)

© 2025 ALCONPAT Internacional

3 METODOLOGÍA

La evaluación patología es un proceso para determinar la idoneidad de una estructura o componente para su uso previsto mediante el análisis sistemático de la información y los datos reunidos a partir de las revisiones de la documentación existente, las observaciones de campo, la condición actual de la edificación y las pruebas de materiales. Por las indicaciones anteriores el BIM esla Filosofía indicada para estructurar y gestionar toda la información, manejando en un sólo modelo los documentos de proyecto y cálculo, las modificaciones (reparaciones y mantenimiento), las inspecciones periódicas y de patología. Para realizar la propuesta se tomaron consideración los procedimientos y términos empleados en algunas de las guías y estándares desarrolladas por el Instituto Americano del Concreto (ACI), la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), así como también algunos de los estándares desarrollados por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y las normas nacionales. A continuación, se mencionan algunos de los documentos: Fondonorma 1753:2006, ACI 318, ASCE/SEI 41-17,ACI 364.1 R-94, ACI 201.1R-08, ACI 224.1R-93, ACI 437R-03, ACI 228, ACI 546R-04.
Este proceso investigativo de evaluación generalmente no se puede estandarizar en una serie de pasos bien definidos porque el número y el tipo de pasos varían según el propósito específico de la investigación, el tipo y la condición física de la estructura, la integridad del diseño disponible y documentos de construcción, y la resistencia y calidad de los materiales de construcción existentes. Sin embargo, a pesar de los inconvenientes anteriores se presentan unas pautas generales que se desarrollan en las siguientes fases:

3.1 Fase I Documentación

Se debe hacer un gran esfuerzo para localizar, obtener y revisar los documentos pertinentes relacionados con la edificación, ésta se integra a la base de datos del modelo BIM. Una revisión exhaustiva de la documentación disponible ahorrará tiempo y costos para cualquier proyecto de evaluación patológica ya que reduciría el nivel de incertidumbre presentes en el diagnóstico. Los documentos los podemos obtener en archivos de propietarios, ingeniería municipal, diseñadores originales, constructores originales, laboratorios de ensayos, empresas de gestión de edificaciones, bibliotecas, sociedades de historia, institutos de conservación entre otros. La información recabada en esta fase la organizamos de la siguiente manera:

3.1.1 Información de diseño

- Planos de diseño, especificaciones y cálculos.
- Planos de taller de ensamblajes y armazones de acero.
- Planos para colocación de acero de refuerzo de concreto.
- Planos de alteración, adiciones y modificaciones.
- Códigos de construcción aplicados en el diseño.
- Planos, fotografías, registros de campo de trabajo y correspondencia según la construcción.
- Información técnica del fabricante, descripciones de materiales de construcción, patentes y datos de prueba.
- Uso original de la edificación y uso actual

3.1.2 Información de materiales

- Informes de pruebas de molinos sobre cemento, acero de refuerzo y pretensado.

- Componentes de la mezcla de concreto, proporciones y resultados de la prueba.
- Especificaciones y planos de materiales, incluidos los preparados por proveedores de materiales y utilizados para colocar sus productos en la construcción original.
- Presiones permisibles de soporte del suelo de fundación.

3.1.3 Información de construcción

- Resultados de ensayos en concreto fresco y endurecido.
- Informes de prueba de materiales para todos los materiales estructurales utilizados.
- La información relativa a la fundación como presiones permisibles de soporte del suelo, trabajos de compactación del relleno realizados durante la construcción.
- Datos de control de calidad e informes de inspección de campo.
- Informes presentados por inspectores de construcción.
- Libros diarios de obra mantenidos por el equipo de construcción.
- Planos y especificaciones mantenidas en el trabajo, incluidas las modificaciones.
- Correspondencia entre los miembros del equipo de construcción, el equipo de diseño y el propietario o promotor.
- Fotografías de progreso laboral.
- Planos de edificación construida.

3.1.4 Información sobre operación y explotación

- Registros de propietarios actuales y anteriores.
- Registro de usuarios de la edificación, sus representantes legales y sus aseguradores.
- Registros de mantenimiento, reparación y remodelación.
- Entrevistas con personal de operación y mantenimiento.
- Información sobre operación, ocupación, casos de sobrecarga y límites de carga.
- Registros de actividad sísmica, actividad geológica, etc.
- Registros meteorológicos.
- Informes de seguros y registros de daños a la estructura por incendio, viento, nieve, sobrecargas, terremotos, fatiga, etc.
- Fotografías.
- Registros de entes Estatales y Municipales como Ingeniería Municipal, así como entes rectores como Ministerio de Infraestructura entre otros.
- Informes mantenidos por los propietarios de estructuras adyacentes.
- Periódicos locales y publicaciones comerciales.

3.2 Fase II Observaciones de campo y estudio de condición de la estructura

A pesar de contar con documentación e información completa de la edificación, mencionada en la Fase I (información de diseño, materiales, construcción, operación y explotación) se requiere una investigación adicional para verificar la confiabilidad y precisión en el campo. Las observaciones de campo no solo deben abordar la geometría de la edificación y los materiales de construcción, sino también la condición actual de la edificación, su entorno y las cargas a las que está sujeta.

Cuando los documentos originales no están disponibles, se deben tomar medidas especiales para compensar la información que falta. Las pruebas no destructivas y las mediciones físicas deben usarse para complementar las observaciones visuales. Se debe hacer un reconocimiento para establecer las condiciones generales del sitio y para decidir si se requieren equipos de acceso

© 2025 ALCONPAT Internacional

especiales o permisos, si se deben eliminar algunos acabados, si se requiere que los servicios de subcontratistas proporcionen los medios de acceso apropiados, o servicios de inspección especializados que requieran aparejos. Esta fase la podemos dividir en tres actividades:

3.2.1 Preparación y planificación

La documentación disponible debe revisarse para determinar el tipo y el alcance de la información que se debe obtener o verificar. De igual forma es necesario desarrollar procedimientos de registro y formularios apropiados para documentar adecuadamente la información obtenida en el campo.

3.2.2 Verificación en campo de la edificación tal como está construida

Corroborar que la edificación plasmada en los documentos de diseño sea la misma que la edificación construida. De igual forma es importante verificar si se mantiene el uso indicado en el diseño o si hubo algún tipo de modificación de la edificación. La ejecución de esta actividad la podemos subdividir en:

3.2.2.1 Verificación de Geometría

Las condiciones de construcción pueden variar considerablemente de las que se muestran en los planos de diseño o detalle. Estas variaciones pueden deberse a modificaciones de diseño posteriores o cambios de campo. Por tal motivo se deben medir tramos y secciones transversales de los miembros estructurales, particularmente en ubicaciones críticas; aberturas en estructuras y agujeros a través de los miembros estructurales indicando ubicación y tamaño; cantidad y tipo de acero de refuerzo en el concreto indicando el número, tamaño, longitud y espaciamiento

3.2.2.2 Verificación de materiales estructurales

Determinar mediante métodos de prueba no destructivos las propiedades y características de los materiales presentes en la edificación para compararlos con los asumidos y previstos en los documentos de diseño. Estos métodos de prueba no destructivos se realizan con instrumentos de detección magnética, radiografía, esclerómetro, velocidad de pulso ultrasónico entre otros. Con estos instrumentos se pueden estimar el número, tamaño, longitud y espaciamiento del acero de refuerzo en el concreto, así como estimar la resistencia del concreto. Si los detalles de refuerzo están disponibles, los métodos de prueba no destructivos se pueden usar para verificar la información en algunas ubicaciones aleatorias (Carino y Malhotra 1991). En algunos casos excepcionales se puede aplicar una remoción exploratoria (calas) cuando no es posible determinar la ubicación o el tamaño del acero de refuerzo en el concreto, es importante que los ensayos sean referenciados directamente a los elementos en el modelo bim, de ésta forma conocemos su ubicación y permite una gia tridimensional sobre lo obtenido en la edificación.

3.2.2.3 Verificación de cargas

Verificar que las cargas existentes (muertas, vivas, viento, sismo, empuje de tierras, dinámicas por equipos y maquinarias), las combinaciones de carga, las presiones del suelo y las condiciones ambientales que actúan sobre la estructura de la edificación sean consistentes con las asumidas y previstas en el momento del diseño. En este paso se debe tener en cuenta cualquier cambio en las cargas que puedan afectar la capacidad total de la estructura

3.2.2.4 Verificación del entorno de la edificación

Revisar que la exposición a condiciones ambientales, climáticas y elementos agresivos por parte de la edificación coincida con las asumidas y previstas en los documentos de diseño

3.2.3 Evaluación de la condición actual de la estructura

La edificación debe considerarse sin prejuzgar la causa y el tipo de defectos. Es necesario describir las condiciones adecuadamente para que puedan evaluarse objetivamente. Las fotografías y las cintas de video pueden ser valiosas a este respecto. Se debe realizar una inspección visual para documentar el alcance y la gravedad de cualquier agotamiento o deterioro que pueda afectar la capacidad de carga o la vida útil de la estructura. Espacios previamente reparados o modificados de la estructura también deben incluirse en la inspección. La ejecución de esta actividad la podemos subdividir en:

- Datos generales de la edificación, características de le edificación en su condición actual.
- Condiciones ambientales y de carga.
- Indicadores de agotamiento o deterioro: Durante la ejecución de esta actividad es importante estar familiarizados con la terminología y la forma de identificación de los variados tipos de agotamientos o deterioros, que puedan estar presentes en la edificación. Igualmente es necesario determinar el grado de deterioro, así como la ubicación dentro de la edificación para evaluarlos en la fase de diagnóstico, en la Tabla 1 se presenta un posible formato.

Tabla 1. Indicadores de agotamiento o deterioro

Fecha inspección	Patología	Nivel de Daño	Ubicación	Elemento	Observación	Imagen

- Registros de fenómenos relacionados con la textura del concreto
- Recubrimientos superficiales: Durante la ejecución de esta actividad se debe documentar la existencia de recubrimiento superficial indicando el tipo, grosor, unión al concreto y su condición
- Alineación aparente de la estructura general, asentamientos y pérdida de verticalidad.

3.3 Fase III Muestreo y prueba de materiales

A menudo se requieren pruebas de materiales (concreto y acero) para determinar las propiedades mecánicas, físicas y químicas, así como las condiciones del material en su estado actual. El desarrollo de esta fase consiste en la elaboración de pruebas y ensayos necesarios para descartar o demostrar las causas que originan los deterioros o síntomas que provocan el funcionamiento anómalo de la edificación. La prueba puede ser destructiva o no destructiva y puede realizarse tanto en el campo como en el laboratorio. Es esencial que las muestras se obtengan, manipulen, identifiquen (etiqueten) y almacenen de manera adecuada para evitar daños o contaminación (Stowe y Thornton 1984). Las ubicaciones de muestra deben distribuirse aleatoriamente en toda la

© 2025 ALCONPAT Internacional

estructura. El número y el tamaño de las muestras dependen de las pruebas de laboratorio y el grado de confianza deseado en los valores promedio obtenidos de las pruebas.

3.4 Fase IV Evaluación Estructural

Durante el desarrollo de esta fase se deben realizar evaluaciones estructurales para determinar la capacidad de carga de todos los elementos o componentes críticos de la estructura y la estructura en su conjunto. Es necesario tomar en consideración las discrepancias entre las dimensiones medidas en el campo y las indicadas en los planos disponibles, así como los resultados de las pruebas y ensayos de los materiales para tomar en cuenta la resistencia, calidad y desempeño satisfactorio en términos de esperanza de vida, cargas futuras y uso previsto. La evaluación de capacidad de la estructura debe tomar en cuenta todas las cargas presentes y anticipadas (muertas, vivas, viento, sismo, equipos) de acuerdo con los requisitos o estándares especificados.

3.5 Fase V Observaciones de campo y estudio de condición de la estructura

Una vez organizada la información (documentos originales, observaciones de campo, condición de la edificación, resultados de ensayos y evaluación de capacidad estructural) dentro del modelo paramétrico, procedemos a establecer las causas de los daños y/o lesiones presentes en la estructura en vista de los síntomas y apoyándose en las pruebas y ensayos realizados. Se programan códigos para el manejo de información, en Revit se utiliza Dynamo, que es un sistema de programación visual con el que podemos desarrollar rutinas que denominamos Agentes Inteligentes, que permiten procesar las distintas variables estudiadas, para indicar si el concreto es homogéneo, la resistencia característica o correlaciones entre los parámetros que fueron incorporados al modelo BIM.

4 RESULTADOS

Se realiza un ejemplo práctico de la aplicación del procedimiento para ver su versatilidad, los procedimientos antes descritos se aplican dependiendo de cada una de las disciplinas a modelar sobre la estructura y las patologías que se quieren evaluar. A continuación, se presenta vistas en 3 dimensiones de las disciplinas arquitectura, estructura e instalaciones sanitarias sobre el edificio escogido, Figura 3. Una vez creado los modelos de las disciplinas de Arquitectura, Estructura e Instalaciones, se vinculan en un solo modelo, llamado Modelo Federado Patología; organizado el modelo federado procedemos a la elaboración de tablas de planificación para extraer la información guardada en los parámetros patológicos creados conforme a los indicadores de ensayos de materiales, agotamiento o deterioro, y con ello analizar la sintomatología de la edificación para realizar diagnósticos más acertados.

La importancia y ventajas en la creación y usos de tablas de planificación que permitan manipular los parámetros patológicos es que, en las mismas se pueden generar en el modelo federado analizando y trabajando con los datos creados en los modelos vinculados (Arquitectura, Estructura, Instalaciones, etc.), adicional a que se pueden generar nuevos campos o parámetros de calculo que actúen como indicadores y agentes inteligentes para la determinación de diagnósticos certeros. A continuación, observamos una tabla comparativa para “Columnas Estructurales”, donde se realiza una comparación de valores entre el parámetro “Resistencia a compresión”, supuesto como dato de diseño según documentos obtenidos en la fase de documentación y el parámetro creado “Resistencia a Compresión Indicador” supuesto como dato de verificación en campo según un ensayo no destructivo, Tabla 2. La comparación se logra a través de un condiciónate formulado

como un agente inteligente de verificación que permite determinar si la resistencia cumple con las expectativas de diseño.



Figura 3. Niveles de Desarrollo BIM, Fuente Gonzales (2015)

Adicional a la creación de las tablas verificación, se replanteo la ubicación de aceros de refuerzo con ayuda de lecturas de Ferroscan en algunos ejemplares perteneciente a la disciplina de estructura como son las columnas y vigas. En las imágenes siguientes podemos apreciar en el modelo federado la representación en 3 dimensiones en estilo visual “Realista” de los ejemplares: zapata, columnas, losas y vigas que convergen en la intersección de los ejes C y 4, y correspondiente a los niveles 00 Nivel S, 01 Nivel PB y 02 Nivel OF, a fin de resaltar la ubicación de los aceros de refuerzos según la lectura de Ferroscan y comparar con la ubicación que indican los documentos de diseño o construcción si existieren. De igual forma podemos apreciar en estilo visual “Estructura Alámbrica” los ejemplares rellenos con los colores determinados de acuerdo al cumplimiento de reglas configuradas en los filtros de visualización haciendo uso de los parámetros creados, para resaltar los elementos a los cuales se le aplicaron ensayos no destructivos con los equipos de Ferroscan y Esclerómetro para determinar la resistencia a compresión y la ubicación de acero de refuerzo.

En la Figura 5 se presenta una vista en 3D a la cual se le asignaron dos filtros basados en regla. En ella podemos ubicar visualmente los ejemplares de muro del modelo de arquitectura, los cuales tienen síntomas relacionados con la humedad y eflorescencia, en este caso configuramos la plantilla de visualización, para cuando se cumpliera la regla establecida en el filtro, el ejemplar se viera de un color especifico, por ejemplo, el color verde para indicar presencia “Humedad” y el color azul para indicar presencia de “Eflorescencia”.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 2. Indicadores de agotamiento o deterioro

Nivel	Ubicación	Familia y Tipo	Resistencia Proyecto	Resistencia Ensayo No Destructivo	Comparación
Nivel PB 01	C-4	Column: 700 x 700mm LTM	24.1 MPa	29.0 MPa	Cumple
Nivel PB 01	G-4	Column: 700 x 700mm LTM	24.1 MPa	23.6 MPa	No Cumple END
Nivel PB 01	I-4	Column: 700 x 700mm LTM	24.1 MPa	18.1 MPa	No Cumple END
Nivel OF 02	C-4	Column: 700 x 700mm LTM	24.1 MPa	17.2 MPa	No Cumple END
Nivel VA 04	C-4	Column: 600 x 600mm LTM	24.1 MPa	24.5 MPa	Cumple

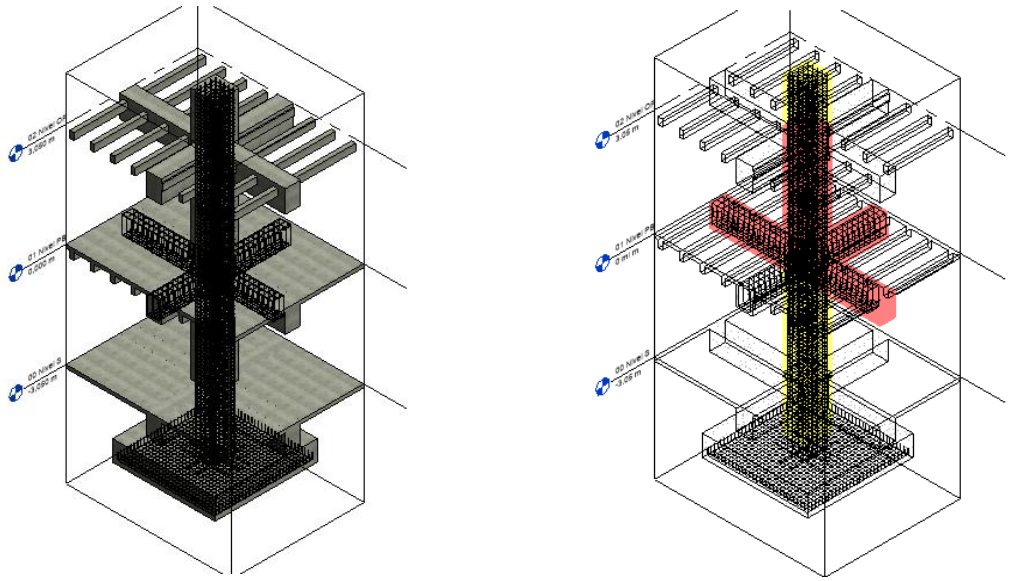


Figura 4. Vista en 3D de modelo federado resaltando los aceros de refuerzos

En la Figura 5 se presenta una vista en 3D a la cual se le asignaron dos filtros basados en regla. En ella podemos ubicar visualmente los ejemplares de muro del modelo de arquitectura, los cuales tienen síntomas relacionados con la humedad y eflorescencia, en este caso configuramos la plantilla de visualización, para cuando se cumpliera la regla establecida en el filtro, el ejemplar se viera de un color especifico, por ejemplo, el color verde para indicar presencia “Humedad” y el color azul para indicar presencia de “Eflorescencia”

Adicional a la configuración de “Plantillas de Vista”, a las caras de los elementos se le puede aplicar un “Estampado” según un archivo en formato de imagen, por ejemplo, .JPG, para mejorar la visualización y los renderizados. En la Figura 6, podemos apreciar en el modelo federado, una vista

3D en la cual se utilizó el comando “Estampado” en algunos de los ejemplares de muro que presentaban presencia de humedad y eflorescencia, y una vista en alzado detallando machas en elementos de muro y acero de refuerzo expuesto en base de columna.

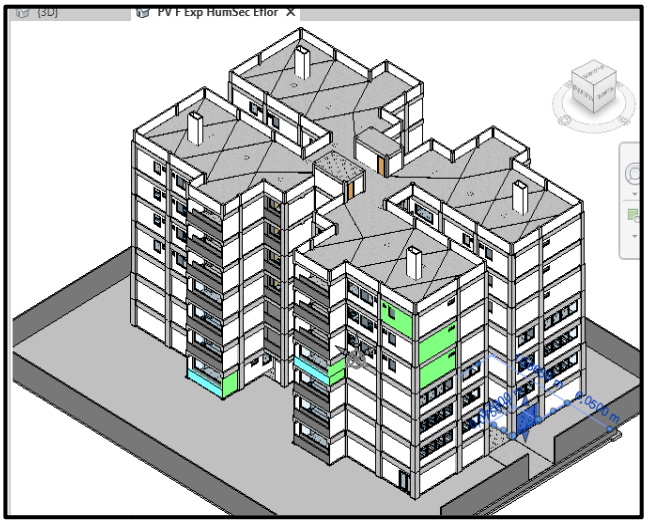


Figura 5. Vista 3D de modelo con aplicación de filtros



Figura 6. Vista 3D de modelo federado elementos deteriorados y detalle de vista de modelo federado con elementos de muro.

© 2025 ALCONPAT Internacional

5 CONCLUSIONES

Según los resultados y análisis obtenidos con la propuesta de metodología para la evaluación patológica de edificaciones mediante filosofía BIM podemos apreciar que posee un gran potencial cuando se aplica adecuadamente a la evaluación de estructuras y se gerencia para verificar deterioros y daños presentes en la edificación, adicionalmente el empleo de agentes inteligentes facilita la interpretación para un correcto diagnóstico.

Basándonos en la información recabada de la edificación, aplicando la propuesta de este trabajo y registrada en la herramienta seleccionada bajo un sistema BIM, se realiza una evaluación global para poder indicar las posibles causas de los daños y/o lesiones presentes, es decir, establecer un diagnóstico. Es importante aclarar que la herramienta sirve para indicarnos solo el marco referencial, para que el profesional a cargo de la evaluación conciba el diagnostico definitivo.

6 REFERENCIAS

ACI 201.1R-08 American Concrete Institute. Guía Para Realizar Una Inspección Visual De Concreto En Servicio.

ACI 224.1R-93 American Concrete Institute. Causas, Evaluación Y Reparación De Fisuras En Estructuras De Hormigón.

ACI 228 American Concrete Institute. Resistencia Estimada Del Concreto Mediante Métodos In Situ.

ACI 364.1 R-94 American Concrete Institute. Guía Para Evaluación De Estructuras De Concreto Antes De Su Rehabilitación.

ACI 437R-03 American Concrete Institute. Evaluación De La Resistencia De Estructuras De Concreto.

ACI 546R-04 American Concrete Institute. Guía Para La Reparación De Estructuras De Concreto.

Aguado, A. L. (2016). Impacto del BIM en la gestión de proyectos y obras de arquitectura. Valencia, España.

ASCE/SEI 41-17 American Society of Civil Engineers. Evaluación y Modernización Sísmica De Edificios Existentes.

Carino, N.J., and Malhotra, V.M., 1991. “Handbook of Nondestructive Testing of Concrete,” CRC.

EN-ISO 19650, Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 1: Conceptos y principios. (ISO 19650-1:2018).

Gonzáles, C. (2015). Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos (Proyecto final de Máster). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.

Monfort, C. (2015). Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura (Tesis de pregrado). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Escola Técnica Superior D'Arquitectura.

Ramos, L. F. (2016). Más allá de la tecnología: BIM como una nueva filosofía. CIVILIZATE(8).

Stowe, R.L., and Thornton, H.T., 1984, “Engineering Condition Survey of Concrete in Service,”

ACI (American Concrete Institute) Comité 318. (2019). Requisitos del Código de Construcción para Concreto Estructural (ACI 318-19) y Comentarios (ACI 318R-19). Farmington Hills, MI.

Norma Venezolana 1753-2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”. FONDONORMA, Caracas.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Factores e indicadores que determinan el estado de conservación de un inmueble según sus patologías de construcción.

R.E. Malave de Corrales[1]*, J. Yánez Mayorana[2]

*Autor de Contacto: rmalave@ucla.edu.ve

RESUMEN

El objetivo del trabajo es estimar la valoración porcentual de factores e indicadores que determinan el estado de conservación de las edificaciones, necesarios para el cálculo de su depreciación física; basándose en la consulta a expertos reconocidos en el área de la patología de la construcción y la tasación. Se consultó que sistemas al ser afectados pueden inducir al colapso y las manifestaciones patológicas más frecuentes. Los resultados arrojaron que, de los tres factores evaluados, tienen mayor rango de valoración los relativos al ambiente junto con la inspección (51-80 %); teniendo el factor relativo al inmueble menor valoración entre 31 y 50 %. Lo novedoso encontrado en la consulta es que el indicador tipo de ambiente, fue el de mayor valoración, 28,3%.

Palabras clave: Estado de conservación; Patología; Depreciación física; Ambiente; Durabilidad.

[1] Departamento de Construcción, Decanato Ingeniería Civil, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, UCLA, Barquisimeto Venezuela.
[2] Ejercicio libre, Atlanta, USA.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

En la ingeniería de tasación, la valoración es un aspecto importante para los entes financiadores, los entes aseguradores y los propietarios de un inmueble. Se han visto personas que han invertido sus ahorros de muchos años en adquirir una vivienda y luego de su ocupación al cabo de un tiempo manifiesta una serie de daños ocultos, que no se evidenciaron al inicio, ejemplo las residencias Villa del Cercado en Venezuela (J. Yépez et al 2016). Recientemente para disminuir esos riesgos en Venezuela, se aprobó la Norma Venezolana NTF4069 (2021), Inspección técnica de seguridad en edificaciones, que exige la evaluación del estado de conservación, previo a la compra, pero es poco conocida y menos aún aplicada.

En ese contexto, uno de los modelos más utilizados para la valoración, es el método por costo de reposición depreciado de Ross-Heideck, (Camacaro Miguel, 2020), en donde la depreciación de la construcción del inmueble se ve afectada por dos indicadores: el estado de conservación y la edad. Esto en función del porcentaje de vida útil y del estado de conservación, aplicado sobre el bien ya depreciado, resultando en la fórmula matemática sencilla:

$$Varh = Vcn - Vcn[\propto +(1-\propto)c] \quad (1)$$

En donde, $Varh: valor\ actual\ del\ inmueble.\ \ Vcn: valor\ del\ inmueble\ nuevo,$ $\propto: factor\ de\ depreciación\ por\ antigüedad,\ \ c: factor\ de\ depreciación\ por\ condición$ (estado de conservación).

Erick Heideck, quien es el autor del método, (Camacaro Miguel, 2020) utilizó la ecuación de Ross como base para luego adicionar el factor “c” del estado de la construcción y así deducir la ecuación de depreciación aplicada a la base depreciable del costo de la construcción c, aplicando la fórmula matemática (1). Siendo así, la escala de condición es, 1Óptimo, 1.5 Muy Bueno. 2 Bueno, 2.5 Intermedio, 3 Regular, 3.5 Deficiente. 4 Malo, 4.5 Muy Malo, hasta llegar a 5 Demolición. El valuador en la inspección de acuerdo a su experticia y observación decide ese estado.

Como un aporte al tema en el año 2003, se publicó un modelo en donde se establece la depreciación física como la sumatoria de los valores factoriales de las depreciaciones individuales de los diferentes componentes y sistemas de un edificio, según las directrices de ISO/DIS 15686-1 y en función de su esperanza de vida. Los resultados demostraron que existe correlación entre la depreciación del edificio y un modelo exponencial para edades tempranas en inmuebles con poco o ningún mantenimiento. Destacando que la depreciación más temprana se debe a la vida más corta de algunos de sus componentes y sistemas, contrario a lo establecido en métodos tradicionales como Ross-Heideck. (Tiso et.al, 2003)

En el año 2009, se publica otro modelo con su metodología y aplicación, en donde se define la valoración global del estado de conservación, lo más independiente de la subjetividad del técnico inspector. En este modelo se discretiza el inmueble en elementos y sistemas, relacionando directamente las valoraciones de las anomalías que afectan a cada elemento funcional con la caracterización del edificio como un todo. Las variables macro que se consideran son: la caracterización morfológica del lugar y del inmueble. En segundo lugar, el nivel de anomalía que registren cada uno de los 37 elementos considerados y divididos en tres grupos: propios del edificio, áreas comunes y apartamento evaluado. Esas anomalías las clasifica en cinco niveles, desde 1(muy grave) hasta 5 (ninguna anomalía). También se le otorga una ponderación del 1 al 6, a los sistemas

del edificio o inmueble; ejemplo: 6 sistema estructural hasta 1, sistema de aislamiento. Con estos valores aplicados a los datos recolectados en la inspección, se determina el índice de anomalías, el cual se vincula con el estado de conservación. (Branco Pedro Joao et.al, 2009).

Posteriormente, en el año 2011, se publica una tesis de maestría, en donde se propone que la depreciación física de un inmueble debe responder a un proceso objetivo y con fundamentos científicos, y soporta su estudio en la estructura de costos de cada uno de los elementos de un inmueble y considerando al igual que Tiso que la depreciación total responde a la sumatoria parcial de cada uno de los elementos y aplica el modelo de Ross-Heideck para cada uno de los elementos, pero no hace alguna consideración diferente con respecto al estado de conservación. (Pimienta Carrondo Joao, 2011).

El último trabajo revisado, publica la aplicación del modelo propuesto por Pimienta a un edificio residencial en Brasil, resaltando la importancia del estudio de las patologías como apoyo a la valoración inmobiliaria y evalúa la aplicación en 4 posibles escenarios: un escenario ideal en el edificio nuevo, sin fallas de construcción y aún sin mantenimiento, un segundo escenario en donde el edificio ante la inspección presenta condiciones regulares, el tercer escenario, el edificio requiere reparaciones importantes y en el último caso se establece una variación en la edad, estimando una edad aparente. En los resultados se cuantifica que la aplicación del modelo de Ross-Heideck, considerando las fallas patológicas, tienen una incidencia importante en la depreciación y por ende en la valoración del inmueble, sin embargo, para esa caracterización de las fallas el estado de conservación sigue prevaleciendo la experticia del inspector. (Olivaira Jorge et.al, 2017)

Este trabajo de investigación tiene como objetivo consultar a expertos, la incidencia porcentual de factores e indicadores de la patología de obras civiles sobre el estado de conservación de una edificación. Se definen los factores como los elementos que mantienen una relación contingente con el estado de conservación, esto es hacen más o menos probable su ocurrencia y se refieren a un aspecto macro que contiene una serie de indicadores o características físicas que son observables, cuantificables y/o medibles, tales como la tipología del inmueble, el mantenimiento, el uso, la edad, los cambios climáticos, la caracterización del ambiente y el proceso de inspección, (José Niño E. 2000).

Los indicadores, de acuerdo a los estudios de patología de la construcción, tienen recomendaciones normativas (Norma Venezolana NTF4015:2012. Concreto. Durabilidad) que al momento de llevar a cabo un proyecto contribuyen a generar un diagnóstico posterior sobre el estado de conservación de las edificaciones en cualquier etapa de su vida de servicio, los cuales siguiendo una metodología pueden adaptarse para cuantificar el grado de conservación del inmueble, necesario para el cálculo de la depreciación.

También es importante definir previamente términos como la Durabilidad y el Estado de conservación. Según lo establecido por la asociación internacional de control de calidad y patología de la construcción (Castro, Pedro et. al, 2020), "*la Durabilidad, es la capacidad de un material de construcción, elemento o estructura para resistir las acciones físicas, químicas, biológicas, ambientales y cambio climático en su entorno durante un tiempo determinado previsto desde el proyecto, conservando su forma original, propiedades mecánicas y condiciones de servicio y la vida útil, sin costos inesperados de mantenimiento"*.

Una de las definiciones del estado de conservación (Artavia Jiménez Diego, 2012) la considera como "*Aspecto que cuantifica el grado de conservación del bien, así como de mantenimiento, en el momento que se realiza el proceso de valuación.*

© 2025 ALCONPAT Internacional

2 PROCEDIMIENTO

El proceso metodológico se realizó en tres etapas: exploración y búsqueda de información en fuentes secundarias y bibliográficas; recolección de datos siguiendo el método de consulta a expertos (García-Ruiz, M.E. y Lena-Acela, F.J., 2018); envió de un cuestionario a dos grupos de expertos, del área de la patología de la construcción y del área de la tasación. Este último tiene dos propósitos: calificar la competencia de los expertos, (tres primeras preguntas) y consultar la valoración de los factores e indicadores del estado de conservación, (cinco últimas preguntas). Para enviar el segundo cuestionario, se revisaron los resultados del primer grupo y se hicieron los ajustes. Se culminó con la revisión y análisis de ambos cuestionarios.

2.1 Selección y evaluación de los expertos

Todos los expertos participaron voluntariamente y fueron escogidos por su vasta experiencia en proyectos de diagnóstico y reparación de obras civiles. La comunicación se realizó por correo electrónico y se les dio 2 meses para su respuesta, entre un grupo y el otro hubo un lapso de 2 años. El ejercicio profesional de ellos se realiza en diferentes países, pero la mayoría está en Venezuela (25), Brasil (3), República Dominicana (1), Estados Unidos (2), Paraguay (1), España (1) y México (1). En ambos grupos hay investigadores universitarios, investigadores de institutos de construcción con proyectos de asistencia técnica en esta área de estudio, ingenieros en el ejercicio libre de la profesión orientado principalmente a reparación de obras civiles y tasadores inmobiliarios también en ejercicio libre.

El primer grupo, que se denominó G1, está integrado por 18 profesionales, la mayoría pertenecientes a la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad y Patología, (ALCONPAT) y tres de ellos son tasadores inmobiliarios. Quince son ingenieros civiles, dos ingenieros químicos y uno con doble titulación civil y mecánica. En este grupo, siete tienen nivel académico de doctorado.

El segundo grupo, G2, se conformó por 22 profesionales, una químico industrial y veintiuno ingenieros civiles, de los cuales cuatro son tasadores inmobiliarios y cuatro tienen nivel académico de doctorado.

Con las respuestas a las tres primeras preguntas, esto es, valoración de su experticia en el área, kc; argumentación o fundamentación del tema, ka, y cuantificación de la participación en proyectos, se obtuvo el coeficiente de competencia de expertos, Ke.

2.2 Factores e indicadores consultados

La primera consulta se realizó agrupando en dos factores: 1) Relativos al inmueble; 2) Relativos al ambiente y daños observados durante la inspección, pero luego en la segunda consulta, se discretizaron a tres, separando el ambiente de los daños observados durante la inspección. En cuanto a los indicadores se consultaron los más usados en la ingeniería de tasación para el cálculo de la depreciación física estos son, el mantenimiento, la edad, la vida útil o de servicio y el uso; para ampliar la consulta se adicionaron los siguientes indicadores que afectan la durabilidad, estos son: las condiciones climáticas, el tipo de ambiente y los eventos naturales o accidentales. (Rosa Malave, 2013), (Joao Branco Pedro, et. al, 2009).

En el cuestionario se evaluaron cinco ítems, los dos primeros relativos a factores e indicadores, según el rango porcentual (0-10) %, (11-30) %, (31-50) %, (51-80) % o (81-100) %. y los tres últimos, por una escala de Likert del 1 al 5. Las preguntas consultadas fueron las siguientes:

2.2.1 Pregunta 1. Para el primer grupo: el estado de conservación de una obra civil se puede evaluar agrupando dos grandes factores: Relativos al inmueble; Relativos al ambiente y daños observados durante la inspección. ¿Qué rango porcentual le asigna Ud. a cada uno de ellos?, siendo la sumatoria 100%. Para el segundo grupo de expertos, se discretizo más la pregunta, colocando los tres factores estos son: Relativos al inmueble, Relativos al ambiente y Relativos a daños observados durante la inspección. ¿Qué rango porcentual y que valoración le asigna Ud. a cada uno de ellos?, siendo la sumatoria 100%.

2.2.2 Pregunta 2. Los indicadores a evaluar en cada factor son los siguientes: Relativos al inmueble: tipo de inmueble, tipología Constructiva, uso, mantenimiento y edad. Relativos al ambiente: zona geográfica, ubicación geográfica, condiciones climatológicas, tipo de ambiente y evento que causó la falla, si lo hubiere. Relativos a daños observados durante la inspección: levantamiento de las fallas, mecanismos de falla, sistemas afectados y elementos afectados. Seleccione el rango de valoración para cada uno de ellos: (0-10) %, (11-30) %, (31-50) %, (51-80) % o (81-100) %. Para el segundo grupo de expertos al encontrar algunas dificultades para estandarizar las respuestas en esta pregunta, se agregó: seleccione el rango y exprese el porcentaje.

2.2.3 Pregunta 3. Que incidencia tienen con relación al riesgo de colapso, los daños graves que se presentan en los siguientes sistemas de las edificaciones: estructural, (cimentaciones, columnas, vigas, muros, losas, similares); cerramientos; instalaciones eléctricas (red pública, generadores de energía); instalaciones de aguas negras (red de tuberías publica, plantas de tratamiento); instalaciones de gas (bombonas, red de tuberías); instalaciones de comunicaciones (telefonía, internet); instalaciones contra incendios (red interna, mangueras, extintores). Para la valoración de esta pregunta se utilizó 5 la de mayor riesgo al colapso y 1 la de menor.

2.2.4 Pregunta 4. De las siguientes manifestaciones patológicas cuales son las de mayor recurrencia. Siendo 5 la más recurrente y 1 la menos recurrente. En la consulta al primer grupo de expertos, se consultaron más de 20 anomalías en estructuras de concreto, mampostería armada y construcciones de acero. Para el segundo grupo se redujo la consulta solo a estructuras de concreto armado, por sugerencia de los propios expertos.

2.2.5 Pregunta 5. Cuáles de los siguientes elementos se afectan más por envejecimiento natural, (sin la ocurrencia de defectos o de daños por eventos como sismos, incendios u otros): cimentaciones, columnas, vigas, losas, escaleras, techos, fachadas, paredes, pisos, tuberías de aguas negras, tuberías de aguas blancas, instalaciones eléctricas, instalaciones de red, instalaciones contra incendios, áreas de sótano, áreas de estacionamiento, cubiertas de techo, otra.

2.3 Evaluación de las respuestas de los expertos.

Las respuestas recibidas de los expertos se agruparon en tres grandes bloques para su análisis y evaluación: bloque I relativo a los propios expertos; bloque II relativo a los factores e indicadores que inciden en el estado de conservación y bloque III, indicadores propios del momento de la inspección, esto es relativos a los sistemas, a las anomalías, a los elementos y a la incidencia de fallas por envejecimiento. En el bloque II para la obtención de los resultados se empleó la

© 2025 ALCONPAT Internacional

metodología de frecuencias absolutas y frecuencias relativas que evalúa el número de veces en que aparece una variable en cada uno de los indicadores por experto consultado. Para el bloque III, se obtuvieron los parámetros de promedio y la desviación estándar de las respuestas.

3 RESULTADOS

3.1 Bloque I. Evaluación de los expertos

Se obtuvo el coeficiente de competencia de cada grupo de expertos, Ke, cuyo valor es el promedio entre el coeficiente de conocimiento e información, kc y el coeficiente de argumentación o fundamentación ka, de cada experto. El coeficiente Ke tiene un valor máximo de 1, de acuerdo al método Delphy (García-Ruiz, M.E. y Lena-Acela, F.J., 2018) para que el trabajo tenga validez científica, por lo menos el 60 % del grupo debe tener un Ke≥0,8, es decir alto y ninguno un Ke<0,5. En el G1, once expertos reportaron un Ke≥0,8, siendo el máximo 0,95 y 4 expertos reportaron Ke<0,5, por lo que el grupo se redujo de 18 a 14 expertos. En el G2, once expertos reportaron un Ke≥0,8, siendo el máximo 1 y dos expertos reportaron Ke<0,6, en este caso para que se cumpliera que el 60% debe tener un Ke≥0,8, el grupo se redujo de 22 a 18 expertos. El total de expertos fue de 32.

3.2 Bloque II. Factores e Indicadores.

Al evaluar el estado de conservación ya sea para el diagnóstico patológico o para calcular la depreciación, se debe conocer la incidencia de los factores relativos al inmueble y relativos al ambiente, para luego realizar la inspección “in situ”. En este caso la opinión reportada por el grupo de expertos fue la siguiente. En el grupo G1 de 14 expertos, para el factor inmueble todos respondieron en rangos ≤ 50%, esto es 6 se ubicaron entre el 31% y el 50%, 4 entre el 11% y el 30% y 4 entre el 0% y el 10%; para el factor ambiente e inspección, la mayoría respondieron en rangos ≥ 50%, esto es, 2 lo ubicaron en el rango entre 31% y 50 %, 8 entre el 51% y 80% y 4 entre el 81% y 100 %. Para el grupo G2 de 18 expertos, se consultaron los tres factores separados, en el caso del factor inmueble el mayor número, 8 de los 18 expertos se ubicaron en el rango entre 11% y 30%; para el factor ambiente, 13 de los 18 expertos, lo ubicaron en el rango entre 11% y 30 %; finalmente para el factor relativo a la inspección, 9 de los 18, se ubicaron entre 31% y 50%. Como en este grupo G2, se pidieron, además de los rangos, los porcentajes, se observa que estas respuestas están de acuerdo con las del grupo G1, porque los factores relativos al inmueble dieron un promedio de 34%, es decir dentro del rango (31-50) %, los factores relativos al ambiente reportaron un promedio de 19% y los relativos a la inspección un promedio de 47%, al sumarse estos dos arrojan un valor de 66% que está dentro del rango (51-80) %, lo cual coincide con la opinión del G1. Ver Figura 1.

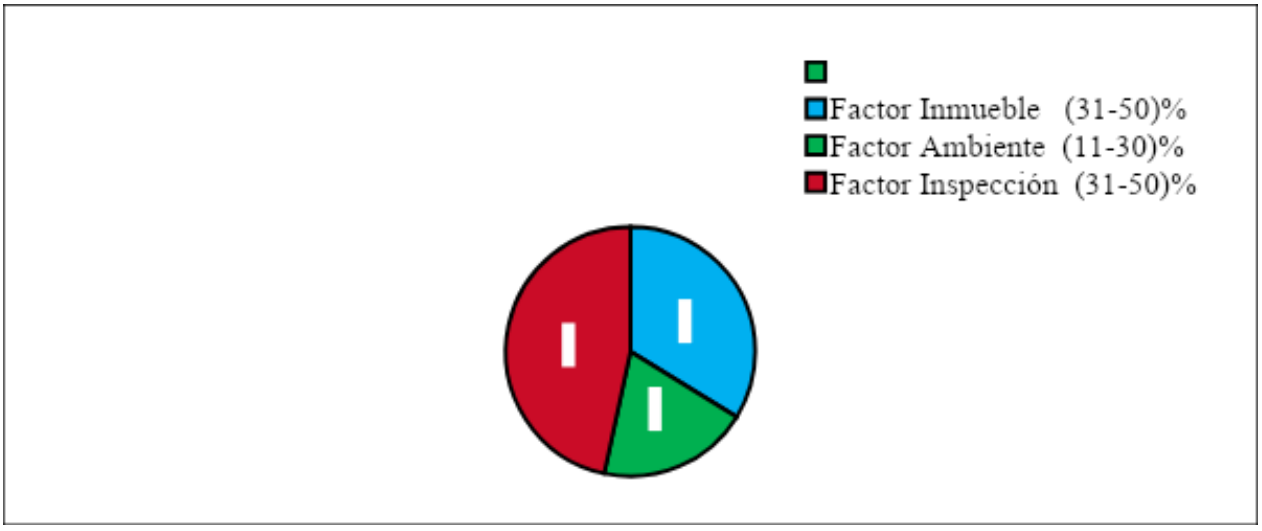


Figura 1. Incidencia de los factores sobre la evaluación del estado de conservación.

TABLA 1. Numero de expertos y frecuencia relativa de la opinión promedio emitida por G1 y G2 con respecto al rango de indicadores del factor Inmueble. Promedio de cada indicador en G2

	Tipología Constructiva		**Tipo de Inmueble**		**Uso**		**Edad**		**Mantenimiento**	
RANGO (%)	**N°E**	**f(rel)**	**N°E**	**f(rel)**	**N°E**	**f(rel)**	**N°E**	**f(rel)**	**N°E**	**f(rel)**
0-10	**15**	**46,9**	**18**	**56,3**	11	34,4	4	12,5	3	9,4
11-30	13	40,6	10	31,3	**14**	**43,8**	**19**	**59,4**	8	25,0
31-50	4	12,5	3	9,4	5	15,6	5	15,6	**14**	**43,8**
51-80	0	0,0	1	3,1	2	6,3	4	12,5	7	21,9
81-100	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0	0	0
Prom.% Grupo 2		13,4		9,6		14,6		25,7		36,7

En ese mismo bloque de preguntas al consultar la valoración de los indicadores para cada factor las respuestas fueron las siguientes: para el factor relativo al inmueble se observó coincidencia tanto en el G1 como en G2, siendo el indicador de mayor valoración el mantenimiento con un promedio de 36,7% en el rango de (31-50) %. En la Tabla 1. se reportan las frecuencias absolutas y frecuencias relativas. En cuanto a los indicadores relativos al ambiente, ambos grupos de expertos coincidieron que la zona geográfica es la de menor incidencia sobre el estado de conservación, rango (0-10) %. El de mayor incidencia según el promedio es el tipo de ambiente, 28,3%. Ver en la Tabla 2.

© 2025 ALCONPAT Internacional

TABLA 2. Numero de expertos y frecuencia relativa de la opinión promedio emitida por G1 y G2 con respecto al rango de indicadores del factor Ambiente. Promedio de cada indicador en G2

	Zona Geográfica		Condiciones Climáticas		Ubicación Geográfica		Tipo de Ambiente		Evento	
RANGO (%)	N°E	f(rel)	N°E	f(rel)	N°E	f(rel)	N°E	f(rel)	N°E	f(rel)
0-10	17	58,6	8	25,8	14	43,8	4	12,9	7	22,6
11-30	9	31,0	18	58,1	15	46,9	15	48,4	13	41,9
31-50	2	6,9	3	9,7	2	6,3	7	22,6	9	29,0
51-80	1	3,4	2	6,5	1	3,1	3	9,7	1	3,2
81-100	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	6,5	1	3,2
Prom. % Grupo 2		12,4		18,5		13,9		28,3		26,9

Finalmente, los dos grupos consideran que los indicadores correspondientes a la inspección influyen en el mismo rango porcentual, (11-30) %. En la Tabla 3 se presentan todos los valores.

TABLA 3. Número de expertos y frecuencia relativa de la opinión promedio emitida por G1 y G2 con respecto a rango de indicadores del factor Inspección

	Levantamiento de daños		Mecanismos de falla		Sistema afectado		Elemento afectado	
RANGO (%)	**N°E**	**f(rel)**	**N°E**	**f(rel)**	**N°E**	**f(rel)**	**N°E**	**f(rel)**
0-10	4	13,8	3	10,3	4	13,8	4	13,8
11-30	**14**	**48,3**	**16**	**55,2**	**16**	**55,2**	**17**	**58,6**
31-50	4	13,8	6	20,7	5	17,2	5	17,2
51-80	4	13,8	1	3,4	1	3,4	1	3,4
81-100	3	10,3	3	10,3	3	10,3	2	6,9
Prom. % Grupo 2		**26,9**		**22,4**		**22,7**		**28**

En importante destacar que todos los expertos N°E (32), respondieron a la incidencia de los indicadores del factor inmueble Tabla 1. Para el caso de los indicadores del factor ambiente, no todos los expertos respondieron, por eso la sumatoria de N°E <32, Tabla 2. De igual manera para el factor inspección, tres expertos no respondieron, por ello la sumatoria N°E es 29, Tabla 3.

3.3 Bloque III. Sistemas con daños graves, manifestaciones patológicas comunes y elementos mayormente afectados.

Durante la inspección el tasador o el ingeniero patólogo, debe identificar los sistemas y los elementos afectados del inmueble o edificación a objeto de analizar e inferir el mecanismo probable que los originó. Previo a esta actividad el profesional mencionado debe conocer los indicadores más significativos relativos al inmueble y al ambiente. A continuación, se presentarán las respuestas de los expertos según su experiencia en la inspección.

***3.3.1 Valoración de sistemas con daños graves y su incidencia de riesgo al colapso*.** Este trabajo consideró la escala del 1 al 5 para valorar el riesgo, siendo el mayor 5. Según la opinión de la gran mayoría, 31 expertos hubo acuerdo, en que el sistema estructural es el de mayor riesgo de colapso al tener daños graves, esto es 5. En la Figura 2 se presenta la valoración para todos los sistemas. El de menor riesgo reportado es el Sistema de comunicación con una valoración de 2.

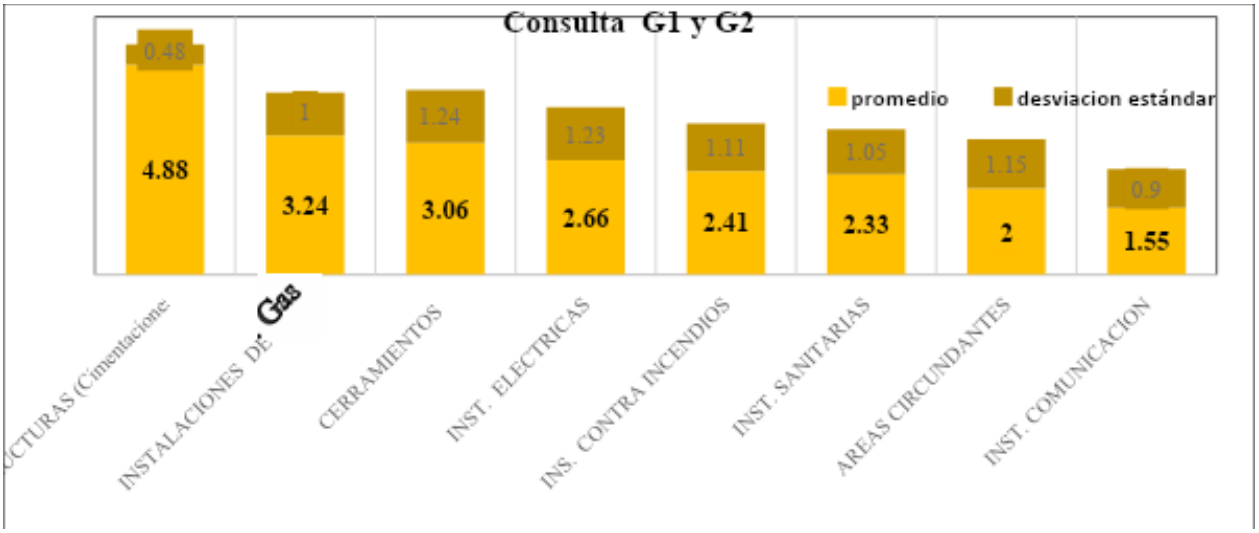


Figura 2. Riesgo al colapso de cada uno de los sistemas con fallas graves

3.3.2 Manifestaciones Patológicas más comunes. Al hacer la inspección se debe considerar el riesgo y la recurrencia de una falla, por ello es importante conocer cuáles son las manifestaciones patológicas más comunes. Se agruparon del 1 al 5, siendo 5 la más recurrente, en este caso, para estructuras de concreto armado, las fisuras ocuparon este lugar y la ruptura del acero el último lugar. En la Figura 3 se presentan todos resultados.

© 2025 ALCONPAT Internacional

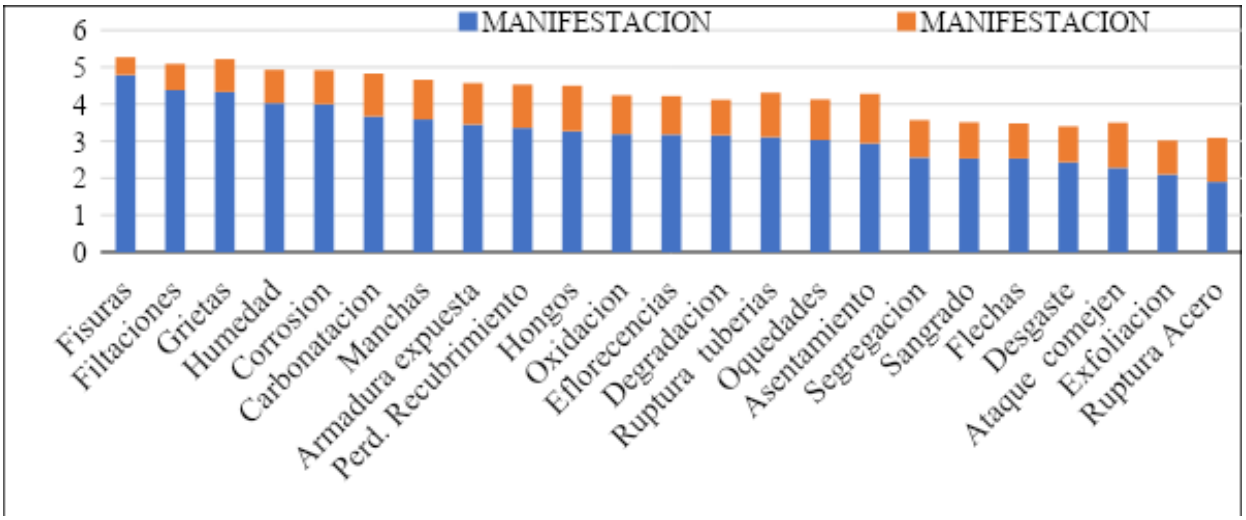


Figura 3. Recurrencia de las Manifestaciones Patológicas. (Consulta 32 expertos)

3.3.3 Elementos más afectados de un sistema por el envejecimiento. En cada uno de los sistemas consultados se pueden presentar las fallas, pero hay elementos en los cuales la incidencia del tiempo reporta más daños y que deben servir de guía al momento de hacer la inspección. Para el caso del sistema estructural se consultó respecto a: cimentaciones, columnas, vigas, losas y escaleras. Para los cerramientos: fachadas, techos, cubiertas de techo, pisos y paredes. También se consultó las tuberías tanto de aguas negras como aguas blancas y otras áreas. Las respuestas promedios de los 32 expertos se presentan en la Tabla 4. Se observa que, según la opinión de los expertos, los mayores daños por envejecimiento están en la cubierta techo (ejemplo: impermeabilizantes, tejas) y en las fachadas. Por otro lado, según la opinión de los expertos, el sistema que reporta menos fallas por envejecimiento natural es el sistema estructural, siendo los cimientos los que están en la escala más baja de los daños.

Tabla 4. Incidencia de daños en elementos como consecuencia del envejecimiento natural.

SISTEMA	ELEMENTOS	Promedio (32 Expertos)	Desviación (STD)
CERRAMIENTOS	Cubiertas de techo	4,18	1,47
	Fachadas	4,15	1,21
	Techos	3,82	1,47
	Paredes	3,59	1,31
	Pisos	3,15	1,50
OTRAS	Áreas de sótano	3,74	1,16
	Áreas de estacionamiento	3,38	1,23
INSTALACIONES	Tuberías de aguas blancas	3,85	1,23
	Tuberías de aguas negras	3,74	1,24
	Instalaciones eléctricas	2,82	1,24
	Instalaciones contra incendios	2,50	1,19
	Instalaciones de gas	2,50	0,71
	Instalaciones de comunicación	2,15	1,35
ESTRUCTURAS	Losas	3,12	1,32
	Columnas	2,76	1,26
	Vigas	2,74	1,19
	Escaleras	2,74	1,08
	Cimentaciones	1,56	0,93

El análisis final de todos los factores, indicadores, sistemas con mayores riesgo al colapso, fallas patológicas más comunes y la mayor incidencia de fallas en los sistemas con el tiempo, conllevan a los autores de esta investigación a seguir un proceso que incluya todas esas variables, que al colocarse en una hoja de cálculo genere un valor promedio que se vincule con el estado de conservación de Heideck-Ross en la expresión matemática (1), mencionada previamente en este trabajo y que se usará para calcular la depreciación física.

4 CONCLUSIONES

De acuerdo a la consulta de expertos se concluye que la incidencia porcentual de los factores sobre el estado de conservación de una edificación es la siguiente, el factor inmueble reporta una valoración entre (31-50) %, el factor ambiente una valoración entre (11-30) % y el factor inspección una valoración (31-50) %. De ese factor ambiente, los indicadores con mayor peso son las condiciones climatológicas con un 19% y el tipo de ambiente con un 28%. Los expertos coincidieron que el sistema estructural es el de mayor riesgo al colapso al ser afectado con fallas

© 2025 ALCONPAT Internacional

graves. Las anomalías mas recurrentes son las fisuras y el sistema mas afectado por el envejecimiento, son los cerramientos.

5 AGRADECIMIENTOS

A los profesionales, quienes, con su gran conocimiento y experticia en el tema, de manera anónima, con paciencia y dedicación respondieron los cuestionarios. Al Ing. Miguel Camacaro quien con su experiencia en el área de tasación oriento y dio pautas a los autores para desarrollar esta línea de investigación.

6 REFERENCIAS

Artavia Jiménez, Diego Andrés (2012). *Los modelos de depreciación aplicados en la valoración de bienes inmuebles*. Tesis en Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Construcción, p.20

Branco Pedro João; Vilhena, Antonio; Vasconcelos de Paiva, José. (2009). "*Método de Avaliação do estado de Conservação de Imóveis Desenvolvimento e aplicação*". Revista Engenharia Civil, Número 35, 2009 · UM, pp. 57-74

Camacaro, Miguel. (2020) "*La depreciación según Heideck*". Canal de YouTube Mundo Valor el canal de los avalúos. https://youtu.be/2kc1PkbsvVM?si=CDlJq6cNGaWqQ6TE

Castro Borges, Pedro; Briceño Mena, José Alberto y Torres Acosta, Andrés Antonio, (2020). "*Recomendaciones generales sobre Durabilidad, Recomendaciones Técnicas".* https://doi.org/10.21041/AlconpatInternacional/RecTec/2020-01-recomendacionesdedurabilidad. México 2020

García-Ruiz, María Elena y Lena-Acela Francisco Javier (2018). "*Aplicación del método Delphi en el diseño de una investigación cualitativa sobre el fenómeno* FABLAB. EMPIRIA", Revista de Metodología de Ciencias Sociales, N° 40, mayo-agosto 2018, pp 129-166. ISNN 1139-5737. DOI empiria.40.2018.22014

José Escalante Niño (2000) "Factores, indicadores y marcadores de riesgo en prevención laboral" MAFRE SEGURIDAD N.°77 primer trimestre 2000 https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/media/group/1020854.do

Malave de Corrales, Rosa. Capitulo: *Durabilidad en obras de Concreto Armado*. "*Prevención de Daños y Rehabilitación de Estructuras de Concreto Armado"* (2013), pp 61-90. ISBN 978-980-12-6483-5, Venezuela.

Norma Venezolana NTF4015:2012. (2012) "*Concreto. Durabilidad"*. Fondonorma, Venezuela

Norma Venezolana NTF4069:2021. (2021) "*Inspección técnica de seguridad en edificaciones, ITSE, vocabulario, principios y requisitos".* Fondonorma Diciembre, Venezuela.

Oliveira, Jorge; da Costa Pantoja, João; Santoro, Aline M. C. (2017) "Patologías *Generalizadas e Avaliação da Depreciação Física pelo Modelo Ross-Heidecke Modificado em um Condomínio de*

Edifícios de Múltiplos Andares". Revista Brasiliense de Engenharia e Física Aplicada. pp 48-59 Aug. Brasil.

Pimenta, João Carrondo. (2011) "*Propostas de Desenvolvimento dos Modelos Clássicos de Valoração da Depreciação Física na Avaliação Imobiliária"*. Tesis para obtener título de maestría en ingeniería civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Portugal.

Tiso, R. Malavé, E. Anzola, M. Echeverría, R. Figuera, S. Reyes (2003). *A Newcomer Depreciation Method: The Decay Exponential Model* International Workshop on Management of Durability in the Building Process Politecnico di Milano, Italy, 25–26 June.

Yépez, J., Dikdan M. Y., Avon D., Rojas, R. (2016) "*Adecuación Estructural para Conjunto Residencial en la Ciudad de Barquisimeto Venezuela".* Revista Gaceta Técnica. Volumen 16 (1) pp. 45-60, julio-diciembre, 2016. ISSN 1856-9560 (Impreso) ISSN: 2477-9539 (Internet) Depósito Legal pp 1999907LA22 ppi201602LA4730.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Metodología para la Evaluación Rápida de Daños en Edificaciones y su Aplicación

G. Coronel-Delgado[1]*, O. A. López[2], C. Ginés[3], F. Fierro[3], A. Marinilli[4], A. Urich[5], R. Rojas[6]

*Autor de Contacto: gustavocoroneld@gmail.com

RESUMEN

Se implementa la metodología para evaluar daños en edificaciones de forma rápida, luego de un evento desastroso, con el objetivo de decidir sobre su condición de acceso (permitido, restringido o no permitido). El instrumento de inspección se presenta en planilla física y en este trabajo se desarrolla una aplicación móvil. Se aplica la metodología a dos edificaciones afectadas por el terremoto de Caracas de 1967. El Hotel Macuto Sheraton en La Guaira, identificando que 14 de 24 columnas presentaron daño Severo/Completo, calificando como Riesgo Alto y Acceso "no permitido". El edificio Mi Veguita en Caracas, con 4 de 18 vigas con daño Severo/Completo obteniendo la recomendación de Acceso "no permitido". Ambos resultados coinciden con las acciones tomadas en la época.

Palabras clave: Riesgo de Desastre; Seguridad Estructural; Evaluación de Daños; Inspección Rápida; Edificaciones Postdesastre.

[1] IMME, FI, Universidad Central de Venezuela / Estructuras Resilientes, Caracas, Venezuela.
[2] IMME, FI, Universidad Central de Venezuela / FUNVISIS, Caracas, Venezuela.
[3] Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Caracas, Venezuela.
[4] IMME, FI, Universidad Central de Venezuela / Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.
[5] BRS Ingenieros C.A. / Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
[6] Estructuras Resilientes C.A., Caracas, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Se presenta una metodología para la evaluación de edificaciones dañadas por un terremoto, inundación, explosión, deslizamientos o asentamientos del terreno u otro evento, mediante una inspección de corta duración. No se incluye en el alcance la tipificación de daños por incendio o por corrosión, las cuales se incorporarán en una futura versión. La toma de decisiones sobre edificaciones dañadas, debe apoyarse en tres inspecciones y evaluaciones distintas (Figura 1), de las cuales la metodología aquí presentada sólo se refiere a la primera inspección. Las tres inspecciones se definen a continuación:

- Evaluación Rápida de Daños: Esta inspección de corta duración suministra un primer dictamen de la seguridad estructural, que define su grado de habitabilidad y concluye con la colocación de una etiqueta que defina su condición de acceso: a) permitido (etiqueta verde), b) restringido (etiqueta amarilla) o c) no permitido (etiqueta roja).

- Evaluación Detallada de Daños**:** Esta es una inspección especializada que se realiza a las edificaciones que fueron catalogadas con etiquetas roja o amarilla en la Evaluación Rápida. Su finalidad es decidir si la edificación puede o debe ser reparada, reforzada o demolida.

- Evaluación Estructural para la Reparación o Refuerzo de la Edificación: La intención de esta evaluación es desarrollar los documentos técnicos y planos para la reparación y el refuerzo estructural de la edificación, bajo el marco de las normas técnicas nacionales.

En este artículo se presenta una síntesis de la metodología de la Evaluación Rápida de Daños.

En López et al. (2023) se presenta una descripción más completa que incluye el Manual de Entrenamiento (guía con material gráfico) y ejemplos detallados de aplicación.

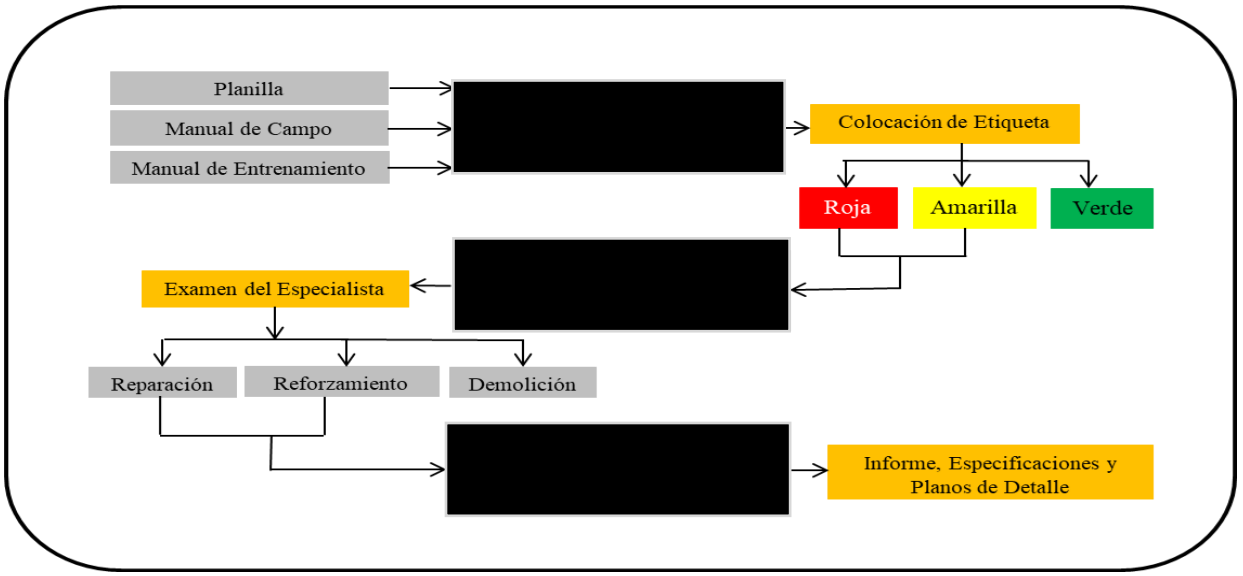


Figura 1. Proceso de Evaluación de una Edificación, con sus tres niveles de valoración.

2 SINTESIS DE LA METODOLOGIA

La metodología fue desarrollada considerando la experiencia nacional e internacional. Las propuestas elaboradas por Coronel et al. (2019), Pérez y Rodríguez (2018), González et al. (2018) y la metodología aplicada en Chile (Hurtado, 2015; MOP, 2015), todas inspiradas en la metodología de Japón (Kaminosono et al. 2002; Tami y Sato, 2017), son extendidas y optimizadas en este trabajo. También se consultaron las metodologías que siguen en Estados Unidos para terremotos e inundaciones (ATC, 2004; ATC, 2005), entre otras. Este instrumento de inspección se aplica solamente a edificaciones dañadas, por cualquier evento socio-natural, y por tanto tiene una finalidad diferente a la del instrumento ya existente de inspección de edificaciones para asignar vulnerabilidad y riesgo y priorizar edificaciones, el cual se aplica a construcciones existentes (sin daños), con fines de la gestión del riesgo sísmico (López et al., 2014).

2.1 Instrumento de Inspección y Manual de Campo

La inspección es de corta duración, no es una inspección detallada, su finalidad es la de tomar decisiones a corto plazo sobre el acceso a la edificación afectada por el evento, lo cual depende de los daños y del riesgo asociado. El inspector debe llenar el instrumento de inspección y aplicar la metodología para decidir entre tres opciones: 1) Acceso permitido (etiqueta verde), b) Acceso restringido (etiqueta amarilla), c) Acceso no permitido (etiqueta roja). El llenado del instrumento debe ser ejecutado por personas que se hayan capacitado y obtenido el Certificado de Inspector de Evaluación de Daños. La inspección debe ser efectuada preferiblemente la primera semana después de la ocurrencia del evento. El uso del instrumento se limita a la inspección de edificios, no está diseñada para otras construcciones tales puentes, instalaciones industriales, túneles, represas, etc.

2.1.1 Planilla Física

En la Figura 2.a se muestra la primera página de la Planilla Evaluación Rápida de Daños en Edificaciones, en físico, diseñada para la captación de los datos durante la inspección y que puede ser llenada en sitio. Contiene de siete secciones: 1) información General; 2) Inspección Externa; 3) Identificación del Piso Critico y de Elementos con Daño Severo/Completo; 4) Inspección de Elementos con Daño Moderado en el Piso Critico; 5) Inspección de Otros Elementos Estructurales y Componentes No Estructurales; 6) Riesgo Asociado al Daño y Recomendación de Acceso; 7) Acciones Recomendadas. La Figura 2.b presenta la segunda página de la planilla física la cual contiene un espacio para agregar croquis, dibujo y observaciones, incluye el Manual de Campo y un espacio para colocar las firmas de los inspectores. El Manual de Campo es una guía con instrucciones básicas para el correcto llenado de la Planilla, contiene una lista del material a llevar y de las medidas de seguridad que deben cumplir los inspectores, pero no es un sustituto del Manual de Entrenamiento, el cual es parte fundamental del taller de capacitación (López et al., 2023).

2.1.2 Aplicación Móvil

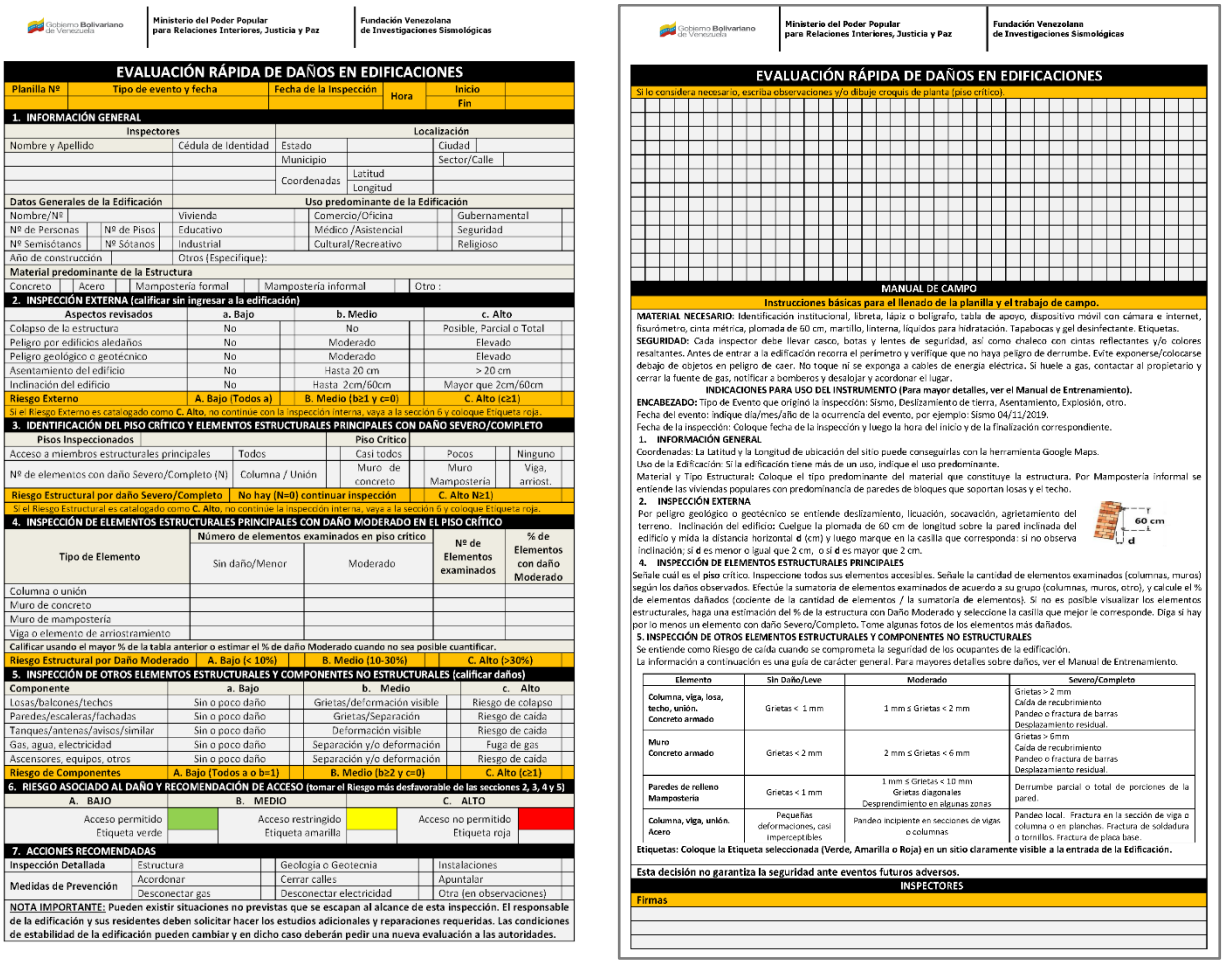
Se ha desarrollado una aplicación móvil (App) que permite captar la misma información que la planilla física y automatizar los criterios para determinar el Riesgo Asociado al Daño y la Recomendación de Acceso: 1) permitido (verde), b) restringido (amarillo), c) no permitido (rojo).

© 2025 ALCONPAT Internacional

La Figura 3 muestra las secciones 1, 3 y 6 de la aplicación. La App permite ubicar el edificio en el mapa y contiene un menú con indicaciones del manual de campo del instrumento.

a) Página 1. Recopilación de Datos.

b) Página 2. Croquis y Manual de Campo.



Ministerio del Poder Popular para Relaciones Interiores, Justicia y Paz

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas

EVALUACIÓN RÁPIDA DE DAÑOS EN EDIFICACIONES

Planilla Nº	Tipo de evento y fecha	Fecha de la Inspección	Hora	Inicio / Fin

1. INFORMACIÓN GENERAL

Inspectores		Localización			
Nombre y Apellido	Cédula de Identidad	Estado		Ciudad	
		Municipio		Sector/Calle	
		Coordenadas	Latitud		
			Longitud		

Datos Generales de la Edificación		Uso predominante de la Edificación		
Nombre/Nº		Vivienda	Comercio/Oficina	Gubernamental
Nº de Personas	Nº de Pisos	Educativo	Médico /Asistencial	Seguridad
Nº Semisótanos	Nº Sótanos	Industrial	Cultural/Recreativo	Religioso
Año de construcción		Otros (Especifique):		

Material predominante de la Estructura

Concreto	Acero	Mampostería formal	Mampostería informal	Otro :

2. INSPECCIÓN EXTERNA (calificar sin ingresar a la edificación)

Aspectos revisados	a. Bajo	b. Medio	c. Alto
Colapso de la estructura	No	No	Posible, Parcial o Total
Peligro por edificios aledaños	No	Moderado	Elevado
Peligro geológico o geotécnico	No	Moderado	Elevado
Asentamiento del edificio	No	Hasta 20 cm	> 20 cm
Inclinación del edificio	No	Hasta 2cm/60cm	Mayor que 2cm/60cm
Riesgo Externo	**A. Bajo (Todos a)**	**B. Medio (b≥1 y c=0)**	**C. Alto (c≥1)**

Si el Riesgo Externo es catalogado como **C. Alto**, no continúe con la inspección interna, vaya a la sección 6 y coloque Etiqueta roja.

3. IDENTIFICACIÓN DEL PISO CRÍTICO Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES CON DAÑO SEVERO/COMPLETO

Pisos Inspeccionados			Piso Crítico		
Acceso a miembros estructurales principales		Todos	Casi todos	Pocos	Ninguno
Nº de elementos con daño Severo/Completo (N)	Columna / Unión		Muro de concreto	Muro Mampostería	Viga, arriost.
Riesgo Estructural por daño Severo/Completo	**No hay (N=0) continuar inspección**			**C. Alto N≥1)**	

Si el Riesgo Estructural es catalogado como **C. Alto**, no continúe la inspección interna, vaya a la sección 6 y coloque Etiqueta roja.

4. INSPECCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES CON DAÑO MODERADO EN EL PISO CRÍTICO

Tipo de Elemento	Número de elementos examinados en piso crítico		Nº de Elementos examinados	% de Elementos con daño Moderado
	Sin daño/Menor	Moderado		
Columna o unión				
Muro de concreto				
Muro de mampostería				
Viga o elemento de arriostramiento				

Calificar usando el mayor % de la tabla anterior o estimar el % de daño Moderado cuando no sea posible cuantificar.

Riesgo Estructural por Daño Moderado	**A. Bajo (< 10%)**	**B. Medio (10-30%)**	**C. Alto (>30%)**

5. INSPECCIÓN DE OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y COMPONENTES NO ESTRUCTURALES (calificar daños)

Componente	a. Bajo	b. Medio	c. Alto
Losas/balcones/techos	Sin o poco daño	Grietas/deformación visible	Riesgo de colapso
Paredes/escaleras/fachadas	Sin o poco daño	Grietas/Separación	Riesgo de caída
Tanques/antenas/avisos/similar	Sin o poco daño	Deformación visible	Riesgo de caída
Gas, agua, electricidad	Sin o poco daño	Separación y/o deformación	Fuga de gas
Ascensores, equipos, otros	Sin o poco daño	Separación y/o deformación	Riesgo de caída
Riesgo de Componentes	**A. Bajo (Todos a o b=1)**	**B. Medio (b≥2 y c=0)**	**C. Alto (c≥1)**

6. RIESGO ASOCIADO AL DAÑO Y RECOMENDACIÓN DE ACCESO (tomar el Riesgo más desfavorable de las secciones 2, 3, 4 y 5)

A. BAJO	B. MEDIO	C. ALTO
Acceso permitido Etiqueta verde	Acceso restringido Etiqueta amarilla	Acceso no permitido Etiqueta roja

7. ACCIONES RECOMENDADAS

Inspección Detallada	Estructura	Geología o Geotecnia	Instalaciones
Medidas de Prevención	Acordonar	Cerrar calles	Apuntalar
	Desconectar gas	Desconectar electricidad	Otra (en observaciones)

NOTA IMPORTANTE: Pueden existir situaciones no previstas que se escapan al alcance de esta inspección. El responsable de la edificación y sus residentes deben solicitar hacer los estudios adicionales y reparaciones requeridas. Las condiciones de estabilidad de la edificación pueden cambiar y en dicho caso deberán pedir una nueva evaluación a las autoridades.

Ministerio del Poder Popular para Relaciones Interiores, Justicia y Paz

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas

EVALUACIÓN RÁPIDA DE DAÑOS EN EDIFICACIONES

Si lo considera necesario, escriba observaciones y/o dibuje croquis de planta (piso crítico).

MANUAL DE CAMPO

Instrucciones básicas para el llenado de la planilla y el trabajo de campo.

MATERIAL NECESARIO: Identificación institucional, libreta, lápiz o bolígrafo, tabla de apoyo, dispositivo móvil con cámara e internet, fisurómetro, cinta métrica, plomada de 60 cm, martillo, linterna, líquidos para hidratación. Tapabocas y gel desinfectante. Etiquetas.

SEGURIDAD: Cada inspector debe llevar casco, botas y lentes de seguridad, así como chaleco con cintas reflectantes y/o colores resaltantes. Antes de entrar a la edificación recorra el perímetro y verifique que no haya peligro de derrumbe. Evite exponerse/colocarse debajo de objetos en peligro de caer. No toque ni se exponga a cables de energía eléctrica. Si huele a gas, contactar al propietario y cerrar la fuente de gas, notificar a bomberos y desalojar y acordonar el lugar.

INDICACIONES PARA USO DEL INSTRUMENTO (Para mayor detalles, ver el Manual de Entrenamiento).

ENCABEZADO: Tipo de Evento que originó la inspección: Sismo, Deslizamiento de tierra, Asentamiento, Explosión, otro.
Fecha del evento: Indique día/mes/año de la ocurrencia del evento, por ejemplo: Sismo 04/11/2019.
Fecha de la inspección: Coloque fecha de la inspección y luego la hora del inicio y de la finalización correspondiente.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Coordenadas: La Latitud y la Longitud de ubicación del sitio puede conseguirlas con la herramienta Google Maps.
Uso de la Edificación: Si la edificación tiene más de un uso, indique el uso predominante.
Material y Tipo Estructural: Coloque el tipo predominante del material que constituye la estructura. Por Mampostería informal se entiende las viviendas populares con predominancia de paredes de bloques que soportan losas y el techo.

2. INSPECCIÓN EXTERNA

Por peligro geológico o geotécnico se entiende deslizamiento, licuación, socavación, agrietamiento del terreno. Inclinación del edificio: Cuelgue la plomada de 60 cm de longitud sobre la pared inclinada del edificio y mida la distancia horizontal **d** (cm) y luego marque en la casilla que corresponda: si no observa inclinación; si **d** es menor o igual que 2 cm, o si **d** es mayor que 2 cm.

4. INSPECCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES

Señale cuál es el **piso** crítico. Inspeccione todos sus elementos accesibles. Señale la cantidad de elementos examinados (columnas, muros) según los daños observados. Efectúe la sumatoria de elementos examinados de acuerdo a su grupo (columnas, muros, otro), y calcule el % de elementos dañados (cociente de la cantidad de elementos / la sumatoria de elementos). Si no es posible visualizar los elementos estructurales, haga una estimación del % de la estructura con Daño Moderado y seleccione la casilla que mejor le corresponde. Diga si hay por lo menos un elemento con daño Severo/Completo. Tome algunas fotos de los elementos más dañados.

5. INSPECCIÓN DE OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y COMPONENTES NO ESTRUCTURALES

Se entiende como Riesgo de caída cuando se comprometa la seguridad de los ocupantes de la edificación.
La información a continuación es una guía de carácter general. Para mayores detalles sobre daños, ver el Manual de Entrenamiento.

Elemento	Sin Daño/Leve	Moderado	Severo/Completo
Columna, viga, losa, techo, unión. Concreto armado	Grietas < 1 mm	1 mm ≤ Grietas < 2 mm	Grietas > 2 mm Caída de recubrimiento Pandeo o fractura de barras Desplazamiento residual.
Muro Concreto armado	Grietas < 2 mm	2 mm ≤ Grietas < 6 mm	Grietas > 6mm Caída de recubrimiento Pandeo o fractura de barras Desplazamiento residual.
Paredes de relleno Mampostería	Grietas < 1 mm	1 mm ≤ Grietas < 10 mm Grietas diagonales Desprendimiento en algunas zonas	Derrumbe parcial o total de porciones de la pared.
Columna, viga, unión. Acero	Pequeñas deformaciones, casi imperceptibles	Pandeo incipiente en secciones de vigas o columnas	Pandeo local. Fractura en la sección de viga o columna o en planchas. Fractura de soldadura o tornillos. Fractura de placa base.

Etiquetas: Coloque la Etiqueta seleccionada (Verde, Amarilla o Roja) en un sitio claramente visible a la entrada de la Edificación.

Esta decisión no garantiza la seguridad ante eventos futuros adversos.

INSPECTORES

Firmas

Figura 2. Planilla física desarrollada para la inspección rápida.



Figura 3. Aplicación móvil desarrollada para la inspección rápida.

2.2 Procedimiento y Criterios de Evaluación

Para comenzar la inspección se deben completar los datos generales en la sección 1 del instrumento relacionados al tipo de evento. La identificación de los inspectores y la identificación y ubicación de la edificación (Latitud y Longitud). El uso predominante y el tipo predominante del material que constituye la estructura. Luego se continua con la inspección externa y de ser necesario las demás inspecciones internas.

La metodología tiene como finalidad determinar el Riesgo Asociado al Daño entre las siguientes opciones: “A. BAJO”, B. MEDIO” y “C. ALTO”, para decidir la Recomendación de Acceso y la colocación de la etiquetas verde, amarilla o roja (sección 6 del instrumento). A cada nivel de Riesgo le corresponde una Etiqueta, como se indica en la Tabla 1. El procedimiento para identificar el riesgo más desfavorable entre las asignaciones de riesgo hechas en cada una de las secciones 2, 3, 4 y 5 del instrumento. Las opciones son las indicadas en la Tabla 1. Finalmente, se debe seleccionar en la sección 7 las Acciones Recomendadas.

Tabla 1. Riesgo asociado al daño, el cual se define seleccionando el riesgo más desfavorable entre las asignaciones de riesgo de las secciones 2, 3, 4 y 5 del instrumento.

RIESGO	CONDICIÓN	ETIQUETA
A. BAJO	Si se obtiene alguna sección con riesgo “A. Bajo” y ninguno con riesgo “B. Medio” o “C. Alto.”	**Verde** Acceso permitido
B. MEDIO	Ninguna sección con riesgo “C. Alto” pero alguna sección con riesgo “B. Medio”.	**Amarilla** Acceso restringido
C. ALTO	Si se obtiene en alguna sección riesgo “C. Alto”.	**Roja** Acceso no permitido

Fuente: Elaboración propia.

© 2025 ALCONPAT Internacional

La etiqueta seleccionada debe ser colocada en un sitio claramente visible a la entrada principal de la Edificación. Si el edificio tiene varias entradas, debe colocarse una Etiqueta en cada una de las entradas. El responsable y los residentes de la edificación deben ser informados que la inspección no garantiza la seguridad de la misma ante futuros eventos adversos. Pueden existir situaciones no previstas que se escapan al alcance de la inspección. El responsable de la edificación y sus residentes deben gestionar los estudios adicionales y reparaciones requeridas, y tener presente que las condiciones de estabilidad de la edificación y de su entorno pueden cambiar y en dicho caso deberán solicitar una nueva evaluación. En caso de haberse colocado una Etiqueta Amarilla o Roja, la edificación debe pasar al segundo nivel de evaluación, o inspección detallada, a fin de decidir si puede ser reparada o reforzada o debe ser demolida.

A continuación, se sintetizan los criterios para la evaluación del nivel de riesgo en cada una de las secciones 2, 3, 4 y 5 del instrumento. La información completa se encuentra en López et al. (2023).

2.2.1 Inspección Externa (Sección 2)

El propósito es determinar el nivel de Riesgo Externo, con base en un recorrido alrededor del edificio, sin ingresar a la edificación, y decidir entre las tres opciones posibles de Riesgo: Bajo, Medio o Alto. Se debe calificar el riesgo externo entre “a. Bajo”, “b. Medio” y “c. Alto” en cinco aspectos: 1) Riesgo de colapso; 2) Peligro por edificios aledaños; 3) Peligro geológico o geotécnico; 4) Asentamiento del edificio; 5) Inclinación del edificio. En López et al. (2023) se describen detalladamente los criterios para asignar la calificación adecuada a cada aspecto. El Riesgo Externo es definido como: “A. Bajo” si los cinco aspectos evaluados tienen la calificación “a. Bajo”, el Riesgo Externo es “B. Medio” cuando al menos un aspecto evaluado tiene la calificación “b. Medio” y no hay ninguno con la calificación “c. Alto”, y el Riesgo Externo es “C. Alto” cuando al menos un aspecto evaluado tiene la calificación “c. Alto”. Si aplica este último, no es necesario continuar la inspección y se debe ir a la sección 6 para calificar el Riesgo Asociado al Daño como “C. ALTO” y colocar la Etiqueta Roja de Acceso no permitido.

2.2.2 Identificación del Piso Critico y de Elementos con Daño Severo/Completo (Sección 3)

El piso del edificio donde se pueda apreciar una mayor concentración de los daños es definido como el piso crítico, donde se hará la calificación de los daños en los elementos estructurales. Se deben examinar las columnas y sus uniones, los muros de concreto y los muros de mampostería (cuando sean de carga, no cuando sean tabiquería de relleno), las vigas y los elementos de arriostramiento, a los cuales se pueda tener acceso. Se debe contabilizar y anotar en la Planilla el número de elementos con daño Severo o daño Completo. Para catalogar un elemento con daño Severo o con daño Completo se debe usar como guía las imágenes y fotografías que se presentan en López et al. (2023). Si hay uno o más elementos con daño Severo o Completo, se asigna el Riesgo Estructural “C. Alto”, y no es necesario continuar con la inspección. Se debe proseguir directamente a la sección 6 y definir el Riesgo Asociado al Daño como “C. ALTO” y colocar la Etiqueta Roja de Acceso no permitido. Si no hay elementos con daño Severo o Completo, se continúa con la sección 4 del instrumento.

2.2.3 Inspección Elementos con Daño Moderado en el Piso Critico (Sección 4)

Se debe recorrer el piso crítico e identificar los elementos estructurales más dañados. Completar la información solicitada solamente para el Tipo de Elemento más dañado entre las cuatro alternativas: Columna o unión; Muro de concreto; Muro de mampostería y Viga o elemento de

arriostramiento. Luego, identificar el grado de daño en el Tipo de Elemento seleccionado, entre dos opciones posibles: Sin Daño/Menor o Moderado, siguiendo los lineamientos indicados gráficamente en López et al. (2023). Se debe contabilizar el número de elementos examinados y el número de elementos con cada tipo de daño. Calcular el porcentaje (%) de Elementos con daño Moderado como el cociente de la cantidad de elementos con daño Moderado dividido entre el número de elementos examinados, multiplicado por 100. Luego, se procede a llenar la última fila para catalogar el Riesgo Estructural por Daño Moderado. Seleccionar si es: “A. Bajo”, “B. Medio” o “C. Alto”, con base al % de Elementos con Daño Moderado.

2.2.4 2.2.4 Inspección de Otros Elementos Estructurales y Componentes No Estructurales (Sección 5)

Se debe completar la información solicitada en esta sección referida al nivel de riesgo “A. Bajo”, “B. Medio” o “C. Alto” de cada uno de los componentes allí indicados. Para todos los casos se entiende como riesgo de caída, cuando se pone en evidencia la posibilidad de un desprendimiento del componente que comprometa la seguridad de los ocupantes de la edificación y de las personas que circulen en sus cercanías. Las paredes se refieren a paredes o tabiques de relleno de mampostería. Los criterios se detallan y ejemplifican en López et al. (2023).

3 APLICACIÓN AL EDIFICIO HOTEL MACUTO SHERATON

El primer ejemplo de aplicación de la metodología es el edificio Hotel Macuto Sheraton en La Guaira, que sufrió daños estructurales importantes durante el sismo de Caracas de 1967 (M=6,6), donde la Comisión Presidencial del Sismo estimó que la aceleración del terreno fue entre 0,10g y 0,13g (MOP, 1978). En la Figura 5a y Figura 6a, se identifica que el edificio tiene entre 10 y 11 pisos con un sistema estructural de concreto armado el cual estaba constituido por muros en los niveles superiores del edificio, que no continuaban hasta los niveles inferiores, y columnas en los tres niveles más bajos. Se procede a llenar los datos en la planilla física (Tabla 2) como se hubiese realizado en 1967.

a) Daños externos (Fuente: K. Steinbrugge, descargada de NISEE, 2024)



b) Daños internos nivel mezzanina (Fuente: V. Bertero, descargada de NISEE, 2024)



Figura 5. Daños en el Edificio Hotel Macuto Sheraton en 1967.

© 2025 ALCONPAT Internacional

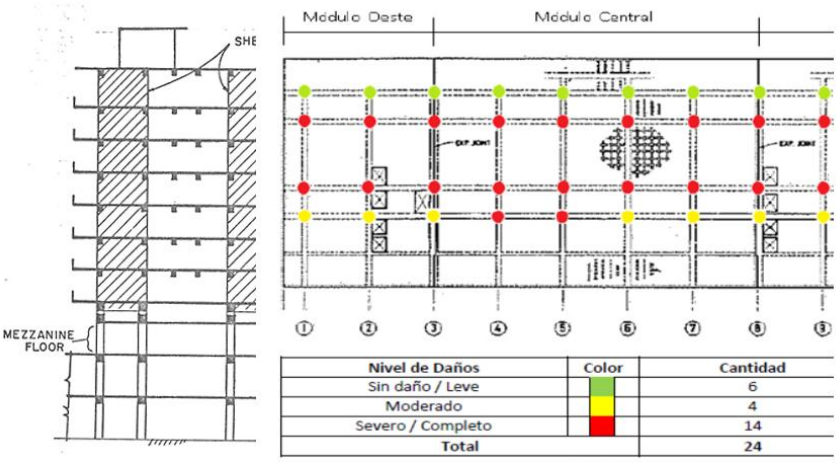
En la inspección externa (Tabla 2, Sección 2) se indica que hubo un peligro geológico o geotécnico Moderado “b. Medio”, dado que hubo evidencias claras de licuación, que estuvo acompañada de grietas considerables en el terreno en la línea costera, piscina, muelle, pavimento y alrededores. Por lo que el Riesgo Externo es calificado como “B. Medio”.

En la inspección interna se evidencia que los daños estructurales se concentraron en las columnas y vigas de los niveles inferiores, siendo el nivel más crítico la mezzanina, por lo que sus 24 columnas son los elementos a evaluar en la inspección interna (Figura 5b, Figura 6). Los resultados se muestran en la Tabla 2, Sección 3. El resultado indica que 14 de las 24 columnas (58%) presentaron daño Severo/Completo, calificando como Riesgo “C. Alto”.

La calificación de Riesgo “C. Alto” en las columnas, es uno de los cuatro criterios estipulados para que no se continue la inspección y se pase a la Sección 6 en donde se califica el Riesgo Total Asociado al Daños como “C. ALTO”, siendo la Recomendación Final “Acceso no permitido” asociada con la tarjeta roja (Tabla 3, Secciones 6 y 7). Esta evaluación coincide con las acciones que se tomaron en la época.

a) Esquema de elevación

b) Esquema de planta (mezanina), identificación de daños.



Nivel de Daños	Color	Cantidad
Sin daño / Leve		6
Moderado		4
Severo / Completo		14
Total		24

Figura 6. Esquemas de elevación y planta (mezzanina) del Edificio Hotel Macuto Sheraton señalando los daños en columnas en 1967 (Fuente: NISEE, 2024).

Tabla 2. Inspección Externa e Interna del Edifico Hotel Macuto Sheraton.

2. INSPECCIÓN EXTERNA (calificar sin ingresar a la edificación)						
Aspectos revisados	**a. Bajo**		**b. Medio**		**c. Alto**	
Colapso de la estructura	No		No	X	Posible, Parcial o Total	
Peligro por edificios aledaños	No	X	Moderado		Elevado	
Peligro geológico o geotécnico	No		Moderado	X	Elevado	
Asentamiento del edificio	No	X	Hasta 20 cm		> 20 cm	
Inclinación del edificio	No	X	Hasta 2cm/60cm		Mayor que 2cm/60cm	
Riesgo Externo	**A. Bajo (Todos a)**		**B. Medio (b≥1 y c=0)**	X	**C. Alto (c≥1)**	

3. IDENTIFICACIÓN DEL PISO CRÍTICO Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES CON DAÑO SEVERO/COMPLETO								
Pisos Inspeccionados	**Todos**		**Piso Crítico**		**Mezzanina o Piso 3**			
Acceso a miembros estructurales principales	Todos	X	Casi todos		Pocos		Ninguno	
Nº de elementos daño Severo/Completo (N)	Columna/Unión	**14**	Muro (Conc.)		Muro (Mampost.)		Viga, arriost.	
Riesgo Estructural por daño Severo/Comple	**No hay (N=0) continuar inspección**				**C. Alto (N≥1)**		X	
Si el Riesgo Estructural es catalogado como **C. Alto**, no continúe con la inspección interna, vaya al punto 6 y coloque Etiqueta roja.								

Tabla 3. Resultados de la Evaluación Rápida de Daños en el Hotel Macuto Sheraton.

6. RIESGO ASOCIADO AL DAÑO Y RECOMENDACIÓN DE ACCESO (tomar el Riesgo más desfavorable entre los Puntos 2, 3, 4 y 5)					
A. BAJO		**B. MEDIO**		**C. ALTO**	
Acceso permitido		Acceso restringido		Acceso no permitido	
Etiqueta verde		Etiqueta amarilla		Etiqueta roja	X

7. ACCIONES RECOMENDADAS						
Inspección Detallada	Estructura	X	Geología o Geotecnia		Instalaciones	X
Medidas de Prevención	Acordonar	X	Cerrar calles	X	Apuntalar	
	Desconectar gas	X	Desconectar electricidad	X	Otra (en observaciones)	

4 APLICACIÓN AL EDIFICIO RESIDENCIAS MI VEGUITA

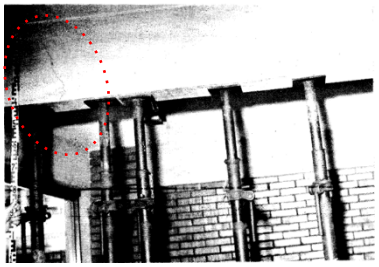
El edificio Residencias Mi Veguita ubicado en Sebucán, Caracas, es de uso predominantemente residencial, fue construido en 1965 y tiene 17 pisos y un sótano (Figura 15a). La estructura es de pórticos de concreto con vigas en sus dos direcciones, algunas son planas, con 24 columnas. Las 8 columnas de los ejes 1 y 2 en Planta Baja tiene doble altura (Figura 6), y presenta una densidad de paredes de menos de la mitad que la que tiene en los pisos superiores. Los daños son descritos detalladamente por la Comisión Presidencial del Sismo de Caracas de 1967 (Figura 6b; MOP, 1978). Se procede a captar lo datos con la aplicación móvil (Figura 7). La inspección externa califica todos los aspectos revisados como riesgo “a. Bajo”, por lo que el Riesgo Externo resulta “A. Bajo”, y se continua con la inspección interna.

© 2025 ALCONPAT Internacional

a) Vista externa (Fuente: Fundación Arquitectura y Ciudad, 2013)



b) Daños en viga “D” (6-7) piso 1.



c) Daños en la viga “D” (5-6) piso 1.

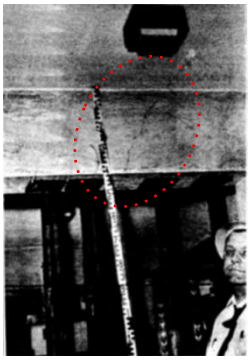
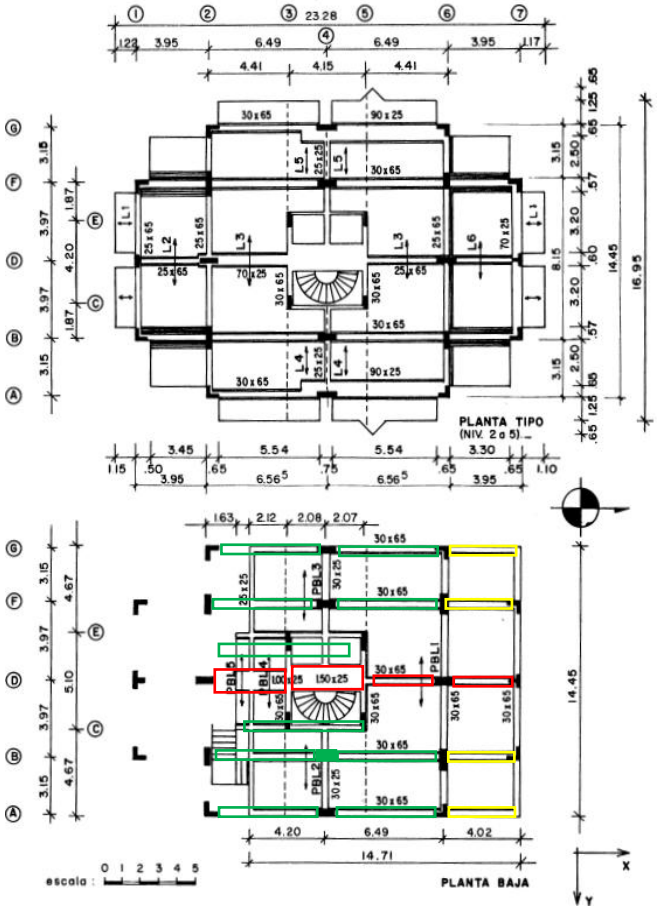


Figura 5. Edificio Residencias Mi Veguita.

En la inspección interna se define la Planta Baja como el piso crítico. No hubo daño en columnas (salvo ligeras fisuras en la columna B-4 de PB), el daño mayor fue en las vigas y losas de Planta Baja (Figura 6a) y Piso 1. La descripción de los daños (Figura 6b) indica que hay vigas con grietas mayores de 2,5 mm en el pórtico D, lo cual califica como daño Severo/Completo conforme al Manual de Campo (Figura 2b). De las 18 vigas, 4 (22%) se califican con daño Severo/Completo, 4 (22%) con daño Moderado y 10 (46%) Sin daño/Leve. Dado esto se termina la inspección y la aplicación móvil nos indica automáticamente que se debe colocar la etiqueta roja de Acceso No Permitido (Figura 7). Luego se indican las acciones recomendadas, en este caso se sugiere una inspección detallada a la estructura y los servicios, apuntalar las vigas afectada tal como se evidencia que ocurrió en 1967 (Figura 5b) y desconectar el servicio de gas.

a) Esquemas de planta (MOP, 1978), identificación de daños.



b) Descripción de los daños (MOP, 1978)

Daños.- Evaluación global 2.9.
Daños en vigas y losas:
Nivel P.B. Fisuras en vigas de los pórticos A, B, F, G, (tramos 1-2 y 6-7) cerca de los apoyos. En el pórtico D (el más dañado) grietas en apoyos y tramos con máxima abertura 2,5 mm.
Nivel 1. Sin daños las vigas de los pórticos E-O y las vigas planas de los pórticos N-S. Las vigas altas de los pórticos A, B, F y G acusaron grietas cerca de los apoyos de las columnas del eje 6. En el pórtico D cerca de la columna D-7, hay una grieta de 4,5 mm. que forma un ángulo de 45° aproximadamente; también se agrietó en el tramo 6-7; se apreciaron 4 grietas de más de 1 mm. El volado de la losa L-3 también se dañó.
En los niveles 2° 3° y 4° los daños son semejantes a los del nivel 1, pero de menor grado, llegando casi a desaparecer en el nivel 6, donde las grietas son casi invisibles y menos numerosas.
Se constató que las grietas en las losas de los niveles 1, 2 y 3 son debidas al aplastamiento de bloques de losa en el sitio donde se anclan las cabillas de los volados L-1 y L-7.

Daños en columnas:
En la columna B-4 (P B) existe una esquina fisurada, probablemente sólo en el recubrimiento.

Daños de Tabiquería, friso, porcelana y pisos:
Sótano: Sin daños.
P.B: Daños en paredes de ladrillo, frisos y porcelana.
Pisos 1, 2 y 3: Fisuras en tabiquería y algunos daños en paredes exteriores sin desprendimientos.
Pocas grietas en pisos y techos.

c) Identificación de daño en vigas

Nivel de Daño	Color	Cantidad	Porcentaje
Sin daño / Leve		10	46%
Moderado		4	22%
Severo / Completo		4	22%
Total		18	100%

Figura 6. Esquema de planta y daños del Edificio Mi Veguita en 1967 (Fuente: MOP, 1978).

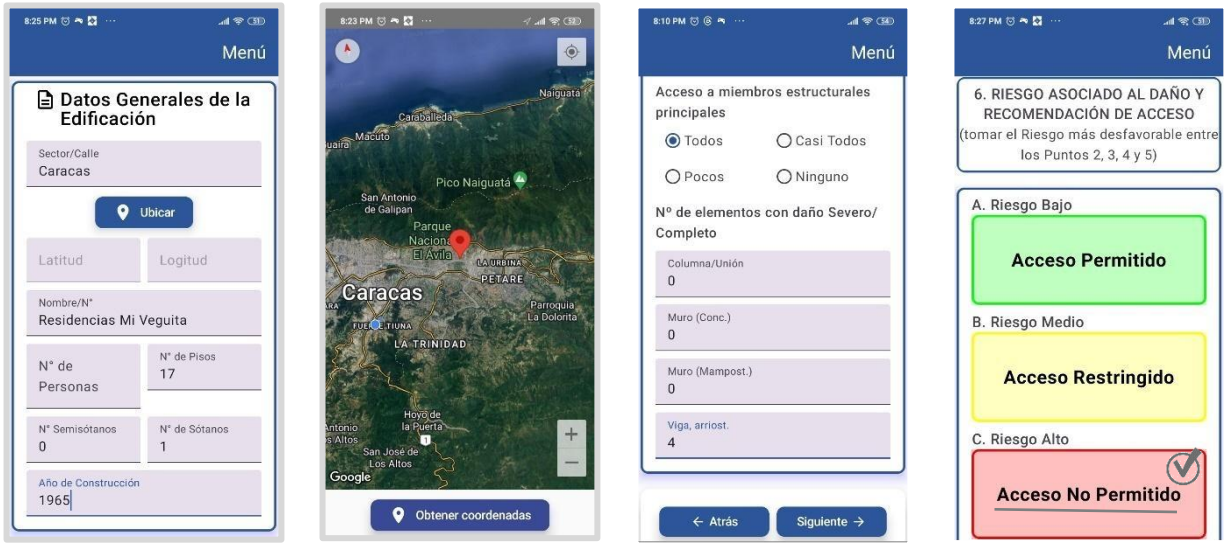


Figura 7. Datos generales del edificio Mi Veguita y resultados mediante la Aplicación Móvil.

© 2025 ALCONPAT Internacional

5 CONCLUSIONES

Se presentó de forma sintetizada la metodología propuesta por López et al. (2023) para la evaluación rápida de edificaciones dañadas por la acción de terremotos, inundaciones, explosiones, deslizamientos o asentamientos del terreno, entre otras acciones. El resultado es la colocación de una etiqueta que especifique su condición de habitabilidad o de acceso entre: a) permitido (etiqueta verde), b) restringido (etiqueta amarilla) o c) no permitido (etiqueta roja).

La inspección rápida es la primera fase del proceso de evaluación que incluye: 1) Evaluación Rápida de Daños; si la Etiqueta asignada es amarilla o roja, se pasa a la fase 2) Evaluación Detallada de Daños por especialistas, y luego aquellas edificaciones que no deban ser demolidas pasan a la fase 3) Evaluación Estructural para la Reparación o Refuerzo de la Edificación.

Se aplicó la metodología propuesta a la evaluación de daños de dos edificaciones afectadas por el sismo de Caracas de 1967 de magnitud 6,6 para las cuales se contó con la información recopilada por la Comisión Presidencial para el Sismo (MOP, 1987). Los edificios evaluados son el Hotel Macuto Sheraton en La Guaira y Residencias Mi Veguita en Caracas, al respecto se concluye que:

- El Hotel Macuto Sheraton sufrió daños Severo/Completo en el 58% de las columnas del nivel de mezzanina, lo cual condujo a una calificación de Riesgo Total asociado al Daño de “C. ALTO” y la etiqueta roja de “Acceso no Permitido”, en concordancia con las acciones que se tomaron en la época. El Hotel ha sido objeto de las siguientes fases de evaluación detalladas y evaluación estructural, así como de obras de reparación y reforzamiento. Actualmente se encuentra en un nuevo proceso de rehabilitación estructural.
- El daño global en el Edificio Residencias Mi Veguita luego del terremoto, fue descrito por la Comisión Presidencial como “existen algunos elementos estructurales agrietados o rotos, pero el daño está localizado sólo en una zona del edificio y las demás partes permanecieron sin daños graves” y consideraron que el edificio no era habitable hasta que no se procediera a su reparación y reforzamiento (MOP, 1978). La aplicación de la metodología propuesta conduce a la misma recomendación.

La aplicación móvil desarrollada y presentada en este trabajo implementa la metodología propuesta en López et al. (2023) para la evaluación rápida de daños en edificaciones, y representa un aporte concreto para su aplicación masiva en la atención inmediata y racional de edificaciones dañadas por eventos de causa natural o antrópica, contribuyendo de esta manera a mejorar las acciones de repuesta rápida y la toma de decisiones en la gestión del riego en Venezuela.

6 AGRADECIMIENTOS

La versión inicial del instrumento de inspección fue elaborada con el apoyo del equipo del Departamento de Ingeniería Sísmica de FUNVISIS, luego afinada y mejorada por el Comité Evaluador constituido por los autores de este artículo, con el apoyo del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Facultad de Ingeniería de la UCV, Facultad de Ingeniería de la UCAB, BRS Ingenieros C.A. y Estructuras Resilientes C.A. El desarrollo de la aplicación móvil estuvo a cargo de Romme Rojas y Jonathan Pérez de Estructuras Resilientes C.A.

7 REFERENCIAS

ATC (2004). *Field Manual: Safety Evaluation of Buildings after Windstorms and Floods, ATC-45 Report*, Applied Technology Council, Redwood City, California.

ATC (2005). *Field Manual: Procedures for Post-earthquake Safety Evaluation of Buildings, Second Edition, ATC-20-1 Report*, Applied Technology Council, Redwood City, California.

Coronel D.G., González J., Páez V., Rodríguez M. Y Pérez R. (2019). *Evaluación de la Seguridad de Estructuras Después de un Terremoto en Venezuela: Propuesta Adaptando la Experiencia de Japón*. Presentación en el Foro de Gestión de Riesgos de Desastres 2019, Quito, Ecuador, 28 de noviembre de 2019.

Fundación Arquitectura y Ciudad (2013). *Crono Arquitectura Venezuela. Residencias Mi Veguita*, 1965. Ediciones FAU UCV. https://fundaayc.com/2013/10/24/1965%e2%80%a2-residencias-mi-veguita/ [Último acceso: junio, 2024].

González J., Páez V., Rojas R. Y Ascanio W. (2018). *Guía de Evaluación Post-Sísmica de Edificios de Acero (Versión Preliminar)*, FUNVISIS, Caracas.

Hurtado E., (2015). *Fichas de Lesiones Típicas de Daños por Terremotos en Inmuebles para uso con Ficha de Inspección Rápida desarrollada por la Dirección de Arquitectura*. Sub Departamento de Ingeniería y Construcción – DEPU – DA – MOP. Chile.

Kaminosono T., Kumazawa F., Nakano Y. (2002). *Manual de Inspección Rápida de Edificios de Concreto Armado dañados por Terremotos*. Nota Técnica del Instituto Nacional de Gestión de Tierra e Infraestructura, N° 40.

López O. A., Coronel D. G., Ginés C., Fierro F., Marinilli A., Urich A. (2023). *Evaluación Rápida de Daños en Edificaciones*. Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH). 61(4): 8–31.

López O. A., Coronel G., Ascanio W., Rojas R., Páez V., Olbrich F., Rengel J. G. Y González J. (2014). *Índices de Priorización de Edificios para la Gestión del Riesgo Sísmico*. Informe Técnico FUNVISIS, FUN-002, 2014.

MOP (1978). "*Segunda Fase del Estudio del Sismo ocurrido en Caracas el 29 de julio de 1967, Vol. B"*. Comisión Presidencial del Sismo, Min. de Obras Públicas. Venezuela. p. 746.

MOP (2015). *Ficha de Evaluación de Daños para Inspección Rápida de Edificios Públicos. Versión 3*. Unidad de Ingeniería y Construcción, Departamento de Edificación - División Edificación Pública. Dirección de Arquitectura | MOP, Chile.

NISEE (2024). National Information Service for Earthquake Engineering, University of California, Berkeley. https://nisee.berkeley.edu/elibrary/ [Último acceso: junio, 2024].

Pérez R. Y M. Rodríguez (2018). *Propuesta de un procedimiento de Evaluación Rápida de la Seguridad de Edificaciones de Concreto Reforzado después de un Terremoto.* TEG dirigido por el Prof. Gustavo Coronel D. Fac. de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. p. 237.

Tani, M Y T. Sato (2017). *Evaluación Rápida de Riesgos en Edificios Afectados por Terremotos*. Presentación en el IISEE, Building Research Institute (BRI), Tsukuba, Japón.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Macromodelo para análisis estático no lineal de pórticos con paredes de relleno y mampostería confinada

A. Urich[1]*; O.A. López[2]; S. Orsini[3]; L. Hernández[3]

*Autor de Contacto: a.urich@brsingenieros.com

RESUMEN

Se presentan resultados de una investigación con el objetivo de proponer un modelo matemático para evaluar el desempeño sismorresistente de pórticos con paredes de relleno o muros de mampostería confinada. Se analizan 27 ensayos experimentales desarrollados en el IMME. Después de múltiples iteraciones, el modelo reproduce de forma razonable la curva de capacidad experimental (envolvente de ciclos de histéresis). Para la definición del modelo se usó una adaptación de la Norma de Ciudad de México, compatible con la Norma Venezolana para Edificaciones de Mampostería Estructural. Tiene la ventaja de ser calibrado con ensayos en Venezuela, usando materiales disponibles en el país en distintas épocas y constituyen una base para futuros estudios del desempeño sísmico de pórticos con paredes de relleno.

Palabras clave: Modelo; pórticos; paredes de relleno; mampostería; estructura

[1] Candidato Doctoral. Ciencias de la Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
[2] IMME, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela y Asesor de FUNVISIS.
[3] Estudiante Maestría en Ingeniería Sismorresistente, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Las paredes de relleno pueden tener una influencia significativa en la respuesta sísmica de estructuras de pórticos, generar efectos adversos como piso blando o columnas cortas y han sido responsables de daños o inclusive colapsos en sismos del pasado. Después del Terremoto de Caracas de 1967 se realizaron varias investigaciones en Venezuela sobre el desempeño sismorresistente de pórticos con paredes de relleno de mampostería y muros de mampostería confinada. Entre estos estudios, el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Universidad Central de Venezuela desarrolló durante décadas ensayos de múltiples especímenes con estas tipologías. Con estos ensayos se lograron conclusiones particulares para cada caso, pero no se llegó a plantear un modelo que aplicara simultáneamente para todos ellos.

El objetivo de esta investigación es proponer un macromodelo matemático que permita evaluar el desempeño sismorresistente de pórticos con paredes de relleno o muros de mampostería confinada, para lo cual, se hace un análisis concatenado de una selección de 3 series de ensayos desarrollados previamente por el IMME, que constituyen una muestra de 27 especímenes.

2 PROCEDIMIENTO

El modelo a utilizar se basa en lo siguiente: análisis estático no lineal; cargas en el plano; un solo tramo y nivel del pórtico; paredes o muros que ocupan todo el vano (sin puertas y/o ventanas); paredes o muros sin acero de refuerzo; carga lateral en una dirección y sentido. El objetivo del modelo es reproducir la curva de capacidad (envolvente de los ciclos de histéresis) obtenida experimentalmente.

Se seleccionaron tres series de ensayos para su reinterpretación, cuyos datos se resumen en la Tabla 1. Se incluyen pórticos con paredes de relleno y también muros de mampostería confinada, los cuales, a pesar de tener diferencias constructivas, investigaciones previas indican que exhiben una respuesta estructural similar (Torrisi, Crisafulli, & Pavese, 2012). La Figura 1 muestra la configuración de los especímenes evaluados.

Tabla 1. Resumen de características de las series de ensayos analizados

Serie de ensayos	Tipo Estructural	Nº de ensayos	Escala	H/L	Tipo de unidad	Nº de ensayos con carga vertical	Patrón de carga
Serie 1 IJL	PPR	9	1:2	0,48 a 0,73	Bloque arcilla	0	Monotónico creciente
Serie 2 LMG	PPR	9	1:2	0,71 a 1,14	Ladrillo arcilla	6	Alternantes crecientes
Serie 3 CaMa	MC	9	1:1	0,74 a 1,26	Bloque concreto	6	Alternantes crecientes

PPR: Pórticos con paredes de relleno
MC: Mampostería confinada

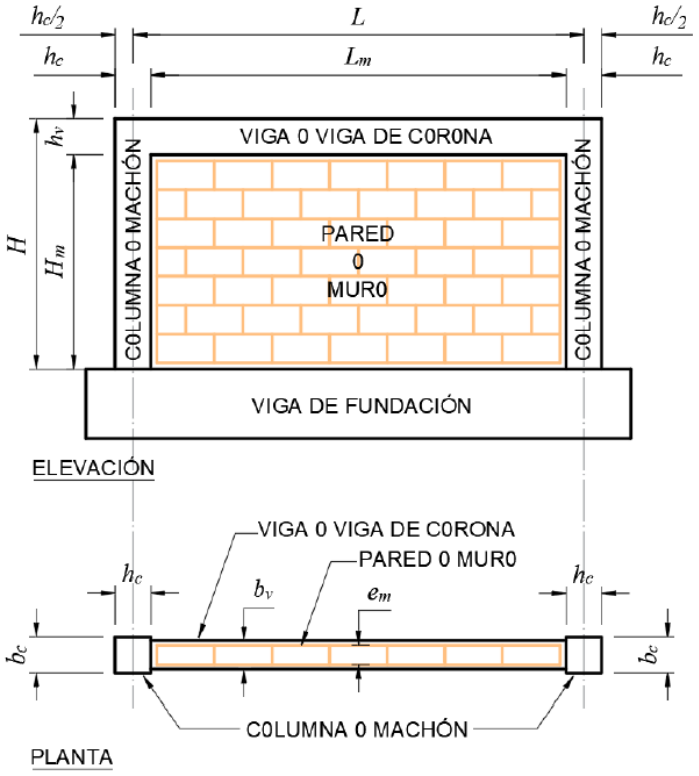


Figura 1. Configuración típica de los especímenes evaluados

2.1 Serie 1 - IJL

Es una serie de 9 ensayos de pórticos de concreto con paredes de relleno de mampostería a escala 1:2. Las paredes son de bloques de arcilla sin frisar, todas con la misma sección y materiales. Para los pórticos se varían las secciones de columnas y las luces libres entre ellas para una relación de aspecto (altura/longitud) de 0,48 a 0,73. Se aplicó carga lateral monotónica creciente en el tope del pórtico sin aplicar carga vertical (Irizar, Juvarra, & López, 1970).

2.2 Serie 2 - LMG

Es una serie de 9 ensayos de pórticos de concreto con paredes de relleno de mampostería a escala 1:2; todos los pórticos poseen las mismas secciones de columnas y vigas, pero se varía la distancia entre columnas para una relación de aspecto (altura/longitud) entre 0,71 y 1,14; las paredes son de ladrillos de arcilla sin frisar; se aplicó carga lateral alternante creciente en el tope del pórtico; en seis pórticos se aplicó simultáneamente carga vertical (Lafuente, Molina, & Genatios, 2000).

2.3 Serie 3 - CaMa

Es una serie de 9 ensayos de muros de mampostería confinada a escala 1:1; todos los muros poseen las mismas secciones de machones y vigas de corona, pero se varía la distancia entre machones para una relación de aspecto (altura/longitud) entre 0,74 y 1,26; las paredes son de bloques de concreto sin frisar; se aplicó carga lateral alternante creciente en el tope de muro; seis de los muros se ensayaron aplicando simultáneamente carga vertical (Castilla & Marinilli, 2003).

© 2025 ALCONPAT Internacional

La Figura 2 muestra un esquema del modelo del puntal diagonal equivalente, el cual representa el aporte de la pared o muro a la resistencia lateral del sistema mediante un miembro estructural lineal articulado en sus extremos que solo resiste acciones de compresión P_d en una diagonal que se extiende desde la esquina superior del marco hasta la esquina inferior en la dirección de la carga lateral *"V"* aplicada. También muestra la ubicación de las rótulas plásticas empleadas, tanto en el puntal diagonal equivalente, como en los elementos del marco de concreto reforzado.

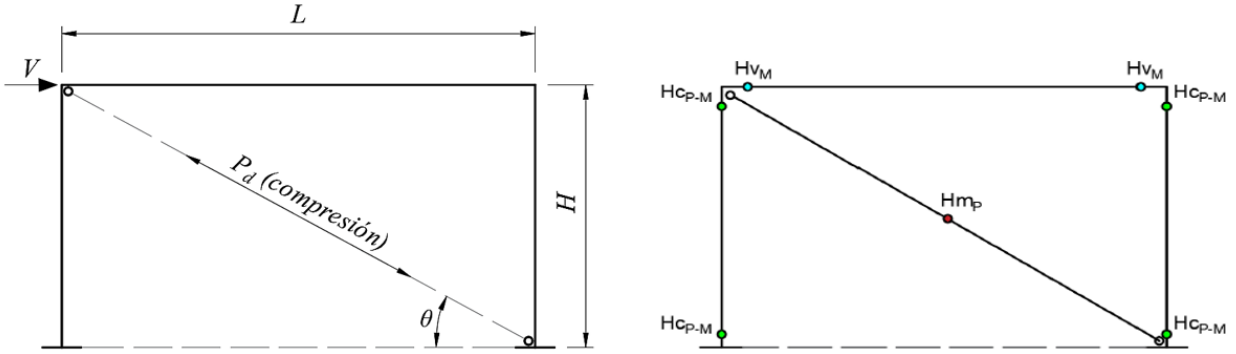


Figura 2. Esquema del modelo (izquierda) y ubicación de las rótulas plásticas (derecha)

Las ecuaciones 1 y 3 presentan las fórmulas y parámetros que se usaron para definir la resistencia de la pared o muro, los cuales son adaptados de la Norma Venezolana para Edificaciones de Mampostería Estructural (COVENIN 5008, 2019) y las Normas Técnicas Complementarias de la Ciudad de México (Gobierno de la Ciudad de México, 2017).

$$V_m = (0{,}5\, v'_m\ A_T + 0{,}3\, P)\, f \leq 1{,}5\, v'_m\ A_T\ f \qquad [1]$$

$$f = \begin{cases} 1{,}5 \ \text{ si } \frac{H}{L} \leq 0{,}2 \\ 1{,}0 \ \text{ si } \frac{H}{L} \geq 1{,}0 \end{cases} \qquad [2]$$

Donde:

V_m: Resistencia a corte del muro o pared de mampostería en el momento del agrietamiento.

v'_m: Resistencia a compresión diagonal de la mampostería (fuerza por unidad de área), obtenida de los ensayos de muretes.

A_T: Área transversal en planta del muro o pared de mampostería.

P: Carga vertical que actúa sobre el muro o pared de mampostería.

f: Factor que considera la esbeltez en el plano del muro o pared de mampostería.

L: Longitud entre columnas.

H: Altura del entrepiso.

Para definir las propiedades de las rótulas plásticas de los miembros estructurales del marco de concreto reforzado se utilizaron las prescripciones de la guía ASCE/SEI para Evaluación y Adecuación Sísmica de Edificios Existentes (ASCE/SEI 41-23, 2023). Para definir las propiedades de la rótula del puntal diagonal se realizaron múltiples iteraciones variando su resistencia post-agrietamiento y deformación plástica hasta obtener resultados razonables y

convergentes con respecto a los obtenidos experimentalmente. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

3 RESULTADOS

Se realizaron múltiples iteraciones para calibrar el modelo con los resultados obtenidos experimentalmente en los 27 ensayos descritos. La Figura 3 (izquierda) muestra un ejemplo donde se comparan los resultados experimentales con los del modelo para uno de los 27 casos evaluados. Para facilitar la interpretación de resultados, las curvas fueron normalizadas dividiendo la fuerza cortante V entre la máxima fuerza cortante obtenida en cada ensayo V_{max} y rebatiendo la envolvente de las curvas en ambas direcciones para el caso de ensayos alternantes, tal como se muestra en el ejemplo de la misma Figura 3 (derecha). También se normalizó la deriva de piso δ dividiéndola entre la altura H.

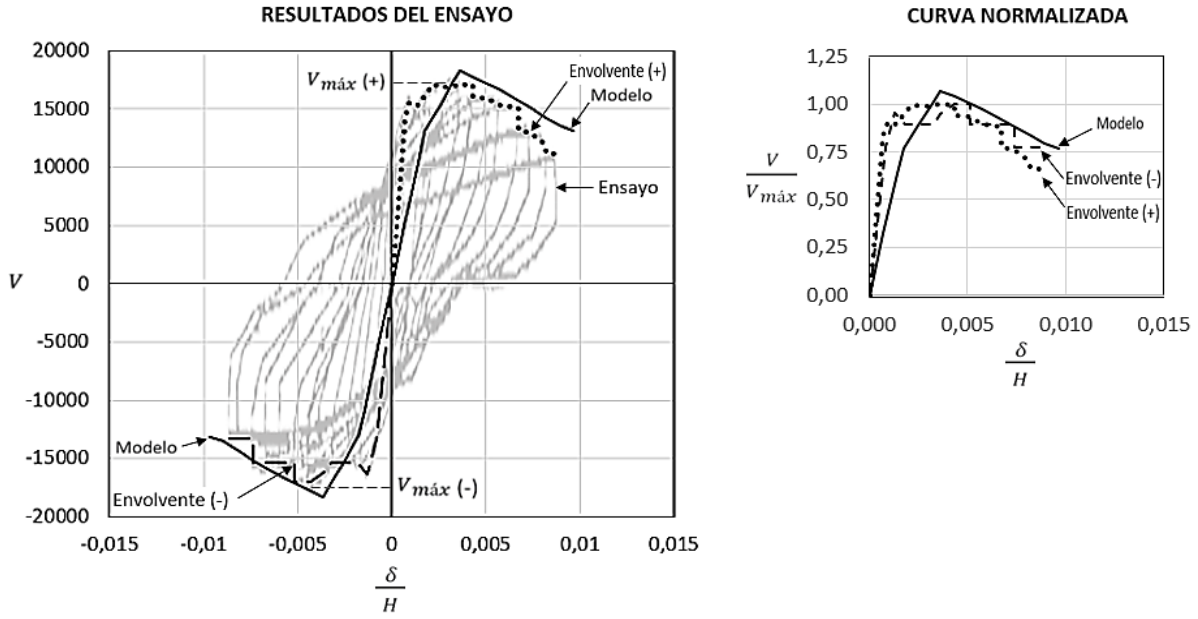


Figura 3. Ejemplo de comparación de resultados del modelo vs. el ensayo (izquierda); ejemplo de curva normalizada empleada para el análisis de resultados (derecha)

Se logró un buen ajuste entre los resultados del modelo y los resultados experimentales empleando los parámetros descritos en la Figura 4 y Ecuación 3 siguientes.

© 2025 ALCONPAT Internacional

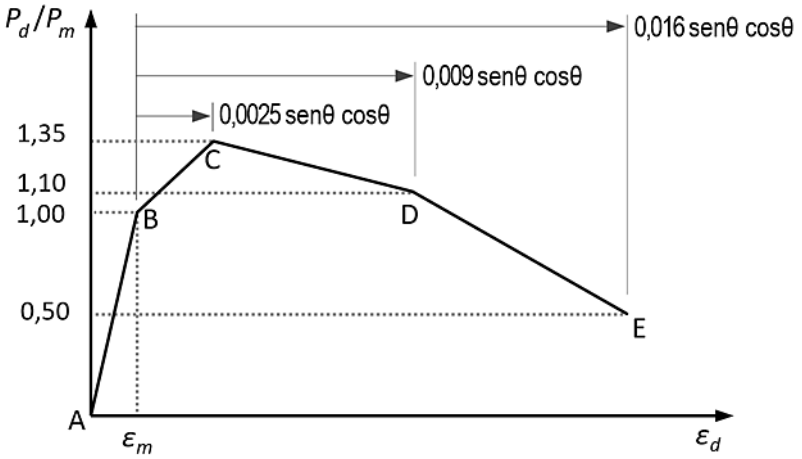


Figura 4. Curva de capacidad a compresión en el puntal diagonal

$$P_d = \begin{cases} \text{Tramo A-B (hasta agrietamiento): } P_d = A_{pd}\, E_m\, \varepsilon_d \;\leq\; \dfrac{V_m}{cos\ \theta} \\ \text{A partir de B (post agrietamiento): ver Figura 4} \end{cases} \qquad [3]$$

Donde:

P_d: Fuerza axial (compresión) que actúa en el puntal diagonal equivalente (Figura 2).

P_m: Fuerza axial (compresión) que actúa en el puntal diagonal equivalente en el momento del agrietamiento según Ecuación 4

$$P_m = \frac{V_m}{cos\ \theta} \qquad [4]$$

A_{pd}: Área de la sección transversal del puntal, considerada como el espesor de pared multiplicado por su ancho dado por el 25% de su longitud.

E_m: Módulo de elasticidad de la pared o muro de mampostería.

ε_d: Deformación unitaria del puntal diagonal en su dirección axial

ε_m: Deformación unitaria del puntal diagonal en su dirección axial en el momento del agrietamiento según Ecuación 5.

$$\varepsilon_m = \frac{V_m}{A_{pd}\, E_m\, cos\ \theta} \qquad [5]$$

Los parámetros que se ajustaron en las iteraciones mencionadas fueron la deformación unitaria y la resistencia relativa post-agrietamiento de los puntos C, D y E de la Figura 4 hasta obtener un buen ajuste entre la data experimental y los resultados del modelo. La Figura 4 muestra los resultados finalmente adoptados en esta investigación.

La Figura 5 muestra la comparación entre las curvas de capacidad obtenidas experimentalmente con las obtenidas mediante el modelo para los 27 casos evaluados. Se observa un buen ajuste, con errores menores a 25% en la mayoría de los ensayos y para todo el rango de derivas disponible.

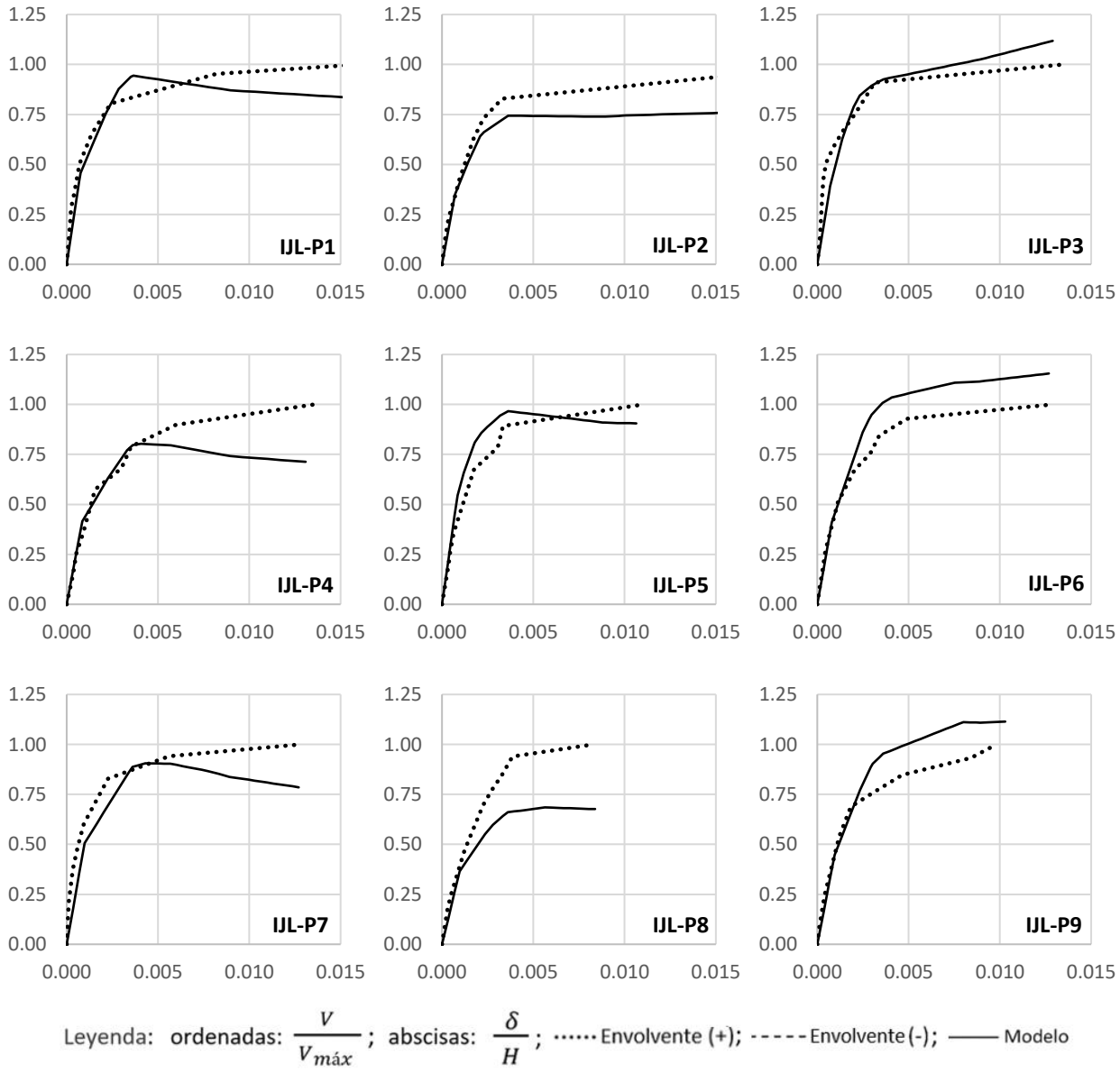


Figura 5. Comparación entre curvas de capacidad experimentales y curvas de capacidad del modelo.

© 2025 ALCONPAT Internacional

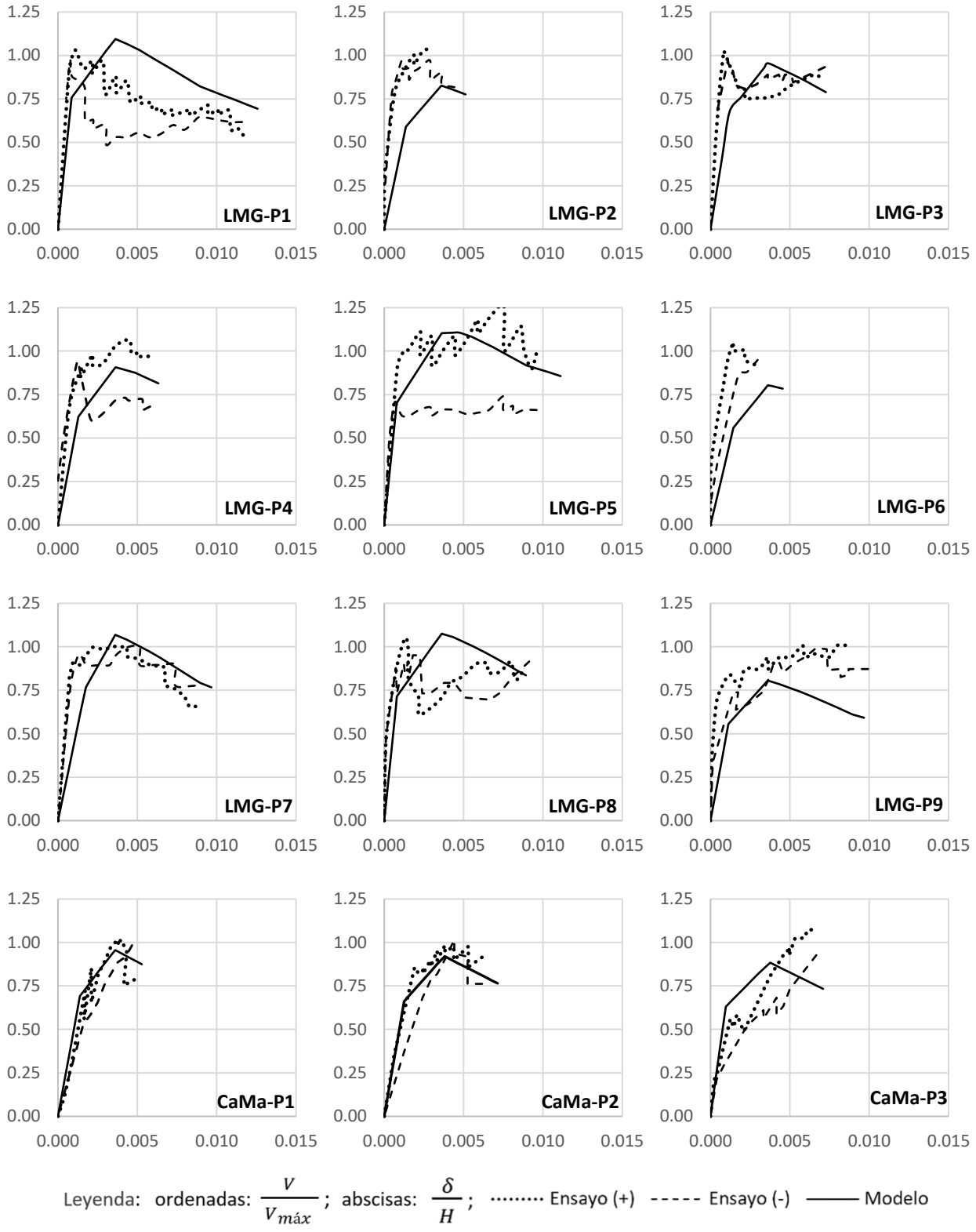


Figura 5. (continuación)

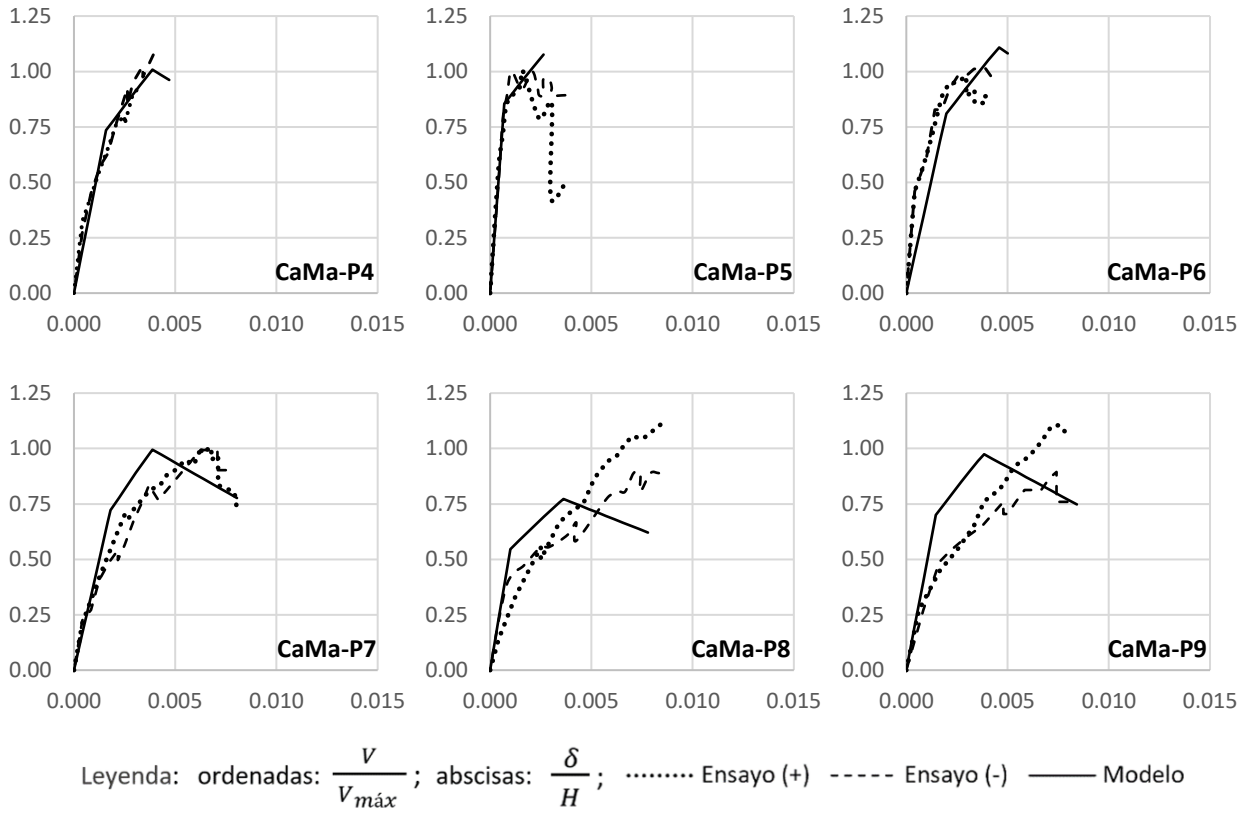


Figura 5. (continuación)

4 CONCLUSIONES

Se propone un modelo matemático de puntal diagonal equivalente para obtener la curva de capacidad (envolvente de ciclos de histéresis) de pórticos con paredes de relleno o muros de mampostería confinada. Este modelo es calibrado con la data experimental de 27 ensayos desarrollados previamente en el IMME. Después de múltiples iteraciones aplicando los mismos criterios y parámetros en los 27 casos, se logra un ajuste razonable y convergente.

Con este modelo se podrá estudiar el desempeño de estructuras típicas en Venezuela con sistemas de pórticos con paredes de relleno y mampostería confinada. Tiene la ventaja de haber sido calibrado con ensayos realizados en Venezuela, con materiales disponibles en el país en distintas épocas, y que los parámetros empleados son compatibles con las fórmulas empleadas en la normativa nacional.

Los resultados de este trabajo muestran el avance de una investigación en curso. Actualmente se está desarrollando una propuesta de modelo de tres puntales equivalentes diagonales, usando la misma data experimental. Con esta nueva propuesta se espera identificar posibles fallas locales en las vigas y columnas debido a la interacción con la pared de mampostería, situación que no es posible determinar con el modelo de un solo puntal.

© 2025 ALCONPAT Internacional

5 FINANCIAMIENTO

Esta investigación cuenta con financiamiento parcial del Fondo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación – FONACIT, en el marco del Proyecto N° 2023000156: "Programa de Mejoramiento de la Seguridad Estructural para Ciudades más Resilientes, Inteligentes y Sostenibles en Venezuela" que desarrolla el IMME de la Facultad de Ingeniería de la UCV.

6 REFERENCIAS

ASCE/SEI 41-23. (2023). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings.* USA: American Society of Civil Engineers.

Castilla, E., & Marinilli, A. (2003). Experiencias Recientes en Mampostería Confinada de Bloques de Concreto. *Boletín Técnico IMME, 41*(2-3), 28-39.

COVENIN 5008. (2019). *Norma Venezolana. Análisis, Diseño y Construcción de Edificaciones de Mampostería Estructural.* Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Gobierno de la Ciudad de México. (2017). *Normas Técnicas Complementarias.* Ciudad de México, México: Gaceta Oficial de la Ciudad de México No 220 bis.

Irizar, I., Juvarra, M., & López, O. A. (1970). *Pórticos de Concreto Armado Rellenos con Muros de Albañilería.* Caracas: Trabajo Especial de Grado. Tutor: Luchsinger, J. Universidad Central de Venezuela.

Lafuente, M., Molina, A., & Genatios, C. (2000). Seismic-Resistant Behavior of Minor Reinforced Concrete Frames with Masonry Infill Walls. *12th World Conference on Earthquake Engineering, 12WCEE.* Auckland, New Zealand.

Luchsinger, J. (1972). Contribución de los Elementos de Tabiquería de Arcilla en la Respuesta de Estructuras Sometidas a Cargas Sísmicas. *Boletín Técnico IMME, X*(34-40), 3-34.

Torrisi, G., Crisafulli, F., & Pavese, A. (2012). An innovative Model for the In-Plane Nonlinear Analysis of Confined Masonry and Infilled Frame Structures. *15th World Conference on Earthquake Engineering.* Lisboa, Portugal.

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Ensayos normativos no destructivos disponibles para evaluar la integridad del vaciado de concreto en pilas y pilotes

F. Centeno P.[1]*, R. Centeno W.[2], C. Rodríguez A.[3]

*Francisco Centeno: francisco.centeno@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar una idea general a los lectores y motivarlos a estudiar más a fondo sobre la existencia de ensayos normativos no destructivos disponibles para evaluar la integridad de los vaciados de concreto en las obras de infraestructura.

Se presentan algunos ejemplos de aplicaciones de los ENND utilizados, donde se encontraron algunas fallas y defectos importantes ubicados en la cabeza, fuste y punta de algunos pilotes y pilas, qué de no haberse detectado a tiempo con estos ensayos, hubiesen puesto en riesgo el desempeño futuro y la durabilidad de la obra por la posibilidad de generación de patologías asociadas a: calidad de materiales, eventos de corrosión y aparición de deformaciones con agrietamientos en la infraestructura-superestructura.

Palabras clave: PIT, TIP, CHUM, DFI; anomalías; defectos; tomografía, ensayos de integridad.

[1] Ingeniero Civil - director de Centeno-Rodríguez y Asociados, ciudad de Panamá, Panamá.
[2] Director general de Centeno-Rodríguez y Asociados en Venezuela y Panamá.
[3] Director general de Centeno-Rodríguez y Asociados en Venezuela y Panamá.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Este artículo proporciona información actualizada basada en los trabajos y experiencias derivadas de múltiples ensayos normativos no destructivos (ENND) realizados por los autores para evaluar la integridad del concreto durante los vaciados en pilas y pilotes con diferentes diámetros, en obras de infraestructura tales como: cimentaciones para grandes edificios, viaductos y puentes. Las experiencias incluyen poder conocer como ha sido realizado el trabajo de excavación y vaciado para diferentes tipos de elementos de fundación indirecta, bajo distintas condiciones de suelos y nivel freático existente, con empotramientos en rocas competentes con discontinuidades.

Los ENND vigentes utilizados para evaluar la integridad del vaciado de concreto en pilotes son procedimientos que garantizan la confiabilidad de los resultados obtenidos y proporcionan un marco científico a la investigación aplicada, con el fin de fomentar uniformidad en la calidad de los materiales y mitigar oportunamente riesgos que vulneren la seguridad, desempeño y durabilidad de las estructuras que se encuentran apoyadas sobre estos.

Poder anticipar la existencia de posibles daños en la integridad del concreto vaciado en pilotes o en pilas mediante la ayuda que ofrecen los ENND disponibles, permite a todos los involucrados en el proyecto, construcción e inspección, poder detectar oportunamente si existen anomalías o fallos en los materiales; anticipando y seleccionando la solución más adecuada para lograr una reparación exitosa, en caso de ser ello necesario.

La integridad de un pilote o pila de gran capacidad representa una responsabilidad muy importante que es compartida por todos los involucrados en la obra durante las etapas de diseño, construcción y operación de esta. Cada elemento ensayado representa una huella indeleble de como quedó el vaciado de concreto para conocer y confirmar la capacidad del elemento proyectado ante las futuras cargas de servicio y acciones sísmicas a las que este elemento se vea sometido.

Los ensayos de integridad no sustituyen a las pruebas de carga normativas en caso de querer verificar la capacidad resistente del pilote o pila, y evaluar la calidad de los materiales del elemento. Las PC ayudan a valorar un uso racional y sustentable de los materiales empleados, si se determina que la capacidad de carga obtenida es mucho mayor a las cargas de servicio estimadas por el diseñador para la vida útil de la estructura proyectada.

Los beneficios que ofrecen los ENND para el control de integridad de pilotes y pilas de gran capacidad son variados, siendo algunos de los más importantes:

1. Garantizar el cumplimiento de los códigos de construcción vigentes: American Concrete Institute (ACI), American Society for Testing and Materials (ASTM) y manejo adecuado de terminologías y criterios de interpretación de los resultados establecidos por el Comité Ad hoc de la Deep Foundations Institute (DFI); junto con un grupo de profesionales involucrados en el diseño, construcción, fabricantes de equipos para los ensayos, y la inspección. Permiten demostrar el compromiso con la calidad y seguridad para proporcionar durabilidad, valor agregado y prestigio a las obras controladas con los ENND. Facilitan la interpretación de resultados a los profesionales idóneos involucrados en ellas.

2. Detección temprana de anomalías que permitan identificar probables defectos constructivos ocultos o mala calidad, tales como: interrupciones de la continuidad, vacíos o partes con la sección transversal reducida en el elemento . La detección temprana de estos problemas permite tomar medidas correctivas adecuadas en caso de ser detectadas y garantizar que la transmisión de las cargas de servicio, desde la cabeza y hasta la punta en material competente, sea desarrollada sobre un elemento homogéneo y sin discontinuidades.

3. Contrario a la práctica común, cuando no hay estos tipos de verificaciones con los ENND, surgen las dudas por las diferencias que existen entre el volumen de concreto teórico y el volumen realmente vaciado (colado) del elemento. Se elimina la necesidad de ejecutar excavaciones extensas o perforaciones verticales destructivas que permitan poder avanzar y llegar a las zonas más profundas afectadas, alterando a veces la calidad de las zonas aledañas que se encuentran sanas y sin problemas. Los ENND reducen significativamente los costos y las incertidumbres asociadas a la construcción de pilotes con diferentes tipos de materiales que componen el concreto vaciado.

4. Prevención de fallas estructurales al identificar las posibles debilidades que pueden ocurrir en los pilotes. Los ENND de integridad ayudan a prevenir futuras fallas estructurales y permiten atender estos problemas antes de que se agraven con el tiempo. Sin duda, pueden salvar muchas vidas, minimizar los daños a la propiedad y evitar reparaciones costosas con responsabilidades legales que estén asociadas al proceso constructivo realizado por terceros y los reclamos por parte del propietario y sus nuevos propietarios.

5. Permiten alimentar una base de datos con sistemas de gestión de información, tipo Aconex, Procore o equivalente, que tengan toda la información disponible, tal y como fue construida, para lograr realizar consultas oportunas por parte de los proyectistas estructurales, constructores, inspectores, promotores y profesionales del área legal.

El concreto premezclado para pilotes y pilas se confecciona regularmente con cinco componentes principales: agregados (arena y piedra picada o grava) + cemento Portland + adiciones (cenizas volcánicas) + agua + aditivos químicos. Bajo correctos diseños de la mezcla, con ellos se pueden obtener resistencias más altas con relaciones agua/cemento más bajas. Hoy en día existe una mayor dependencia al uso de los aditivos químicos para lograr obtener la trabajabilidad adecuada de la mezcla con una menor cantidad de agua añadida y poder trabajar eficientemente con la tubería Tremie. Con estos componentes y una adecuada dosificación se logra satisfacer las demandas del producto para obras que requieren una trabajabilidad especial en el hormigón fresco, con un tiempo de fraguado que permita al contratista poder construir con seguridad y sin afectar el desempeño futuro del concreto vaciado para los pilotes y las pilas de fundación.

Para colocar un concreto de buena calidad se requieren camiones de premezclado en buen estado, dotados con agitadores que puedan ser utilizados directamente en los sitios de trabajo con fácil acceso o en los sitios con acceso limitado, bajo la ayuda de una bomba hidráulica para vaciados con tubería Tremie.

© 2025 ALCONPAT Internacional

2 ENSAYOS NORMATIVOS NO DESTRUCTIVOS DISPONIBLES

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations,* ASTM D 5882-16. Ensayo también conocido como: Pile Integrity Test (PIT) o Pile Echo Test (PET).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundation by Ultrasonic Crosshole Testing, ASTM D 6760-16. Ensayo también conocido como: Crosshole Sonic Logging (CSL) o Crosshole Ultrasonic Monitor (CHUM).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Thermal Integrity Profiling of concrete Deep Foundations, ASTM D 7949-14. Ensayo también conocido como: Thermal Integrity Profiling (TIP).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM C94/C94M-23 Standard Specification for Ready-Mixed Concrete.* ASTM C-94.

AFNOR. "Sols: reconnaissance et essais. Auscultation d'un élément de fondation. Partie 1: Méthode par transparence, norma NF P 94-160-1 (1993).

DEEP FOUNDATIONS INSTITUTE (DFI). Terminology and Evaluation Criteria of Crosshole Sonic Logging (CSL) as applied to Deep Foundations.

EUROPEAN FEDERATION OF FOUNDATIONS CONTRACTORS / DFI. Guía del hormigón tremie en cimentaciones profundas. Grupo de Trabajo Conjunto EFFC/DFI para el Hormigón.

Por razones de espacio, en el artículo mencionaremos algunos aspectos principales de las tres normas ASTM comúnmente empleadas y de la terminología y criterio de evaluación que son reconocidos y aplicados por la mayoría de los expertos y miembros del DEEP FOUNDATIONS INSTITUTE para los ensayos Crosshole de ultrasonido (CSL-CHUM) y de otros ENND empleados para fundaciones profundas.

El suelo puede ser un medio altamente corrosivo y su resistividad (medida de la resistencia del suelo al flujo eléctrico) se determina según el contenido de la humedad presente en los poros. Mientras más humedad tenga un suelo, la resistividad será más baja; entonces el suelo es más corrosivo para atacar a las armaduras de refuerzo que presenten un bajo o nulo recubrimiento con concreto.

El pH del suelo representa el grado de acidez que este pueda tener. Para suelos ácidos con pH cercano a 5 las consecuencias son nefastas y generan un deterioro del acero de refuerzo si no hay un buen recubrimiento, con espesor promedio de concreto no inferior a 7.5 cm (3”).

3 ENSAYO CROSSHOLE ULTRASONIC MONITOR (CHUM). Norma ASTM D-6760-16

Para evaluar la integridad del vaciado en pilotes y pilas de gran capacidad durante la construcción de puentes, edificaciones, muros colados, sostenimientos con pilotes secantes y/o tangentes, se emplea en los cinco continentes este ensayo normativo no destructivo (ENND), el cual se ha convertido en una herramienta muy completa para evaluar la integridad del concreto con la ayuda de ondas de ultrasonido que atraviesan la masa del mismo en diferentes direcciones, desde el fondo y hasta la superficie, utilizando para ello un número de perfiles que previamente se han seleccionado según la dimensión del diámetro o sección del elemento.

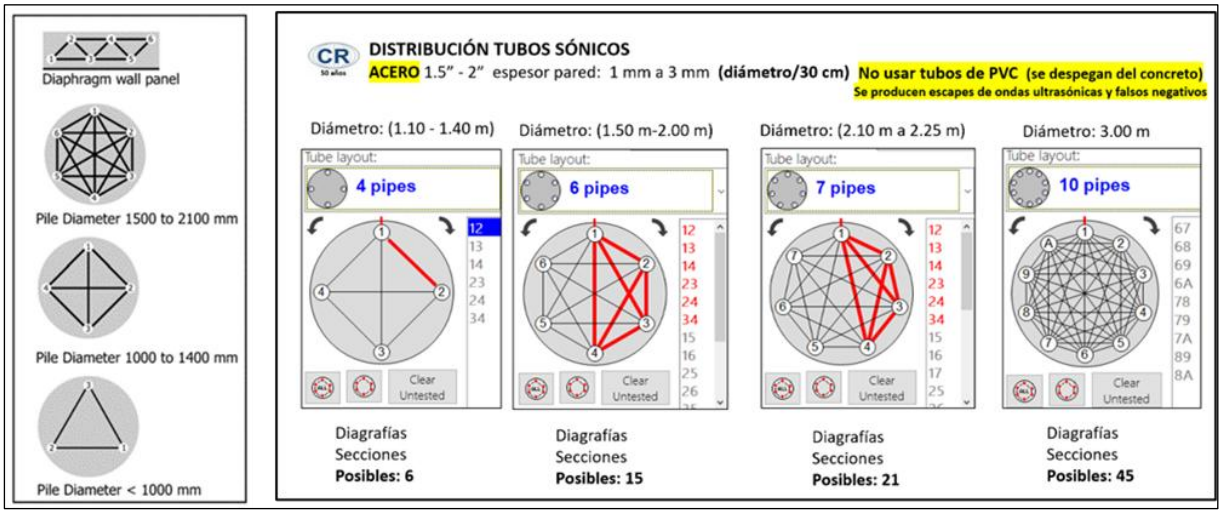


Figura 1. Disposición y cantidad de tubos sónicos (1.5" a 2.0") según el diámetro del pilote o pila. Croquis izquierdo tomado de la Norma ASTM D-6760-16. Imagen derecha creada por los autores del artículo con software desarrollado por Piletest.

Como criterio de selección de cantidades de ensayos a realizar para el grupo de los pilotes y pilas con las mayores cargas de servicio, se debe auscultar el 100% de los elementos. Del resto de los elementos, con cargas menores, se debe escoger una muestra del 25% de los pilotes que presenten cargas variables menores y dificultades durante su construcción. Observar cuantos de ellos presentan defectos y anomalías. Si dentro de la muestra total adoptada el porcentaje de elementos con defectos o anomalías resulta mayor a un 25%, se selecciona otro grupo de 25% adicional dentro del número de pilotes que no hayan sido ensayados. La discretización de los rangos de cargas (elementos con las mayores y las menores cargas) se hace conciliando el criterio del proyectista estructural con las particularidades de la obra en sí. En Proyectos de puentes y viaductos deben ser ensayados todos los pilotes debido a la importancia de estos.

El ensayo de ultrasonido mide el tiempo que tarda la onda en salir del geófono emisor y llegar al geófono receptor (First Arrival Time FAT de la onda en microsegundos), también la energía relativa (dB), Si se han formado vacíos, defectos y/o anomalías en el concreto vaciado que se ubica en la cabeza, fuste y punta del elemento estructural, las curvas de los tiempos y de la energía se interceptan en los sitios donde esto ocurre.

© 2025 ALCONPAT Internacional

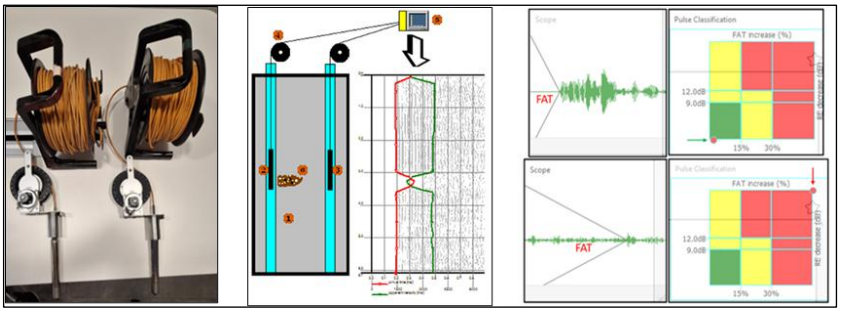


Figura 2. Geófonos emisor y receptor, curvas FAT y velocidad s/prof., señal FAT fuerte y débil indicando umbrales: verde (ok), amarillo (condicional) y rojo (anomalía con probable defecto). Fotos izquierda y derecha: creadas por autores artículo. Centro: Amir Joram y Amir Erez. Piletest.

CROSSHOLE ULTRASONIC MONITOR (CHUM)

Categoría	FAT incremento %	ER (dB)
A (Aceptable)	0 % - 15 %	0 dB a 9 dB
B (Condicional)	15 % a 30 %	9 dB a 12 dB
C (Altamente anormal)	➢ 30%	➢ 12 dB

Figura 3. Umbrales propuestos por el Deep Foundations Institute (DFI), Instituto de Fundaciones Profundas de USA. Octubre de 2019. verde (aceptable), amarillo (condicional) y rojo (altamente probable que tiene un defecto).

A continuación, presentamos algunas señales evaluadas con el ensayo CHUM-Piletest.

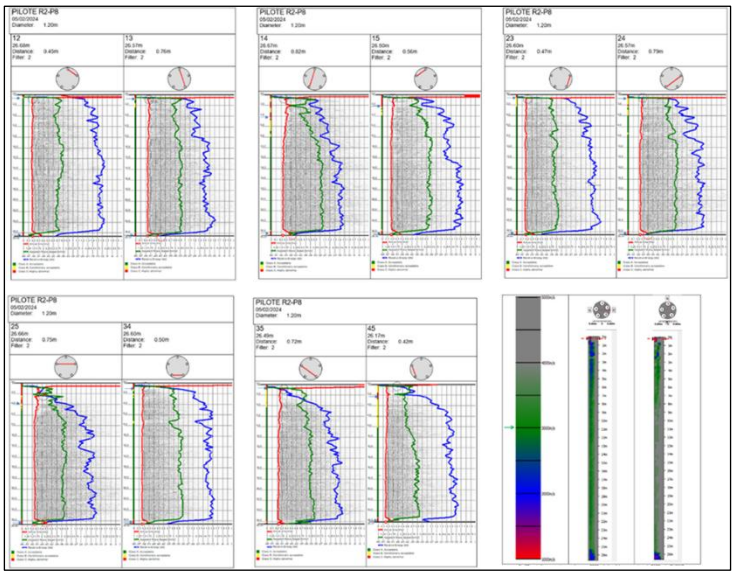


Figura 4. Ejemplo de señales en 10 perfiles para un pilote de diámetro 1,20 m con suciedad abajo en la punta (espesor promedio de 56 cm). En cabeza hay suciedad detectada en 2 perfiles de 10. 4 intersecciones (40%) en la punta entre las curvas azul (RE) y roja (FAT). Se observan caídas en la velocidad (verde) y energía (azul) cuando aumenta el FAT (rojo). Imágenes cedidas por los autores.

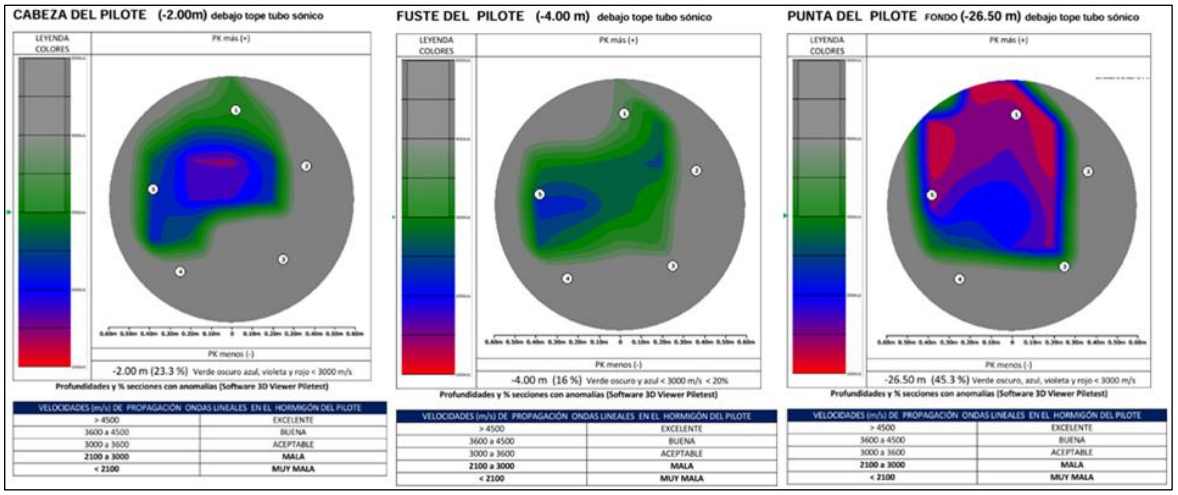


Figura 5. Ejemplo de 3 tajadas por tomografía 2D para un pilote de diámetro 1.20 m, con suciedad arriba en la cabeza, un pequeño sector con anomalía en el fuste y suciedad abajo en la punta. Se indican porcentajes de cada zona con diferentes velocidades (morada y roja son las peores). Imágenes cedidas por los autores.



Figura 6. Excavaciones realizadas en los primeros metros de la cabeza y fuste para reparar los defectos localizados con el ensayo CHUM (ultrasonido). En la zona del fuste profundo y la punta se hacen inyecciones a presión con lechada A/C con packer. Se orientan por medio de los resultados de las tajadas de tomografía analizadas. Imágenes cedidas por Ing. Francisco Centeno Pulido.

© 2025 ALCONPAT Internacional

El concreto vaciado en un pilote debe recubrir muy bien todas las barras de acero que conforman la jaula de refuerzo. Si el vaciado no es íntegro, podrían quedar algunas zonas débiles y sin recubrimiento del acero. Estos quedarían expuestos al contacto con el agua subterránea y el suelo circundante. El deterioro a largo plazo de las barras de acero por corrosión disminuiría la sección original de las mismas y comprometería la seguridad del pilote a largo plazo por la reducción de su capacidad; poniendo en riesgo a la obra. Se reitera que el ensayo CHUM no permite evaluar la capacidad de resistencia del pilote ensayado pues para eso existen las pruebas de carga normativas.

4 ENSAYO IMPACTO DE BAJA DEFORMACIÓN CON ECO (PET). Norma ASTM D 5882-16

El ensayo Pile Echo Tester (PET) o ensayo de integridad por eco también es conocido como "sónico", "low strain integrity test" o Pile Integrity Test (PIT). Es un ensayo "no destructivo" que consiste en aplicar una serie de impactos repetitivos en la cabeza del pilote por medio de un martillo liviano cuya punta es de plástico/nylon. Previamente a la realización del ensayo, el pilote debe estar descabezado y limpio a la cota de entrega, sin suelo, polvo, grasa o residuos que amortigüen el impacto generado por el martillo. Solo así puede desarrollarse una onda de compresión adecuada al momento de realizar el ensayo. Se registra la señal por medio de un acelerómetro que se activa con cada impacto del martillo en la cabeza y que puede recibir y registrar la señal de vuelta luego de recorrer todo el pilote desde la cabeza hacia la punta (ida y vuelta). El acelerómetro debe quedar muy bien adherido a la superficie del concreto de la cabeza y ello se logra con una masilla (putty) para acomodar bien el sensor.

Los sitios para ensayar dependen del diámetro del pilote. La norma recomienda aplicar el ensayo según se indica en la figura 7. No se recomienda por lo general este ensayo en pilotes mayores a 120 cm de diámetro.

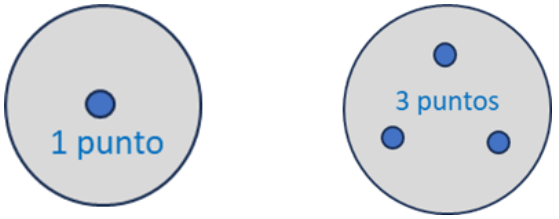


Figura 7. Punto donde se realiza el ensayo. Tomar 10 lecturas por cada punto para determinar el promedio y la tendencia de la señal al momento de interpretar los resultados. Separar los puntos a 6" del borde perimetral del pilote. No hacer sobre la armadura o jaula de acero. D = Diámetro. Imágenes suministradas por los autores.

Es un ENND rápido y económico. Es el que más se utiliza en las obras de pilotaje en el mundo. Por su bajo costo es un ensayo muy popular entre los constructores y los ingenieros inspectores. El resultado es un reflectograma de eco que presenta una señal de impedancia de la onda de compresión con respecto a la profundidad.

A partir del ensayo PIT se obtiene la velocidad de la onda por medio del cociente entre la longitud detectada y el tiempo total de viaje ida y vuelta, dividido entre 2. La velocidad puede ser correlacionada con la calidad del concreto vaciado.

El ensayo determina la ubicación de la punta del pilote en suelos blandos y en suelos duros con mejor precisión cuando existe una relación de esbeltez (largo/diámetro ≤ 30). Se presentan algunas limitaciones derivadas de esta relación de esbeltez:

1. Mientras más dura sea la zona de apoyo de la punta (p.e. roca) puede confundirse la señal del impacto e indicar una longitud que resultará más larga de lo que realmente tiene el pilote, porque interpreta a la roca presente en la punta como si fuese también concreto. Una reflexión clara en la punta requiere algo de elasticidad del suelo alrededor de la misma, lo que crea una reflexión de tensión ya que la rigidez del suelo subyacente es considerablemente más débil que la del concreto allí presente. Un suelo o una roca muy rígidos pueden provocar un reflejo por compresión o un reflejo impreciso en la punta.

2. La fricción que ejerce el suelo alrededor del fuste del pilote crea una resistencia muy alta del suelo y ello puede reducir la longitud máxima de este. Mientras exista una resistencia por fricción baja, a muy baja en la mayor parte del eje, se podrán ensayar pilotes más largos.

3. Pilotes muy largos y de gran diámetro generan atenuación de la onda debido a la resistencia del suelo que hace fricción alrededor del fuste y punta. El amortiguamiento interno puede plantear dificultades para detectar una reflexión clara de la punta del pilote si esta está ubicada a una profundidad mayor a 50 m.

4. Pilotes huecos con paredes relativamente delgadas; Estos pilotes son difíciles de ensayar incluso en las mejores condiciones porque nunca se alcanzará una onda plana debido a la presencia del vacío interno. La duración máxima de la onda será limitada.

5. Pilotes prefabricados con juntas pueden reflejar la onda en la zona de unión por lo que puede resultar imposible evaluar con precisión la integridad del pilote debajo de la primera junta.

Este ENND permite descartar en forma cualitativa si existe alguna interrupción significativa del concreto en el fuste de cada pilote vaciado. Cuando existe una anomalía por fallo o por defecto en el fuste del pilote, generada por alguna inclusión de tierra, aire o bentonita, el viaje de ida y vuelta de la onda es modificado en la respuesta del eco de la onda de compresión. Se puede determinar aproximadamente en el sitio donde ocurre la primera anomalía importante, pero el ensayo no es preciso con el tamaño de esta anomalía en el área de la sección, ni determina bien la forma del volumen donde esta ocurre. No puede representar la integridad del vaciado en varios sitios simultáneos con presencias de anomalías en caso de ocurrir.

El ensayo PIT no permite evaluar la capacidad de carga del pilote ensayado. Para eso existen las pruebas de carga normativas.

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 8: Ensayo PET o PIT. Imágenes cedidas por Ing. Francisco Centeno Pulido.

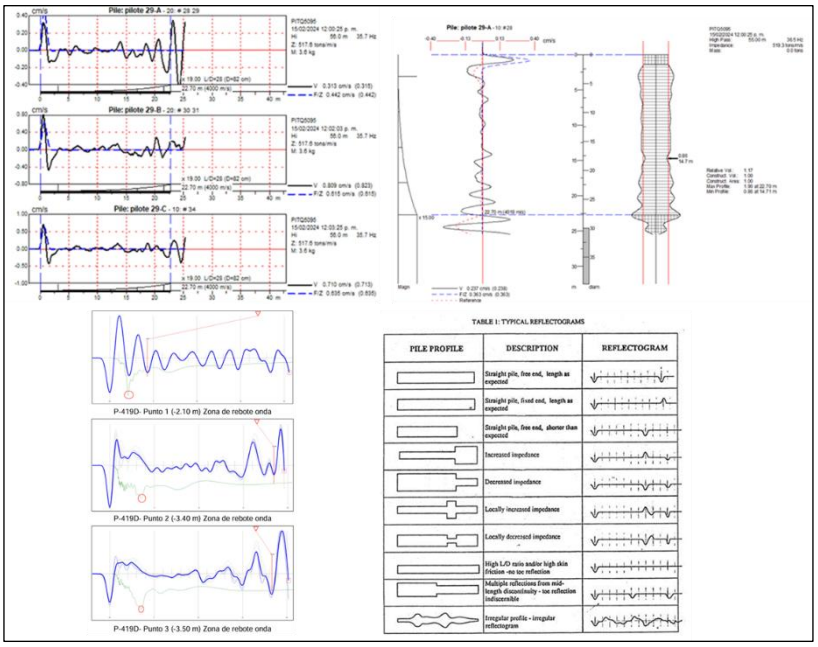


Figura 9: Gráficas típicas de impedancia según fabricante PDI (centro) y Piletest (abajo) Tabla e señales típicas de impedancia con descripción. Fuente Turner 1997 y autor.

5 ENSAYO DE INTEGRIDAD CON PERFIL TÉRMICO (TIP). Norma ASTM D 7949-14

Este ensayo es el más nuevo de los tres ensayos que se presentan en este artículo. Se conoce como Thermal Integrity Profiling (TIP), por sus siglas en inglés. Se rige por la norma ASTM D-7949-14. (2014). Fue desarrollado en la Universidad de South Florida por el Dr. Gray Mullins y otros, (Russell, 2016). Otras referencias de utilidad: Allin (2020), Beim y Robinson (2015), Piscsalko (2015). Durante 16 años se han realizado importantes avances con esta metodología y viene popularizándose su uso. Se utiliza para controlar pilotes en puentes y en vías de transporte público de varios estados de USA y en otros países.

El ensayo TIP es otra alternativa confiable para el control de integridad del concreto en pilotes y en pilas excavadas y vaciadas en sitio (drilled shaft - cast in place).

El ensayo consiste en realizar un registro continuo de temperaturas de fraguado del cemento en la mezcla a lo largo del pilote mientras va ocurriendo el endurecimiento del concreto durante las primeras 48 horas. Se registran los valores de todas las temperaturas que se van desarrollando en la masa del concreto durante el curado. El registro de las temperaturas se hace mediante sensores térmicos ubicados convenientemente y repartidos proporcionalmente a lo largo de la armadura. Los tubos y sensores son fungibles y se distribuyen de la misma manera en la sección que en el ensayo CHUM o CSL, es decir, el número de líneas verticales de sensores fungibles se obtiene al dividir el diámetro de la armadura (cm) entre 30 cm. Se usa siempre un número entero aproximado del cociente resultante para determinar las líneas de sensores requeridas. Los equipos PDI para recolección de datos por línea (TAP) y data-logger central (TAG) que va conectado a la nube son recuperables para realizar otros ensayos.

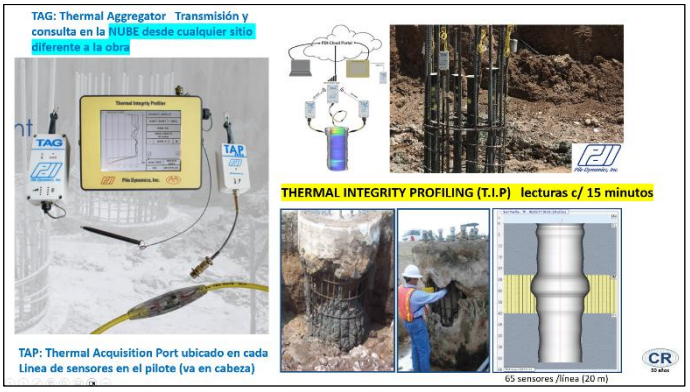


Figura 10: Equipos y sensores de adquisición de datos térmicos. Fuente: PDI, USA

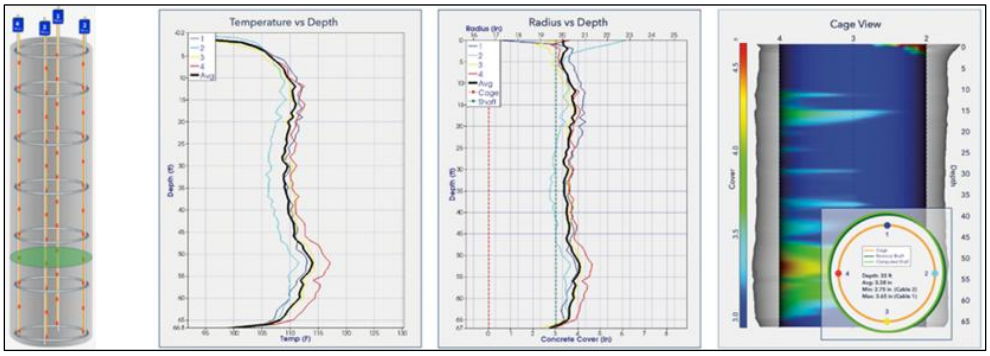


Figura 11: Distribución de 4 líneas de sensores de registro de temperatura de fraguado (°F) Pilote 1.20m (izq.) Gráfica de registro del perfil térmico y estimación de los recubrimientos con la variación de radios vs la profundidad (centro). Las curvas negras son los promedios de las 4 líneas. Imagen obtenida con software desarrollado por el fabricante para determinar la tomografía de recubrimientos (rojo mayor radio y azul menor radio). Fuente: https://www.geo-instruments.com/wp-content/uploads/Thermal-Integrity-Profiling.pdf.

© 2025 ALCONPAT Internacional

El ensayo TIP puede identificar reducciones de la sección transversal del pilote, abultamientos, excentricidades de la jaula, generar mediante software la forma aproximada del pilote construido y mostrar las variaciones en el recubrimiento de concreto de la jaula de refuerzo principal. El recubrimiento de 3” equivale a 7.6 cm > 7 cm para proteger a las barras de acero.

Temperaturas más frías que el promedio indican la presencia de posibles inclusiones y acuellamientos (defectos) con pérdida del recubrimiento normativo ACI 318-19(22) o interrupciones en el cuerpo. Temperaturas más calientes que el promedio indican un sobre volumen o un mayor recubrimiento en la zona. Temperaturas medidas con cables opuestos a la misma profundidad y con diferente valor, entre ambas curvas indican una posible excentricidad de la jaula instalada (ver ejemplo de gráficas en los cables #2 y #4).

6 CONCLUSIONES

Este articulo tiene como finalidad presentar las normas disponibles para los ENND con el fin de indicar los procedimientos aceptados mundialmente para ser aplicados por los ingenieros involucrados en las obras al supervisar la calidad de los materiales y la seguridad de los elementos de infraestructura vaciados con concreto. Con las normativas existentes se pueden identificar lesiones que afectan la calidad de los materiales, la continuidad del vaciado y la durabilidad de estos para evitar la aparición de patologías tempranas en las obras. Es un tema muy importante que debe ser difundido para mitigar los riesgos y los daños que puedan aparecer en estructuras por el desconocimiento y su falta de aplicación.

Los ENND para evaluar de integridad de los vaciados de concreto en pilotes ayudan al Gerente de Calidad de un proyecto a tomar decisiones confiables y oportunas, de manera que su labor permita poder liderizar y disponer de los argumentos técnicos necesarios para informar a los profesionales involucrados en el diseño e inspección de la obra de posibles riesgos. Permiten comprobar si ha ocurrido un resultado constructivo adecuado o defectuoso, evitando consecuencias negativas que acarreen problemas de desempeño futuro para la obra y demandas de tipo legal. La integridad de los pilotes condiciona el pago de los elementos que se aceptan o se rechazan en una obra.

Los ensayos CHUM/CSL, PET/PIT y TIP deben ser siempre comparados con la bitácora de construcción antes de rechazar o de aprobar un pilote o pila. El ensayo PET/PIT es el más limitado de los 3 ensayos. Certificar un pilote con PET/PIT no es aconsejable para puentes y edificaciones con pilas de gran capacidad (Ø >1.20 m). Siempre se puede recurrir a pruebas de carga como un método complementario cuando se observe alguna anomalía por defecto importante en alguna posición inaccesible del fuste, cabeza y/o la punta del pilote o pila ensayada.

De acuerdo con la estadística mundial de ensayos de integridad CHUM/CSL, la mayoría de los defectos y fallos ocurren en la cabeza y en la punta de apoyo de los pilotes o pilas. Un porcentaje más bajo ocurre en el fuste de los pilotes. Cada proyecto tiene sus dificultades y es al final de la obra de construcción que se puede conocer con más detalle cómo han variado estos porcentajes en los pilotes ensayados.

La recomendación es trabajar siempre con el ensayo CHUM/CSL y determinar los valores de cambios del %FAT (tiempo) y la reducción de la energía (RE) en cada elemento por cada perfil analizado.

La curva de velocidad (V) de las ondas de ultrasonido en cada perfil es “aparente” debido a que los tubos sónicos nunca quedan perfectamente alineados entre sí y van cambiando sus distancias con respecto a la profundidad (depende de la instalación que se realice). CHUM/CSL tiene la limitación de no poder medir la zona de recubrimientos en la periferia de las barras porque los tubos sónicos están tangencialmente adentro de la jaula. PET/PIT tampoco pueden medir con precisión los recubrimientos. TIP es el único de los 3 ensayos de integridad que sí podría estimar como quedó el recubrimiento de la jaula. TIP es un ensayo que solamente se puede hacer entre 48 a 72 horas, si el diámetro de la pila está entre 1.20 m a 3,00 metros, respectivamente. TIP no permite comprobaciones o relecturas en los sensores porque el calor de fraguado desaparece después de ocurrido ese tiempo con los sensores fungibles ocultos en el concreto vaciado.

Un fallo representa una variación no esperada en las propiedades de los materiales del concreto vaciado en el cuerpo del pilote, y por lo general hasta ciertos límites, no incide significativamente en su capacidad estructural. Un defecto si reduce las propiedades resistentes y estructurales del pilote o pila, y lo afecta para su futura operación y desempeño. De allí, la importancia de proceder a repararlo una vez detectados e interpretados los resultados obtenidos mediante los ENND disponibles junto con toda la información de la bitácora de construcción elaborada por los constructores e inspectores durante su construcción.

Las normas disponibles para los ENND son procedimientos aceptados mundialmente por todos los expertos en el tema de integridad de pilotes. Proporcionan data confiable que indican si los elementos ensayados son fiables y cumplirán con un desempeño óptimo que permitan soportar las cargas de diseño, la durabilidad y calidad de la obra construida.

7 REFERENCIAS

- AFNOR Norme Francaise: NF P94-160-1 octobre 2000. Auscultation d´un element de fondation. Methode par transparence. pp. 1-16. Francia.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI). webpage: https://www.ansi.org/
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing. ASTM D 6760-16. pp.1-6. USA.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations, ASTM D 5882-16. pp.1-6. USA.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Thermal Integrity Profiling of concrete Deep Foundations, ASTM D 7949-14. pp.1-6. USA.
- Amir Joram M., Amir Erez I., Piletest.com Ltd. Herzlia, Israel, (2019) *“Critical Comparison of Ultrasonic Pile Testing Standards”* PileTest Technical Notes. pp.1-5

© 2025 ALCONPAT Internacional

- Amir Joram M., Amir Erez I., Piletest.com Ltd. Herzlia, Israel, (2016) “Relative Energy in Cross Hole Ultrasonic” PileTest Technical Notes. pp.1-5.
- Centeno Pulido, Francisco. Chapter: Integrity Assessment for Drill Shafts Foundation in Public and Private Works with Available Technologies in the Twenty-First Century. IntechOpen Book: Challenges in Foundation Engineering - Case Studies and Best Practices. London. England. 2024
- Centeno Pulido, Francisco. Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat - SVDG, Caracas, Venezuela. Evaluación de la integridad en pilotes y pilas para obras públicas y privadas con tecnologías disponibles a comienzos del siglo XXI. ene.-mar. 2022: pp. 42 – 56. Recibido: enero 2022 Aprobado: marzo 2022. Centeno-Rodríguez y Asociados s.c. 50 años.
- Deep Foundations Institute (DFI). Terminology and Evaluation Criteria of Crosshole Sonic Logging (CSL) as applied to Deep Foundations. pp.1-17, october - 2019. www.dfi.org. NJ-USA.
- Fernández Tadeo, Carlos; “Nuevas recomendaciones Deep Foundations Institute (DFI) en evaluación de resultados de ensayos ultrasónicos «cross-hole» en pilotes” Barcelona, España. diciembre 2019. https://fernandeztadeo.com/nuevas-recomendaciones-dfi-para-evaluacion-de-resultados-de-ensayos-ultrasonicos-cross-hole-en-pilotes/
- Fernández Tadeo, Carlos. Los ensayos de integridad estructural de pilotes. 20 años de experiencia en España. C-14-18. Pp. 1-10. 2013. XII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y IV Congreso de Control de Calidad AlconPat, Colombia.
- FHWA-HRT-04-043-Chapter 9. LONG-TERM MONITORING AT THE ROUTE 351 BRIDGE-A Laboratory and Field Study of Composite Piles for Bridge Substructures-March 2006 (dot.gov).
- 7th International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2018) Discussion on Misclassification of Ultrasonic Cross-hole Detection Method in Bored Piles. Likui Huang, Enkuan Tang, Ganming Yi, Wenbin Wu, Qing Shen. Advances in Engineering Research, volume 170 - pp. 1604-1607. China.
- 16th Proceedings Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Askar Zhussupbekov, A. Omarov, N. Shakirova, B. Abdrakhmanova, and D. Razueva - Department of Civil Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev Street, Astana, 010008, Kazakhstan. The experience of piling tests on Astana LRT construction site. pp.1-4, octubre 2019. Taipei – Taiwan.
- Qianchen Sun, Mohammed Elshafie, Chris Barker, Anthony Fisher, Jennifer Schooling and Yi Rui. Thermal integrity testing of cast in situ piles: An alternative interpretation approach. Structural Health Monitoring (SHM), 2021, Vol. 20(5) pp. 2493–2512. DOI: 10.1177/1475921720960042 journals.sagepub.com/home/shm, United Kingdom.
- Turner M.J., Integrity Testing in piling practice, London, Construction Industry Research, and Information Association. 1979.
- Zezhong Wang 1, Eric Tak Cho Ho and Inez Maria Zwetsloot. Honk Kong Institution of Engineering - China. Accuracy and precision of the CSLT measurement system: An experiment to defect diagnoses in bored piles. pp.1-10, marzo 2021. HK-China.
- US Department of Transportation - Federal Highway Administration. Publication No. FHWA-NHI-10-016 FHWA GEC 010 May 2010. NHI Course No. 132014. Drilled Shafts: Construction Procedures and LRFD Design Methods

© 2025 ALCONPAT Internacional

•

4) Corrosión y durabilidad de las construcciones

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Evaluación de la corrosión en concreto armado expuestos a medios agresivos a largo plazo

L, Navarro*, J. Chirinos, V. Millano, O. Troconis de Rincón, y M. Sánchez.

*Autor de contacto: luisnavarro23736@gmail.com

RESUMEN

En esta investigación se evaluó el desempeño del concreto armado expuesto a ambientes urbanos, en la ciudad de Maracaibo, en probetas prismáticas elaboradas de concreto armado pertenecientes al proyecto DURACON, con distintas relaciones agua/cemento (a/c) 0,45 y 0,65. Para ello, se realizaron mediciones periódicas utilizando técnicas electroquímicas para la velocidad de corrosión, potencial de corrosión y resistividad; para evaluar el estado de las armaduras en el tiempo a través de la estimación de la velocidad de corrosión acumulada, avance de grietas y perdida de radio promedio del acero. Los resultados demuestran actividad electroquímica por corrosión de las probetas expuestas a medio urbano con relación a/c de 0,65 durante el último periodo de evaluación, alcanzando potenciales de corrosión promedios de hasta -410 mV vs $Cu/CuSO_4$ y velocidades de corrosión cercanas y superiores a 0,1 $\mu A/cm^2$. A su vez las probetas urbanas con relacion a/c 0,45 tambien presentan actividad electroquimica por corrosion pero en menor grado.

Palabras clave: corrosión, concreto, durabilidad, ambiente agresivo.

Centro de Estudios de Corrosión, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

El deterioro prematuro de las estructuras de concreto armado es causado por la corrosión del acero de refuerzo. Este provoca daños considerables y perjudiciales a las estructuras que se encuentran en las zonas costeras, urbanas e industriales. Este proceso se ha incrementado a lo largo de los años debido a las virtudes excepcionales del concreto armado se convirtió en el material habitual para la construcción cuya propiedad principal es la resistencia a los esfuerzo de compresión lo cual lo hace muy útiles para las edificaciones como puentes, muelles y distintas obras industriales.

Una reserva alcalina de hormigón que ayuda a mantener la capa pasiva del acero de refuerzo protegiéndola inicialmente. Sin embargo, este tipo de corrosión en general se debe al ataque destructivo de iones cloruro, sulfatos y dióxido de carbono que están presentes en entornos urbanos y/o industriales, estos penetran desde el exterior por mecanismo de transporte conocidos como la difusión. Una vez estos agentes superan la barrera física del hormigón, se produce la despasivacion y se forman productos de corrosión en el perímetro de la barra de refuerzo.

Se puede señalar que, cuando este fenómeno de corrosión ocurre, el volumen de la capa seria mayor que la del acero original consumido; esto provocaría tensiones por tracción que producen agrietamiento y desconchado de la cubierta de hormigón, produciendo fisuras que acortan la vida útil del concreto armado, es necesario considerar que a medida que estas grietas se incrementan permiten una penetración más rápida de los iones cloruro, el dióxido de carbono, el agua y el oxígeno, como también disminuyen la adherencia acero/hormigón como su capacidad estructural del elemento afectado entonces, la corrosión del acero de refuerzo produce un daño significativo que afecte a todo el comportamiento estructural.

Un factor por considerar que además de la presencia de las sustancias agresivas ya mencionadas, es el pH del medio que se encuentra ya que desempeña un papel muy importante en el fenómeno de la corrosión. Ya que el pH que existe en los poros del hormigón es aproximadamente 13, y al existir medios de exposición donde predominen estas sustancias agresivas por la acción electroquímica reduce la alcalinidad del concreto provocando que se incremente exponencialmente la velocidad de corrosión del refuerzo de hormigón.

Estos procesos de corrosión, tiene como consecuencia un alto impacto económico. Las mayores pérdidas por corrosión se deben fundamentalmente a los gastos generados en los costos de trabajos y reparación. Las pérdidas en la ejecución de estudios de diagnósticos se basan en el costo de la mano de obra, la tecnología utilizada, la inversión de los materiales e insumos de protección, así como la sustitución de elementos o partes de la estructura afectadas por el fenómeno de la corrosión con la finalidad de regresarle su vida útil, esto representa una pérdida considerable de dinero convirtiéndose en una problemática en general para el uso del concreto armado en construcciones.

El clima a nivel mundial unos pueden ser más agresivos que otros en términos de la corrosión. En Venezuela existen unos de los bioclimas más agresivos del mundo por estar ubicados en zonas costeras del caribe, y además de poseer un clima tropical con una humedad relativa elevada. De acuerdo con las condiciones atmosféricas de Maracaibo podemos decir que tienen elevadas cantidades de iones cloruros tomando en consideración el lago de Maracaibo que se ha convertido en un lago con agua salobre a diferencia de otras zonas rurales del país.

En la actualidad, se toma la decisión de realizar estudios del desempeño del concreto armados expuestos a medios urbanos y marinos, debido a un número creciente de reportes de estructuras de acero reforzado deterioradas prematuramente, así se evalúa el método más adecuado que permita una mejor conservación de la pieza, además de inspeccionar el comportamiento general de las

probetas a lo largo del estudio, con la finalidad de dar propuesta para aumentar el tiempo de la vida de la barra reforzada del hormigón, ya que la corrosión es un proceso que es irreversible y espontaneo en estas condiciones ambientales

Este trabajo de investigación es parte de un proyecto iberoamericano que proporciona resultados experimentales de diversidad de microclimas y servirán de referencia para estudios posteriores para el control de corrosión en concreto armado a medios urbanos, ya que permite evaluar los principales medios de exposición a las cuales enfrentan cualquier estructura de concreto armado a nivel mundial y tomar en cuenta los criterios tales como factores de construcción y variables fisicoquímicas del concreto para proveer un método de protección y un aporte científico al estudio de la corrosión y los ataques electroquímicos a cualquier estructura o edificación que requiera una evaluación de la misma.

2 PROCEDIMIENTO

Se realizo una evaluación a 6 de las probetas elaboradas en el proyecto Iberoamericano en mayo 2002: “Efecto del Ambiente sobre la Durabilidad de la Armadura” (DURACON), estas fueron construidas con seis (06) barras de acero, tres en la cara expuesta y tres en la cara resguardada, utilizando cemento Portland I y una relación a/c de 0,65 (P2, P3, P4) y 0,45 (P1, P5, P6). Durante la construcción de las probetas, la cara inferior resultó ser la cara de vaciado, condición que le provee de mayor porosidad, cara que a los dos años de exposición fue cubierta con un recubrimiento de base poliuretano. Cada barra tiene 9,5 mm de diámetro, una longitud de 45 cm, y un cable automotriz 14 AWG a 1 cm de profundidad. Los extremos de cada barra están recubiertos con una pintura epóxica. Estas barras se encuentran a diferentes profundidades del recubrimiento de concreto, 15mm, 20mm y 30mm. Las probetas fueron expuestas a un medio urbano agresivo donde fueron afectadas por una alta cantidad de contaminantes, altas temperaturas, humedad relativa y vientos fuertes. En las figuras 1 y 2 pueden se puede observar la forma de 2 de las 6 probetas evaluadas en la investigación.



Figura 1. Probeta Urbana N3 de relación a/c 0,65 evaluada en la investigación.

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 2. Probeta Urbana N1 de relación a/c 0,45 evaluada en la investigación.

2.1 Evaluación de las probetas de concreto armado

Las vigas se evaluaron electroquímicamente por medio del potencial de corrosión de la armadura utilizando un electrodo de $Cu/CuSO_4$ saturado según la (ASTM C876, 2009), en zona central y extremas de las barras, una vez por mes, en 2 puntos diferentes a lo largo de cada barra de acero. También se determinó la velocidad de corrosión utilizando el método de polarización lineal, a través del equipo GECORR 10, en 2 puntos sobre las barras de acero. Así mismo se realizó el levantamiento de grietas 1 vez al mes durante el periodo de evaluación dividiendo las probetas en cuadrillas de 3x3 y sacando un promedio de las medidas de grietas registradas, en este procedimiento se utilizó un medidor de grietas FLEXA.

2.2 Análisis para la determinación de correlaciones

Utilizando los resultados de velocidad de corrosión medidos se calculó la pérdida de sección de la barra de refuerzo, utilizando la Ley de Faraday:

$$\Delta W_f = \frac{55.85 * \int Icorr.dt}{n * F} \quad (1)$$

Donde:
ΔW_f = pérdida de masa Faradaica (g).
PA_{Fe} =55,85 g/mol es el peso atómico Fe.
$\int Idt = \int icorr\,(A)\,dt =$ área bajo la curva icorr vs tiempo.
n = valencia del hierro (+2)
F=Constante de Faraday = 96 500 C/mol.

Para el cálculo de la velocidad de corrosión acumulada utilizamos:

$$A_1 = \frac{(Icorr_1 + Icorr_2) * (tiempo_1 - tiempo_2)}{2} \quad (2)$$

Donde:
A: área bajo la curva de la velocidad de corrosión natural.
$Icorr_1$: es la densidad de corrosión del mes superior.
$Icorr_2$: es la densidad de corriente del mes inferior.
$tiempo_1$: es el número de mes correspondiente a $Icorr_1$
$tiempo_2$: es el número de mes correspondiente a $Icorr_2$

Una vez calculadas todas las áreas, se procede a la suma consecutiva de las mismas para obtener la velocidad de corrosión acumulada de cada mes, de la siguiente manera:

$$Icorr_{acum_1} = A_1 \quad (3)$$

$$Icorr_{acum_1} = A_1 + A_2 \quad (4)$$

$$Icorr_{acum_1} = A_1 + A_2 + \cdots + A_n \quad (5)$$

3 RESULTADOS

3.1 Evaluación electroquímica

En la figura 3 se observa la evaluación electroquímica de las barras de acero por medio de potenciales de corrosión durante 6 meses donde las probetas pertenecientes a la relación a/c 0,45 presenta potenciales más positivos de -150mV vs $Cu/CuSO_4$, lo cual indica que las barras están pasivadas. Las probetas de relación a/c 0,65 presentan potenciales de barra activa, más negativos que -150mV vs $Cu/CuSO_4$. Esto indica que debido a sus potenciales tiene un elevado riesgo de corrosión por el avance hasta la armadura del frente carbonatado, sin embargo, los potenciales de corrosión no aportan información sobre la velocidad de corrosión para determinar hasta qué punto está amenazado su pasividad.

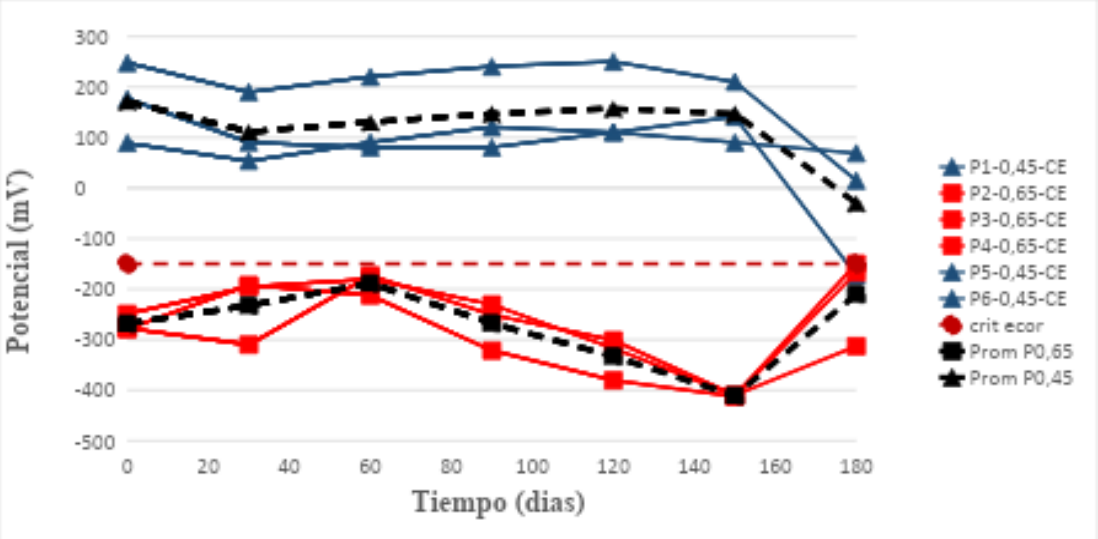


Figura 3. Potenciales de corrosión de todas las probetas en las barras de 15mm de la cara expuesta.

© 2025 ALCONPAT Internacional

En la figura 4 se observa la velocidad de corrosión de las mismas barras mostradas para las medidas de potencial en la figura 3. Durante el inicio del periodo de evaluación las probetas no presentaban riesgo por corrosión según el criterio, con la única excepción de la probeta 4 que presenta para esta fecha un riesgo moderado según la clasificación de valores indicados en la literatura, DURAR, con valor mayor a 0,1µA/cm^2. La Icorr es una variante debido a los cambios ambientales durante el año esto afecta a la humedad interna del concreto y temperatura, debido a que los valores obtenidos en cada punto de medición de las probetas fue realizada de forma mensual se observan los cambios de la Icorr, cuyos resultados obtenidos es que el acero embebido en las probetas de relación de a/c 0,65 muestran mayor susceptibilidad a la corrosión, velocidad es mayor 0,1 µA/cm^2 , respecto al acero embebido en las probetas de relación a/c 0,45. En los intervalos de 80-150 días el incremento en las velocidades es notorio sobre todo en la P4 cuyo valor supera a los 1 µA/cm^2

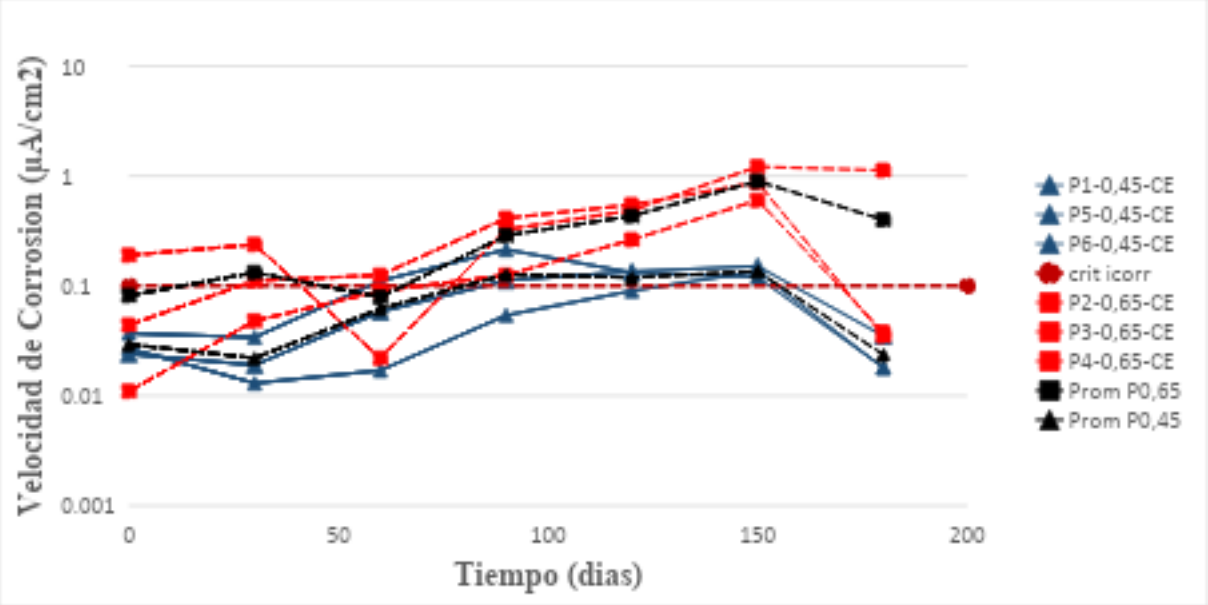


Figura 4. Velocidad de corrosión de todas las probetas en las barras de 15mm de la cara expuesta.

En la figura 5 y 6 se observa la evaluación electroquímica de velocidad de corrosión acumulada, representados al integrar el area bajo la curva del Icorr vs tiempo, de las probetas prismáticas elaboradas de concreto armado pertenecientes al proyecto DURACON, con más de 20 años de expòsición, durante el periodo de evalucion que de Julio 2002 a marzo 2014, continuando a partir de septiembre de 2021. Cabe resaltar que los valores calculados fueron mucho mayores en las probetas con relacion a/c 0,65 que los obtenidos en las probetas con relacion a/c 0,45, ya que el proceso de carbonatacion para concretos de baja durabilidad (alta relación a/c) es mas acelerada. Valores que muestran la diferencia entre las probetas a/c 0,65 con respecto a las 0,45 la velocidad con la que el contaminante llega a la barra.

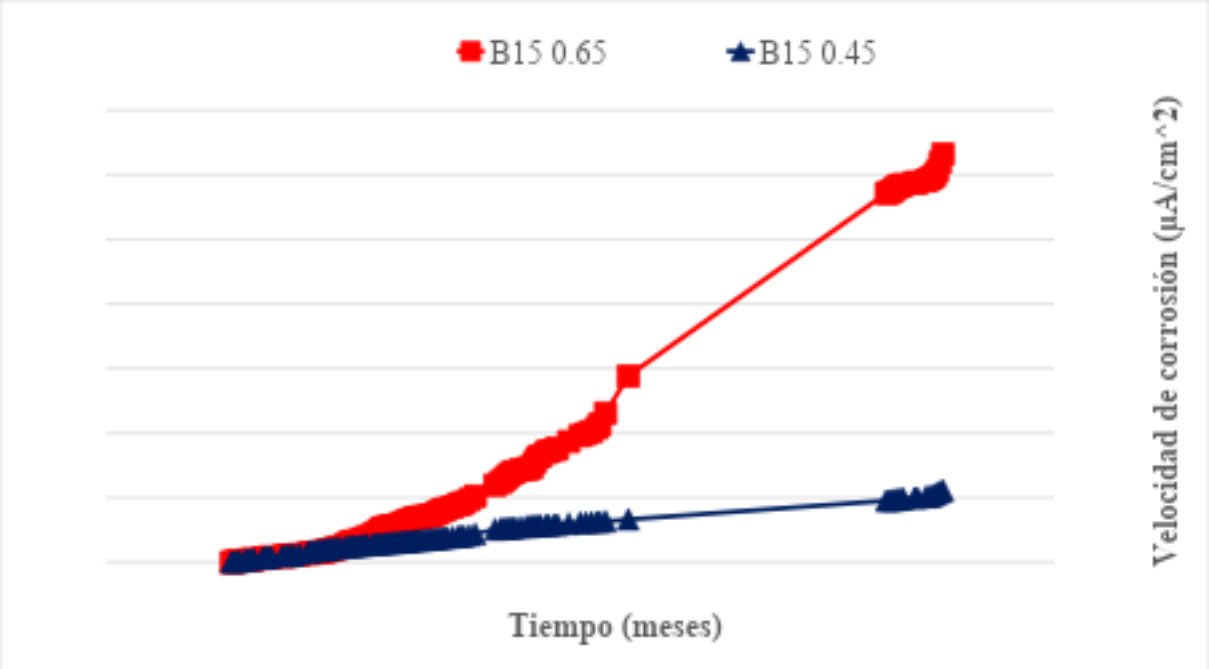


Figura 5. Velocidad de corrosión histórica acumulada de la cara expuesta pertenecientes a las barras de 15mm.

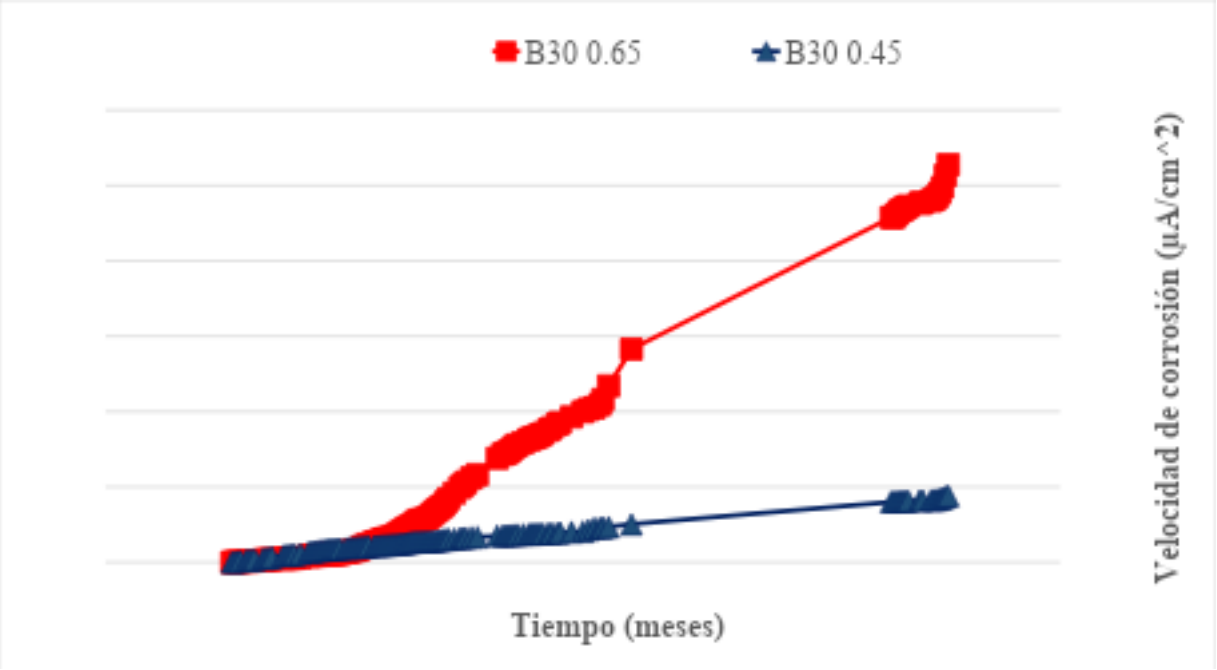


Figura 6. Velocidad de corrosión histórica acumulada de la cara expuesta pertenecientes a las barras de 30mm.

© 2025 ALCONPAT Internacional

3.2 Avance de grietas

Utilizando los valores obtenidos de velocidad de corrosión y velocidad de corrosión acumulada en conjunto con la ley de Faraday obtuvimos la perdida de radio promedio hasta la fecha de evaluación. En la figura 7 primeramente se observa la diferencia de grietas entre la cara expuesta y cara resguardada de una de la probetas evaluadas siendo el caso de la P2 con una relación a/c 0,65, también se observa que el aumento de grietas en la cara resguardada de esta probeta es mucho más acelerado lo que sugiere entre otras cosas que durante los tiempos de fuertes precipitaciones la cara expuesta tardaba mucho menos en secarse que la resguardada por lo que los agentes corrosivos que estaban en el agua de lluvia permanecían por más tiempo en la cara resguardada acelerando el proceso de corrosión. Para las probetas de relación a/c 0,45 no se evidenciaron grietas.



Imagen 7. Apreciación de grieta en la cara expuesta de la probeta N2, relación de a/c 0,65 durante el periodo de evaluación.

4 CONCLUSIONES

1. La velocidad de corrosión acumulada, obtenida en los últimos 7 meses de evaluación, muestran un cambio significativo en la pendiente de la curva histórica entre la velocidad de corrosión acumulada y tiempo, lo que demuestra para el acero embebido en concreto de relaciones de agua /cemento altas (0,65) y expuesto al ambiente y tiempo de exposición evaluado, alcanzó el final de su vida útil con el inicio de las grietas en la superficie de estas.
2. El acero embebido en concreto de relación agua/cemento baja (0,45) muestra puntualmente actividad según velocidad de corrosión en algunos meses de evaluación, pero sin cambio de pendientes correspondientes a corrosión de la armadura.
3. Luego de 24 años de exposición en medio urbano las probetas de a/c 0,45 aún se encuentran en el periodo de iniciación y/o de ingreso del agresivo al concreto.

5 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro de estudio de corrosión de la Universidad del Zulia por el apoyo logístico y académico prestado a lo largo del proyecto.

6 REFERENCIAS

Águila Higuera, V. (2010). *Características físicas y mecánicas de hormigones reforzados con fibras de vidrio, carbono y aramida*. Trabajo fin de Máster. pp. 5. Disponible en línea en: https://oa.upm.es/3763/1/TESIS_MASTER_VICTORIA_AGUILA_HIGUERO.pdf

Casanova, M. (2001). *Complejos industriales*. 1era Edición. Capítulo 1. Introducción a complejos industriales y definición de la problemática general de su diseño. ISBN 84-8301-541-2. pp. 11-13.

Grupo Argos (2021). *Concreto de relación agua y material cementante*. Ficha técnica versión 11, 3 (3).

Guzmán C. y col. (2019). *Estructuras de concreto reforzado afectadas por mecanismos de corrosión: casos de estudio*. Revista de ingeniería y tecnología UAS. Número 2, pp. 17-32.
Koch, G. y col. (2016). NACE INTERNATIONAL IMPACT. *Economic Impact*. 13/07/2024 en línea de: http://impact.nace.org/economic-impact.aspx

Moreno, A y col. (2001). *El fenómeno de la corrosión en estructuras de concreto reforzado. Instituto Mexicano del Transporte*. Publicación técnica no. 182. pp. 1. Disponible en línea en: https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt182.pdf

Nilson, A. y col (2001). *Diseño de estructuras de concreto.* Editorial: Mac Graw Hill. Duodécima edición.

Shafqat Ali, M y col (2015). *Durable design of reinforced concrete elements against corrosion. Construction and building materials*. Vol. 93. pp. 317–325.

Troconis de Rincón, O. y col (2013). *Reinforced Concrete Durability in Iberoamerican Environments DURACON Project: Ten-year Evaluation*. NACE international. Orlando, Estados Unidos

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Valoración de estructuras de concreto armado con edad cercana o superior a su vida de diseño a partir de datos de durabilidad.

J. Barraza*, N. Timaure

*Autor de contacto: barraza.jesus@gmail.com.
Especialización en Tasación de Bienes Inmuebles Urbanos, UCLA, Barquisimeto, Venezuela

RESUMEN

En el presente estudio exploratorio se busca valorar estructuras de concreto armado con edad cercana o superior a su vida de diseño a partir de datos de durabilidad(carbonatación) procedentes de Trabajos de Investigación del Decanato de Ingeniería Civil de la UCLA. A partir los trabajos de investigación llevados a cabo desde el 2009 donde estimaron el valor de K_{CO2}, en Zonas Industriales I, II y II, para evaluar mediante regresión lineal múltiple las variables "Edad" y "Calidad" del concreto con la variable "profundidad de carbonatación", generando tablas que resumen la estimación de la vida útil de seis tipologías constructivas de uso común vs. los recubrimientos normativos aplicados durante su construcción y su aplicación a un caso práctico.

Palabras clave: Carbonatación; avalúo; método del costo; vida útil; depreciación.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

La literatura especializada indica que al observarse que algunos materiales y diseños duran más que otros, se empezó a utilizar el término ‘durabilidad', hasta hace poco, cuando surgió el concepto de vida útil de servicio como la versión cuantitativa de la durabilidad. Por lo tanto, la predicción de la vida útil de estructuras, equipos y otros componentes ha sido mayoritariamente cualitativa y empírica, es decir, que predecir cuánto durarán las estructuras, equipos y otros componentes ha sido más un arte que una ciencia precisa.

En la presente investigación, definida como exploratoria se evaluó el uso de un modelo de degradación del concreto, específicamente la carbonatación, en combinación con datos obtenidos en trabajos de investigación del Decanato de Ingeniería Civil de la UCLA, para aplicarlo en la determinación de la vida útil de la estructura de concreto y aplicarlo en la determinación del valor de la construcción, metodología que será útil para aplicarla en inmuebles con edades cercanas o superiores a las originalmente prevista en el diseño y las normas.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el campo de la tasación inmobiliaria, la vida útil de la construcción es una variable básica en la estimación de valores actuales por el método del costo, sin embargo, la determinación de la vida útil de forma práctica ha sido difícil o muy subjetiva, hecho que (Chandias, 1985) atribuía a dos razones principales, primero a la naturaleza especial de los bienes inmuebles que dependen de una necesidad elemental del hombre y, en segundo lugar, a la falta de una información eficaz sobre la vida probable de las construcciones, debido a que “las vidas probables anotadas en las tablas conocidas son estimaciones de buena voluntad, apoyadas presumiblemente en razones de orden físico, en razones, no en datos de retiro efectivo”.

En el ámbito de la metodología de valoración, uno de los supuestos aplicados implica la desagregación de las edades de una construcción mediante el uso de tablas genéricas y notas de campo. Estas herramientas tratan la edad como un número general, derivado de un comportamiento promedio aplicado de manera global.

Por lo tanto, si se toma en consideración que dentro de las incidencias de costo del proyecto, la infraestructura y la superestructura de concreto armado en edificaciones puede representar entre un 28,72 a un 45,03 % (PROMERCA, octubre 2023) del costo de construcción, y la degradación de los materiales en un elemento estructural critico de concreto armado o acero estructural como, una columna o viga de carga, la vida útil de la edificación se reducirá de manera drástica desde el punto de vista de seguridad y funcionalidad, por lo tanto es fácil comprobar que el sistema estructural tiene una alta ponderación dentro la estimación de la vida útil de la edificación.

En el caso de Venezuela, la norma COVENIN 1756 Edificaciones Sismorresistentes, se define la vida útil como el tiempo o la duración durante el cual se supone que una edificación se va a utilizar para el propósito para el cual fue diseñada, y establece este período en 50 años para la mayoría de las estructuras de concreto armado.

En otro orden de ideas, (Aris, 2022) presenta hitos de referencia al desarrollo de la construcción en Barquisimeto a partir de 1943 cuando comienza la explotación y producción de cemento (Vencemos Lara), y la década de 1950 cuando comienzan a construirse edificaciones y urbanismo emblemáticos de la ciudad tales como: el Edificio Nacional, el Obelisco, el Hospital Central; modernas urbanizaciones como La Concordia (1950), Bararida (1950), José Gil Fortoul, entre

otras. Posteriormente después de 1958, siguió la construcción de urbanismos, financiados por el Estado como la Urbanización el Obelisco, Rafael Caldera, Patarata, Terepaima (1964), La Ruezga Norte y Sur.

En consecuencia, se puede apreciar que gran parte de las estructuras de concreto de la ciudad de Barquisimeto presenta una edad próxima o superior a la vida de diseño por norma, lo que, al momento de valorar el inmueble por método de costo, limita la utilización de la edad cronológica (cuantificable) y obliga a establecer o asumir una edad aparente.

Uno de los proyectos más ambiciosos y a la vez destacado dentro de este ámbito de la durabilidad, es el Proyecto DURACON, cuyo objetivo es determinar el efecto del entorno en la durabilidad del concreto armado (concreto y acero de refuerzo). Este proyecto es un esfuerzo de investigación colaborativo a largo plazo en 10 países iberoamericanos. Su objetivo es caracterizar los parámetros ambientales y materiales, y comprender su correlación con las estructuras de concreto armado. Se analiza la influencia de los parámetros meteoquímicos urbanos y marinos en el rendimiento de las estructuras de concreto armado en nueve países: Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, México, España, Uruguay, Portugal y Venezuela.

Desde la década de 1970, unos de los puntos que ha sido más estudiados es el envejecimiento acelerado de las estructuras debido a la agresividad del medio ambiente en el que se encuentran. En este sentido, se han investigado diversos mecanismos de degradación de los materiales utilizados y se han desarrollado modelos de predicción de la vida útil, muchos de ellos basados en la Ley de Difusión de Fick, para estimar la vida de servicio de las edificaciones nuevas o la vida remanente de edificaciones construidas y operativas.

Como consecuencia, muchos de los resultados de estos estudios se han incorporado en las nuevas versiones de normativas internacionales de diseño, como ACI 318 (American Concrete Institute), EHE (Instrucción Española de Concreto Estructural), específicamente el Anejo 9 y el Eurocódigo 2, y en el caso de Venezuela la Norma técnica FONDONORMA NTF 4015. En estas normas reconocen la gran importancia del recubrimiento como barrera protectora contra la acción del entorno medioambiental en la estructura.

(Troconis et. al., 2014), en el artículo “Concrete Carbonation in Ibero-American Countries DURACON Project: Six-year Evaluation”, al analizar datos recolectados durante casi seis años de exposición natural de especímenes de concreto en sitios urbanos en nueve de los diez países participantes, así como comparar el comportamiento del frente de carbonatación en los diferentes sitios de exposición natural evaluados y de los resultados del análisis de la potencialidad y probabilidad de corrosión del refuerzo en los distintos sitios, concluyeron que el concreto preparado en Venezuela presenta la mayor probabilidad de experimentar corrosión del refuerzo inducida por carbonatación.

Dentro de este campo de estudio, la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado a través del Decanato de Ingeniería Civil ha desarrollado varios trabajos de investigación enfocados en analizar la durabilidad del concreto armado en algunas zonas de la ciudad de Barquisimeto, focalizados en la determinación de los mecanismo de degradación en varias zonas de la ciudad y dentro de los cuales se determinaron la constante de carbonatación (Kc), aplicando el marco metodológico del Proyecto Internacional DURACON (usando probetas expuestas a las condiciones ambientales del entorno urbano de Barquisimeto) y también, analizando estructuras existentes (Zonas Industriales), generando información de referencia que puede ser de utilidad dentro del campo de la tasación, para determinar vida útil y remanente de estructuras de concreto dentro de la ciudad de Barquisimeto..

© 2025 ALCONPAT Internacional

3 OBJETIVO GENERAL

Valorar estructuras de concreto armado con edad cercana o superior a su vida de diseño a partir de datos de durabilidad (carbonatación) procedentes de Trabajos de Investigación del Decanato de Ingeniería Civil de la UCLA en la Ciudad de Barquisimeto.

4 ENFOQUE DEL COSTO Y LA DEPRECIACIÓN.

En la valoración de inmuebles por método del costo, para determinar la depreciación se apoya en la utilización de métodos auxiliares como la línea recta o el método de Ross-Heidecke. Estos métodos presentan limitaciones en la medida que la estructura alcanza su vida útil de diseño, sin embargo, los modelos de degradación del concreto, basados en la Ley de Fick, permiten una evaluación más precisa y completa de la depreciación de las estructuras de concreto al considerar la durabilidad y el desempeño del concreto a lo largo del tiempo.
Las Normas Internacionales de Valuación (IVS, 2022) definen el enfoque del costo como un indicador de valor, utilizando el principio económico de que un comprador no estaría dispuesto a pagar por un activo más de lo que le costaría obtener un activo de igual utilidad, ya sea mediante compra o construcción, a menos que eso implicara tiempo, inconvenientes, riesgo u otros factores. Este enfoque proporciona una estimación de valor al calcular el costo de reposición o reproducción de un activo y luego realizar deducciones por deterioro físico y otras formas relevantes de obsolescencia.
Al momento de entrar en servicio la estructura, la depreciación es nula; sin embargo, comienza a aumentar gradualmente desde entonces, acelerándose con el tiempo. Una vez que el edificio ha entrado en servicio, funcionará hasta una fecha futura de su retiro. El lapso transcurrido entre la fecha de su puesta en servicio (fecha pasada) y la fecha futura de su retiro, Chandías lo define como vida probable. Por otra parte, la edad, sería el período entre la fecha de puesta en servicio y la fecha del avalúo. Mientras que la diferencia entre la vida probable y la edad se define como vida remanente, principalmente en estudios en habla inglesa.

5 MODELO DE DEPRECIACIÓN

(Artavia, 2012) establece que “la bibliografía brinda una clasificación en los métodos (de depreciación) utilizados, separando los métodos basados en la vida útil y los que son basados en la actividad”, entre los que están basados en la vida útil destaca el método de Ross-Heidecke.
El Método de Ross Heidecke parte de la depreciación planteada por Ross y le incluye el término de estado de conservación, a diferencia de los otros métodos que no toman en cuenta este punto. Establece una escala para el estado de conservación vinculada a un factor expresado en porcentaje que puede variar ligeramente dependiendo de la bibliografía

El factor de depreciación K queda expresado de la siguiente manera:

$$K = (X + (1 - X)C) \qquad (1)$$

Donde la variable auxiliar X es la ecuación de Ross:

$$X = \frac{1}{2} * \left(\frac{Edad}{Vida\ útil} + \frac{Edad^2}{Vida\ útil^2}\right) \qquad (2)$$

Tabla 1. *Valores del factor "C". Método Ross-Heidecke. (Artavia, 2012)*

Estado de Conservación	Porcentaje "C"
1	0.00%
1.5	0.32%
2	2.52%
2.5	8.09%
3	18.10%
3.5	33.20%
4	52.60%
4.5	75.20%
5	100%

Los diferentes estados de conservación de las edificaciones se resumirían de la siguiente manera:

- Estado 1: Óptimo o Nuevo - Sin necesidad de reparaciones debido a su excelente estado de conservación.
- Estado 1.5: Muy Bueno - Se han realizado labores normales de mantenimiento, como reparaciones de fisuras y pintura.
- Estado 2: Bueno o Normal - Ha recibido una cantidad mayor de labores de mantenimiento, como cambios en acabados dañados.
- Estado 2.5: Intermedio - Necesita o ha recibido reparaciones parciales a nivel de estructura secundaria, como en techos y pisos.
- Estado 3: Regular o Reparaciones sencillas - Requiere o ha recibido reparaciones totales a nivel de estructura secundaria.
- Estado 3.5: Deficiente - Necesita o ha recibido reparaciones parciales a nivel de estructura primaria, como en fundaciones y columnas.
- Estado 4: Malo o Reparaciones importantes - Necesita o ha recibido reparaciones totales a nivel de estructura primaria.

6 PREDICCIÓN DE LA VIDA ÚTIL POR CARBONATACIÓN

En el caso cuando la carbonatación es el principal mecanismo de degradación se puede usar la fórmula "de la raíz cuadrada del tiempo", que explica como varía la penetración del frente de carbonatación con respecto al tiempo y se expresa de la siguiente manera:

$$x_c = k_{co2} t^{\frac{1}{2}} \qquad (3)$$

En esta fórmula, Xc representa la profundidad de carbonatación, kco2 es la constante de carbonatación, y t es el tiempo transcurrido o extrapolado. Esta fórmula permite estimar de manera

© 2025 ALCONPAT Internacional

práctica la constante de carbonatación si se conoce la profundidad de carbonatación y el tiempo durante el cual el concreto ha sido sometido a la acción medioambiental, así como también, mediante la medición de la profundidad de carbonatación en el concreto, conociendo el valor de k_{co2} al momento de la inspección y luego predecir el tiempo necesario t_f para que la carbonatación alcance el acero de refuerzo a una profundidad igual o mayor al recubrimiento Xf (estado límite de durabilidad).

$$t_f = \left(\frac{x_f}{k_{co2}}\right)^2 \qquad (4)$$

7 EL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO DE CONCRETO EN LA NORMATIVA VENEZOLANA.

El recubrimiento requerido por las normas de concreto venezolanas y referido a los elementos expuestos a las acciones medioambientales como la carbonatación (vigas y columnas) puede resumirse de manera mostrada en la Tabla 2.

Tabla 2. *Recubrimientos mínimos en cm, según las Normas.*

NORMA	Columna	Viga
M.O.P. 1939	3,0	3,0
M.O.P. 1947	2,5	2,5
Covenin 1753-87	4,0	4,0
Covenin 1753-06	4,0	4,0

8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

De la Investigación bibliográfica realizada en la base de Datos de la Universidad Centroocidental Lisandro Alvarado y en la Hemeroteca del Decanato de Ingeniería Civil se seleccionaron los trabajos que se muestran en la Tabla 3, donde se obtuvieron datos de campo, es decir en estructuras o elementos existentes, se procedió a aplicar la regresión múltiple a los datos reacabados en esas investigaciones, utilizando una hoja de cálculo de Excel. Se definieron las siguientes variables para el modelo:

1. Profundidad de carbonatación: Es una variable continua. Este coeficiente describe la rata de difusión de carbonatación en la matriz cementosa del recubrimiento de concreto
2. Edad del inmueble: Variable de tipo continua. Indica la edad o tiempo de operación del inmueble y sus elementos estructurales.
3. Calidad del Concreto: variable de tipo cualitativa y definida usando el criterio del Manual Durar, el cual indica que “análogamente las constantes de carbonatación (Kco2) entre 3 y 4 mm/año0.5 son los límites para producir hormigones cuyas armaduras, situadas a 30-40 mm de profundidad, no sean alcanzadas por la carbonatación antes de 50-75 años”. Por lo tanto, se pudiese establecer en cuanto a la calidad del concreto respecto a la carbonatación la siguiente clasificación:

- Concretos con Kco2 < 3 mm/año0.5 resistencia “Alta”, con vida útil mucho mayor a la edad de diseño, con valor numérico de “1” (uno).
- Concretos con Kco2 ≥ 3 mm/año0.5 y Kco2≤ 4mm/año0.5 resistencia “Normal”, vida útil igual o mayor a la edad de diseño, con valor numérico de “2” (dos).
- Concretos con Kco2 >4 mm/año0.5 “Baja” resistencia, vida útil menor a la edad de diseño usando el valor de “3” (tres).

Tabla 3. *Estudios considerados en la presente investigación.*

N.	AÑO	AUTORES	TITULO	UBICACION	TIPO
1	2009	Gil Diaz	Estimación de la influencia del CO2 en el concreto simple y armado de la Zona Industrial II	Zona Industrial II	De Campo
2	2011	Infante Rodríguez Sánchez	Estimación de la constante de carbonatación de la Zona Industrial III de Barquisimeto	Zona Industrial III	De Campo
3	2012	Hernández Petit	Estimación de la carbonatación zona industrial I de Barquisimeto de estructuras de concreto simple y armado	Zona Industrial I	De Campo

Para mejorar el modelo haciendo un mejor ajuste de los datos se usó el análisis de regresión múltiple, que primero se aplicó a la muestra original, obteniéndose un valor de R2 de 0.72 y para obtener los outliers y depurar la muestra. La Ecuación obtenida con la muestra una vez depurada es la siguiente:

$$\text{PROF CAR} = -15{,}13486457 + 0{,}2081159375 * \text{EDAD} + 15{,}49855858 * \text{CALIDAD} \quad (5)$$

El modelo obtenido explica el 78,65 % de la variabilidad (R2=0.79). No se observó correlación fuerte entre las variables independientes, por lo que se descarta la multicolinealidad. Se observó la presencia de outliers en un 2.17% < 5% lo cual es aceptable. Se comprobó gráficamente que los residuos presentan homocedasticidad. Los residuos presentan distribución normal. No se observaron puntos influyentes según la prueba de distancia de Cook. La muestra por ser de corte transversal no admite la prueba de Durwin Watson.
Sustituyendo las variables y redondeando los coeficientes a 3 cifras significativas para tener una mejor visualización del modelo de regresión la ecuación queda de la siguiente manera:

$$Xc = -15{,}135 + 0{,}208 * tc + 15{,}499 * C_{cd} \quad (6)$$

Donde:

Xc: Profundidad de carbonatación [mm]
tc: edad [años]
Ccd: Calidad donde “1” es alta, “2” es media y “3” es baja.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Al analizar el comportamiento del modelo con la variable C_{cd} (Calidad) se observa que se generan tres rectas paralelas, la cuales se muestran graficadas en la Figura 1

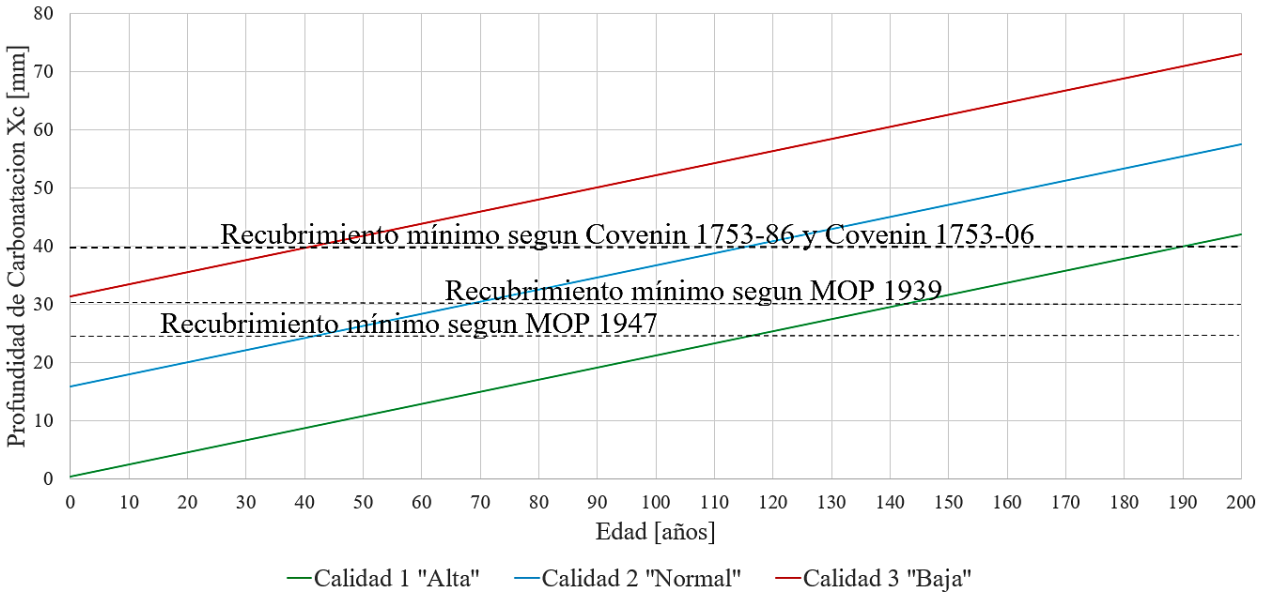


Figura 1. *Variación de la profundidad de carbonatación respecto a la edad y calidad del concreto según modelo de regresión para datos de la Ciudad de Barquisimeto 2010-2012*

En la Figura 1., se indican los valores de recubrimiento para elementos estructurales expuestos (vigas y columnas) en las normas de edificación de concreto desde el año 1939 hasta la fecha. Estas referencias definen la vida útil de la estructura de concreto bajo el ataque de carbonatación y el tiempo que tardaría para las tres calidades de concreto definidas en este estudio.

9 DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LA CONSTRUCCIÓN.

El grafico generado da la posibilidad de estimar el valor de vida útil (esperada) de una estructura al final de su vida de diseño, conociendo el valor de recubrimientos de los elementos estructurales principales expuestos (vigas y columnas) ya sea por referencia a su época de construcción (por la norma vigente), por planos de proyectos o por verificación del recubrimiento en sitio ya será por ensayo no destructivos como el medidor de espesor de recubrimiento (covermeter), por remoción parcial del recubrimiento o al existir aceros expuestos, y la calidad del concreto, que puede asumirse inspeccionando la condición de los elementos de concreto (presencia de grietas, desprendimiento de concreto, porosidad, exposición del concreto degradación de la pintura o tratamientos superficiales, etc.).

Si se analiza una estructura próxima a la vida útil de diseño (50 años según COVENIN 1756), su expectativa de operación, según el modelo y dependiendo del recubrimiento de los elementos estructurales (vigas y columnas) expuestos, sería superior a los 100 años. Sin embargo, los demás sistemas de la edificación tendrían una vida útil más corta, cuyo fallo también afectaría su funcionamiento para cumplir con el propósito para el que fue diseñada (el fit to purpose usado en los trabajos en inglés). Esto significa que se aproxima a una obsolescencia de tipo funcional.

Por lo tanto, para estimar la vida útil de la edificación, sería lógico aplicar una ponderación a la vida de todos los sistemas, utilizando una referencia común. En el caso de la presente investigación, se toma como referencia la incidencia en los costos totales de reposición, apoyándose en las tipologías de PROMERCA (anteriormente conocido como PROINVEROBRAS y CINPRONET), las cuales gozan de amplio uso y aceptación en el campo de la tasación en Venezuela. El periodo de referencia de los costos es octubre de 2023, para lo cual se seleccionaron cinco tipologías de tipo tradicional la cuales se presentan en la Tabla 4, tomando en cuenta la incidencia en costos de la infraestructura y la superestructura:

Tabla 4. *Estimación de la incidencia en los costos del sistema estructural.*

					Incidencia %		
Tipo	**Edificación**	**Área Bruta (M2)**	**Pisos**	**Calidad**	**Infraestruc.**	**Superestruc.**	**Total**
3	Casa Construcción Tradicional Pareadas (LPH)	85	1	Baja s/a	19.45	12.74	32.19
5	Casa Construcción Tradicional Pareadas (LPH)	73	1	Baja s/a	14.60	22.29	36.89
9	Casa Construcción Tradicional	96	1	Baja	10.12	34.91	45.03
10	Casa Construcción Tradicional	115	2	Media	8.00	20.72	28.72
56	Multifamiliar Construcción Tradicional	715	4	Media	18.35	26.01	44.36
66	Multifamiliar Construcción Tradicional	3872	9	Superior	6.13	25.06	31.19

10 APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS RESULTADOS.

Se dará valor al edificio (no se incluye el valor terreno) de uso residencial y comercial ubicado en el Centro de Barquisimeto (Carrera 25) la construcción se inició de acuerdo con la documentación en 1972 con habitabilidad de fecha 1974, edad de la construcción 50 años, y las siguientes áreas de construcción mostradas en la Tabla 5.

Condición de los elementos estructurales: a lo largo de su vida operativa las vigas y columnas internas han estado pintadas, mientas las columnas externas que están expuestas han estado recubiertas con lamina de mármol o similar. Por lo tanto, se puede asumir que la calidad es 1 “Alta”,

© 2025 ALCONPAT Internacional

debido a que los elementos estructurales principales han estado de una u otra manera protegidos de la acción del medioambiente.
Adicionalmente, se tuvo acceso a los planos estructurales originales (1972) los cuales no muestran información sobre el recubrimiento, sin embargo, se dan los detalles del armado, dimensiones y resistencia del concreto (250 Kg/cm2 para columnas y 180 Kg/cm2 para losas y el resto).
Por lo tanto, para estimar la vida útil y aplicar el método, se puede tomar la hipótesis de Concreto calidad 1 "Alta", diseñado bajo la Norma MOP 1947 con recubrimiento de 25 mm. De lo cual se obtiene que la vida útil del inmueble es 79 años.

Tabla 5. *Áreas de construcción y uso para la construcción en estudio.*

AREAS EDIFICIO CENTRO DE BARQUISIMETO CARRERA 25			
Areas de Construcción	**Area T (m2)**	**Area Residencial y Comercial**	**Areas Comunes**
PB	314.64	219.75	94.89
Piso 1	354.35	312.12	42.23
Piso 2	331.25	312.12	19.13
Areas Comunes en Techo	12.29		12.29
Techo Visitable	-		-
Area Total Construcción (m2)	**1,012.53**	**843.99**	**168.54**
Estacionamiento y areas abiertas (m2)	202.75		**202.75**

Tabla 6. Vida útil de la edificación para Calidad 1 "Alta" y Recubrimiento según MOP 1947(25mm) para la tipología 56.

Concreto Calidad 1 (Alta) Recubrimiento 25mm (MOP 1947)		**Estructura**		**Otros sistemas**		**Edificación**
Tipo	**Edificación**	**Incidencia %**	**Vida Útil (años)**	**Incidencia %**	**Vida Útil (años)**	**Vida Útil (años)**
56	Multifamiliar Construcción Tradicional	44.36	116	55.64	50	**79**

Es bueno indicar que a partir de 2020 se ha observado fallas frecuentes en las tuberías de aguas blanca (hierro galvanizado) y de aguas residuales (hierro fundido).
De la Guía de Costos de Construcción de PROMERCA, de octubre 2023, se obtiene el costo de construcción para la tipología, el cual es de 24.221,70 Bs/m2, este valor se transformó en USD (Valor de Referencia) a una tasa oficial de 34.42 Bs/USD (BVC 30/09/2023), dando el costo unitario un valor de 703,71 USD/m2.
Aplicando Ross-Heidecke para un estado de conservación 3, que es "Regular o Reparaciones sencillas", es decir, requiere o ha recibido reparaciones totales a nivel de estructura secundaria se obtiene un C de 18,10% y se asume un costo residual del 10% del Costo de Reposición a Nuevo (CRN).

$$X = \frac{1}{2} * \left(\frac{Edad}{Vida\ útil} + \frac{Edad^2}{Vida\ útil^2}\right)$$

$$X = \frac{1}{2} * \left(\frac{50}{79} + \frac{50^2}{79^2}\right) = 0{,}5167$$

$$K = (X + (1 - X)C)$$

$$K = (0{,}5167 + (1 - 0{,}5167)0{,}1810) = 0{,}6042$$

D= (CRN – CR) * K

Valor = CRN -(CRN – CR) * K

CRN = 703,71 USD/m2*1012.53 m2 = 712.668,23 USD

CR= .1*712.668,23 USD =71.266,82 USD

Valor de la edificación = 712.668,23 – (712.668,23-71.266,82) 0,6042 = 325.153,50 USD

Valor de la edificación = 325.153,50 USD

11 CONCLUSIONES

Al realizar esta investigación, definida como exploratoria y documental, se recopilaron datos en campo por parte de estudiantes y docentes del Decanato de Ingeniería Civil. Estos datos, relacionados con la carbonatación en estructuras operativas en las Zonas Industriales I, II y III, permitieron obtener un modelo de regresión lineal. Este modelo explica el 78,65% del fenómeno, (R^2= .7865) y una correlación de 0,89, en la cual la variable cualitativa “calidad del conceto” se planteó en función de la Constante de Carbonatación de los datos de campo, generando la siguiente ecuación:

PROFUNDIDAD CARBONATACION = -15,13486457 +0,2081159375 * EDAD +15,49855858 * CALIDAD

La ponderación de la vida útil de la edificación, tomando en cuenta la vida útil e incidencia en costo del sistema estructural y fijando la edad de los otros sistemas (sanitario, eléctrico, electromecánico, arquitectónico) en 50 años arroja valores razonables de vida útil, por lo tanto, se puede inferir la utilidad de los resultados de la presente investigación.

La principal recomendación es continuar la línea de investigación, ya que es un tema importante que se está desarrollando a nivel mundial. Además, sería útil ampliar el análisis de estructuras en funcionamiento en la Ciudad de Barquisimeto, dado que los datos han estado limitados a las Zonas Industriales y las referencias de otros sectores se basaron en probetas expuestas por períodos de tiempo definidos. Por lo tanto, a medida que se genere nueva información, el modelo obtenido se mejorará.

12 AGRADECIMIENTOS

A los Profesores, tutores y estudiantes (actuales ingenieros) que han desarrollado la línea de investigación sobre la durabilidad del concreto armado en el Decanato de Ingeniería Civil de la UCLA, sin su esfuerzo e información no hubiese sido posible la realización del presente estudio, ejemplo de lo que expresa la frase “nanos gigantum humeris insidentes” , es decir, (tener la visión de) “enanos de pie sobre hombros de gigantes”.

© 2025 ALCONPAT Internacional

13 REFERENCIAS

American Concrete Institute (ACI) 2017. *ACI 365.1R-17 Service-Life Prediction Report*. Committee 365.

Alvarez, M.; Torrealba, J.; Salcedo, D. (Tutor Académico) (2008) *Evaluación del efecto del CO2 en probeta prismática de concreto ubicada en la Bese Aerea TTE. "Juan Vicente Landaeta Gil", en el edificio del Rectorado y el Decanato de Medicina de la UCLA, durante el periodo enero 2007- febrero 2008.*

Aris, Y. 2022. *LA REGIÓN BARQUISIMETO Y LA FORMACIÓN DE EDUCADORES. SIGLO XIX Y XX* Compendium, vol. 25, núm. 48, 2022. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, República Bolivariana de Venezuela. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=88072323005.

Artavia, D. 2012. *Los modelos de depreciación aplicados en la valuación de bienes inmuebles. Instituto Tecnológico de Costa Rica*, Escuela de Ingeniería en Construcción. ICOTEC. Costa Rica.

Clifton, J. R., 1991, *"Predicting Remaining Service Life of Concrete," National Institute of Standards and Technology Interagency/Internal Report, NISTIR 4954*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD

Chandías, M. 1985. *La depreciación*. Revista SOTAVE. Año XX N. 76, Caracas. Venezuela

Durán, M. Hernández y L. Peña (2009), "*Estimación de la Constante de Carbonatación de la Ciudad de Barquisimeto "*. Trabajo Especial de Grado. Decanato de Ingeniería Civil - (UCLA), Barquisimeto - Venezuela.

DURAR CYTED (1998). *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado.*

Gil, J. y Díaz L. (2009) "*Estimación de la Influencia del CO2 en la Estructuras de Concreto Simple y Armado Ubicadas en la Zona Industrial II de Barquisimeto*". Trabajo Especial de Grado. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto - Venezuela.

Hernández, T.; Mendoza, A. y Mendoza, E. (2011), "*Estimación de la Constante de Carbonatación en tres zonas ubicadas en la ciudad de Barquisimeto*, Trabajo Especial de Grado. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto - Venezuela.

Promerca (2023) *Evolución y Costos de construcción*. Venezuela. Octubre 2023.

Sánchez, E. ; Infante, G.y Rodríguez, I. (2011), "*Estimación de la Constante de Carbonatación en la Zona Industrial III de Barquisimeto-Edo. Lara*", Trabajo Especial de Grado. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto – Venezuela

Suárez, M. (2012). *Estimación de la Carbonatación como causa de corrosión en las edificaciones de la ciudad de Barquisimeto*. Trabajo de Ascenso. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto – Venezuela

Troconis, O. & Montenegro, J.C. & Vera, R. & Carvajal, A.M. & Almeraya Calderon, Facundo & Alonso-Guzman, Elia & Castro-Borges, Pedro & López Pérez, Tracey & Rebolleda, N. & Martínez, I. & Saborio, E. & Torres-Acosta, Andres & Martínez-Madrid, M. & Moreno, E.. (2014). *Concrete carbonation in Ibero-American Countries* DURACON Project: Six-year Evaluation. Corrosion -Houston Tx.

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Evaluación de los Daños por Corrosión en un "*Pipe-Rack*" expuesto a un Ambiente Marino-Industrial

L. Picón[1]*, A. Camacaro[1], M. Sánchez[1], O. T. de Rincón[1,2], V. Millano[1].

*Autor de Contacto: piconluis1996@gmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra la evaluación de los daños por corrosión de una estructura de concreto armado, *pipe-rack* (PR), ubicada en un complejo petroquímico, expuesta a condiciones ambientales marino-industriales, y factores operacionales que promovieron y potenciaron daños. Para ello, se llevó a cabo un estudio detallado de los elementos estructurales de interés y del ambiente de exposición, realizando una inspección visual de los elementos para el registro del tipo de daños y extensión presente, seguido de un levantamiento electroquímico, extracción de núcleos testigos de concreto, con los cuales se llevaron a cabo ensayos de caracterización fisicoquímica, en conjunto con medidas de vibraciones procedentes en equipos rotativos. Los resultados y sus análisis provenientes del análisis de los elementos de concreto armado, del desempeño de equipos ubicados en la estructura, estáticos y con piezas móviles, permitieron realizar una evaluación completa del problema, definiéndose la naturaleza y origen de los daños por corrosión.

Palabras clave: concreto; corrosión; durabilidad; cloruros; vibraciones.

[1] Centro de Estudios de Corrosión, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

El concreto armado es uno de los materiales de construcción más usados hoy en día, debido a su durabilidad y facilidad de uso en comparación con otros materiales para la construcción de estructuras con diversos usos. La estructura del concreto está conformada por una red de poros que juega un papel importante en el paso de los agentes externos hasta las barras, pudiendo permitir el inicio del proceso de corrosión. Debido a esta porosidad, diferentes agentes que se encuentran en el ambiente, tales como cloruros, dióxido de carbono, oxígeno y agua, hacen susceptibles a las barras de refuerzo a daños por corrosión. La corrosión inducida por el ion cloruro es una problemática que afecta la durabilidad de las estructuras de concreto armado, principalmente en las construcciones erigidas sobre el litoral o costas marinas, caso particular el de los complejos petroquímicos, debido a la alta posibilidad y velocidad de difusión del agresivo, iones cloruro, generando la formación de productos de corrosión expansivos, disminuyendo progresivamente la adherencia del acero con el concreto, conllevando finalmente al agrietamiento y exposición de la armadura, dando por finalizado la vida útil (Duffó y Farina, 2019; Poursaee, 2016).

Uno de los mayores desafíos para los estudios estructurales es determinar la magnitud del ataque corrosivo en las edificaciones, a fin de intervenir en su reparación (Andrade, 2020). Inicialmente, el diagrama de Tuuti permite correlacionar la magnitud del daño por corrosión y la durabilidad general de las estructuras (Tuutti, 1982). Este representa la magnitud del ataque corrosivo en función del tiempo, considerando un período de iniciación y otro de propagación; el primero correspondiente al tiempo requerido para que el, o los agentes agresivos, penetren el recubrimiento (concreto) hasta alcanzar la superficie metálica del acero y con ello la ruptura de la capa protectora del mismo y la propagación del daño. Este trabajo presenta la evaluación de una estructura de concreto armado expuesta a un medio costero-industrial, tomando en consideración los daños presentes, los agentes agresivos involucrados, los equipos involucrados y su relación con la iniciación del proceso corrosivo.

2 PROCEDIMIENTO

2.1 Muestra y población

La población estuvo conformada por una estructura de concreto armado expuesta a un ambiente marino-industrial, construido para soportar líneas de tuberías en una planta de metanol, identificada según su uso como *Pipe Rack* (PR). Dicho edificio es uno de dos, construidos ambos en 1994 con parámetros similares de diseño estructural. El edificio evaluado en este estudio, identificado como *Pipe Rack* 2 (PR-2), presenta daños por corrosión de interés, mientras que el *Pipe Rack* 1 (PR-1) no evidenció daños aparentes y se consideró una estructura de referencia. La estructura evaluada (PR-2) está conformada por un sistema de pórticos con vigas longitudinales (VL), orientados en la dirección sur-norte (S-N), y vigas transversales (VT), orientadas de oeste a este, con distancias variables entre columnas, creando un esqueleto estructural tridimensional de tres niveles. En la Figura 1 se una vista lateral de la estructura en donde pueden apreciarse los distintos niveles previamente mencionados, donde los pórticos están numerados desde el eje 16 hasta el eje 36.



Figura 1. Vista lateral de la estructura evaluada (PR-2).

Una de las características observadas en la estructura es que, sobre su tercer nivel, entre los pórticos 18 y 35, se encontraba un sistema de enfriamiento conformado por ventiladores de tiro forzado y tiro inducido (Figura 2), erigido desde el tercer nivel con vigas doble T. Este sistema no se encontró sobre el primer edificio (PR-1). Las muestras y testigos consistieron en 15 núcleos de concreto extraídos de puntos seleccionados en las estructuras (PR-2 y PR-1), con base al análisis del levantamiento de daños y comportamiento electroquímico observado, para zonas con y sin daños aparentes. Adicionalmente, se consideró como parte de la muestra el registro de datos del comportamiento electroquímico y daños por corrosión presentes.



Figura 2. Vista lateral de los ventiladores dispuestos a lo largo de la estructura PR-2.

2.2 Materiales y métodos

2.2.1 Inspección preliminar

En esta etapa se elaboró una ficha de antecedentes de la estructura (tiempo en servicio, función y reparaciones) y se consideró el medio al cual estaba sometida para identificar su agresividad, así como un examen visual para identificar y registrar los tipos de daños y su extensión, como: grietas, zonas fofas, delaminaciones con y sin acero expuesto, entre otras, y así poder determinar la criticidad de los daños presentes (Millano *et al*., 2011). Para los efectos de interpretar y analizar el

© 2025 ALCONPAT Internacional

registro de los daños por corrosión encontrados, se muestra en la Tabla 1 la clasificación establecida en cinco niveles de daños según su riesgo y extensión, en escala cualitativa de referencia, con la finalidad de puntualizar los sitios de mayor riesgo y posibles inicios de las actividades de rehabilitación y reparación.

Tabla 1. Clasificación de los daños por corrosión encontrados.

Nivel de daños	Descripción de daños y/o extensión	Código numérico	Código de colores
Sin daños	Sin daños visuales aparentes	0	
Leve	Humedad, lixiviación, reparaciones, extensión menor al 5 % del elemento	1	
Moderado	Grietas y áreas fofas, de extensión mayor al 10 % del elemento, sumado a los daños del nivel anterior	2	
Severo	Grietas, áreas fofas, delaminación del concreto y acero expuesto, de extensión mayor al 15 % del elemento, sumado a los daños del nivel leve	3	
Muy severo	Grietas, áreas fofas, delaminación del concreto y acero expuesto, de extensión mayor al 25 % del elemento, sumado a los daños del nivel leve	4	

2.2.2 Medición de potenciales de corrosión

Los potenciales electroquímicos por corrosión de la armadura embebida en el concreto, se realizaron utilizando un electrodo de referencia $Cu/CuSO_4$ saturado, siguiendo la técnica de medición según la norma ASTM C876-87 (1987), con lo cual se obtuvo un mapa de líneas isopotenciales de la superficie evaluada en la estructura, con la finalidad de establecer el área de cambio de potencial.

2.2.3 Medición de velocidades de corrosión

Para determinar la velocidad a la cual la armadura pierde sección por corrosión, se preseleccionaron áreas según criterios establecidos en el levantamiento de daños, seguido de la perforación para hacer contacto con la armadura y finalmente se situó el sensor (GECOR) sobre la superficie del concreto. Para estructuras de concreto armado, los valores de velocidad de corrosión que pueden relacionarse con la densidad de corriente medida, entre 0,1 - 0,2 $\mu A/cm^2$ correspondieron a velocidad de corrosión activa (que producen óxidos expansivos) y entre 10 - 20 años pueden producir el agrietamiento del recubrimiento; mientras que para valores de 1 $\mu A/cm^2$ el agrietamiento se producirá en tan solo 1 - 2 años (Feliú et al., 1996).

2.2.4 Extracción de núcleos

Las dimensiones de los núcleos (2 y 3 pulgadas) se escogieron en función del tipo de ensayo a realizar y sin comprometer la estructura evaluada. Los núcleos fueron almacenados e identificados adecuadamente, para su posterior procesamiento y análisis de los ensayos de carbonatación, perfil de concentración de cloruros y resistencia a la compresión (Rincón et al., 1997; Castro Luque et al., 2008).

2.2.5 Perfil de concentración de cloruros

La determinación del perfil de concentración del ion cloruro se efectuó siguiendo el método ASTM D-1411 (2001) y se expresó referido al peso de cemento en el concreto. El contenido de cloruros se representó gráficamente con respecto a la profundidad de la muestra, Xi, con el fin de evaluar el perfil de penetración de los cloruros hacia el interior de la estructura y compararlo con el valor límite permisible (4000 $mgCl^-/kg$ cemento) (Rincón et al., 1997).

2.2.6 Medidas de velocidad de vibración en sitio

La medida de las vibraciones en sitio, que permite la evaluación del desempeño y alineación de los equipos rotativos involucrados en el sistema de enfriamiento, ondas de vibración que se transmite a la estructura de concreto armado. Para ello, se empleó un acelerómetro IMI EMERSON, el método seleccionado para presentar los datos de vibración fue velocidad de la misma (mm/s) y el criterio para comparar resultados fue el CTI STD-163 del CTI.

3 RESULTADOS

En la Figura 3 se presenta un registro fotográfico de algunas de las fallas típicas encontradas, en la estructura de concreto armado del PR-2, en la zona central de su 3er nivel donde se evidencio la mayor incidencia de factores como el peso, vibraciones, corrientes de aire y humedad debido al sistema de refrigeración conformada por los ventiladores de tiro forzado e inducido.



Figura 3. Levantamiento visual detallado de los daños presentes en la estructura de concreto armado.

En la Tabla 2 se incluye el resumen y análisis del levantamiento de daños en los elementos de concreto armado seleccionados en este estudio. En este se aprecia la ubicación de daños preferentemente en los ejes centrales, desde el eje 19 al 34, correspondientes a los ejes que soportan el sistema de enfriamiento conformado por ventiladores de tiro inducido y forzado.

El nivel de daño se atenúa conforme se alejan los elementos del sistema de enfriamiento; es decir, el porcentaje mayor de daños severos se aprecian en el 3er nivel y van disminuyendo progresivamente hasta el 1er nivel, y del mismo modo alejándose hacia el norte o sur del área central que soporta el sistema de enfriamiento. De esta manera, las variables operacionales asociadas al sistema de enfriamiento cobran importancia en el origen de la causa de falla.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 2. Levantamiento general de daños para los elementos seleccionados en los 3 niveles.

Nivel\eje	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1ero	0	0	0	2	2	1	1	1	1	1	3	2	1	1	2	2	1	2	1	0	0
2do	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	2	2	3	3	1	1	0	0
3ero	0	0	0	4	2	2	4	2	4	1	4	4	4	4	0	1	0	1	4	0	0

Del ensayo de resistencia a la compresión se determinó que, al comparar los resultados con los parámetros de diseño, sólo uno de los 15 núcleos extraídos presentó una resistencia a la compresión que no se había visto afectada con el tiempo. El resto de los núcleos extraídos arrojó valores que, como se puede observar en la Figura 4, estuvieron por debajo de lo que, según las normas vigentes, se considera un concreto de baja durabilidad.

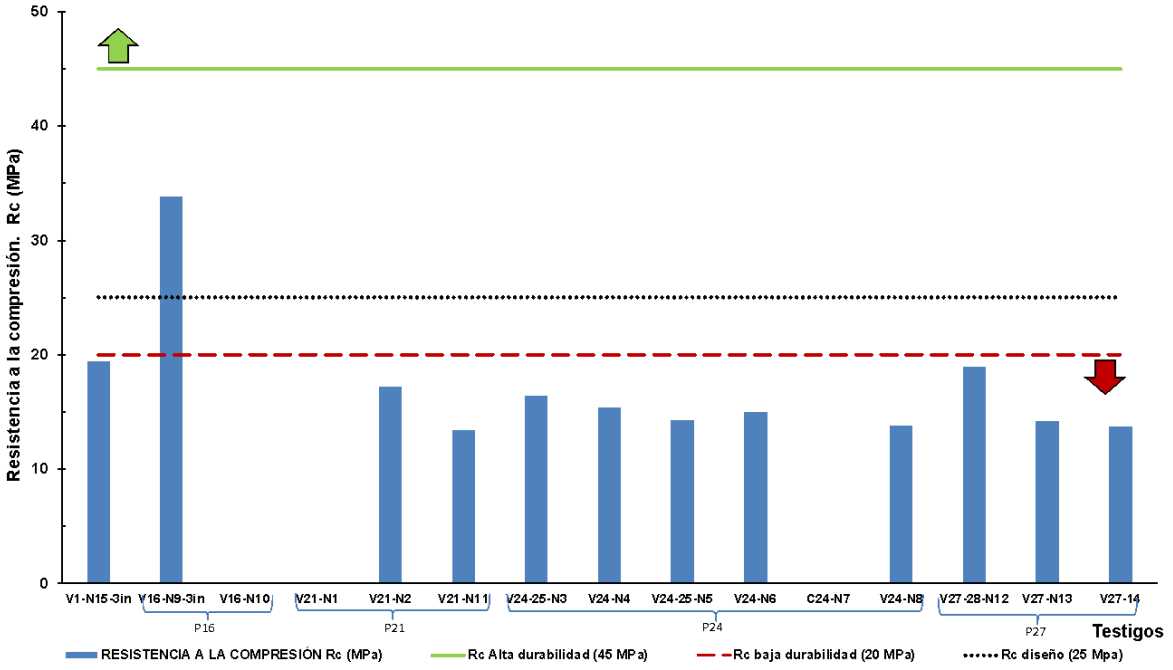


Figura 4. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión para los núcleos extraídos de la estructura de concreto armado.

En la Figura 5 se muestra el perfil de concentración de cloruros de los núcleos extraídos de los pórticos 21, 24, 27 y 1, respectivamente. Las concentraciones de cloruro encontradas fueron elevadas y en muchos casos superiores al umbral de cloruros de riesgo por corrosión (4000 $mgCl^-$ /kg cemento) (Rincón *et al.*, 1997), incluso a profundidades muy cercanas al espesor de recubrimiento de la armadura, suficientes para iniciar, propagar y mantener un proceso de corrosión activo del acero en estructuras de concreto armado.

Es importante destacar el hecho de que, si bien los valores de las concentraciones de cloruro medidas presentó fluctuaciones, como en el caso del núcleo 15 (PR1), las concentraciones fueron muy cercanas e incluso superiores al límite crítico en zonas cercanas a la armadura de acero. El

N14 proveniente del pórtico 27 fue el que presentó la concentración de cloruros más elevada a nivel de armadura (5768 ppm), siendo este el pórtico que presentó la mayor cantidad de daños de nivel severo en la inspección visual detallada.

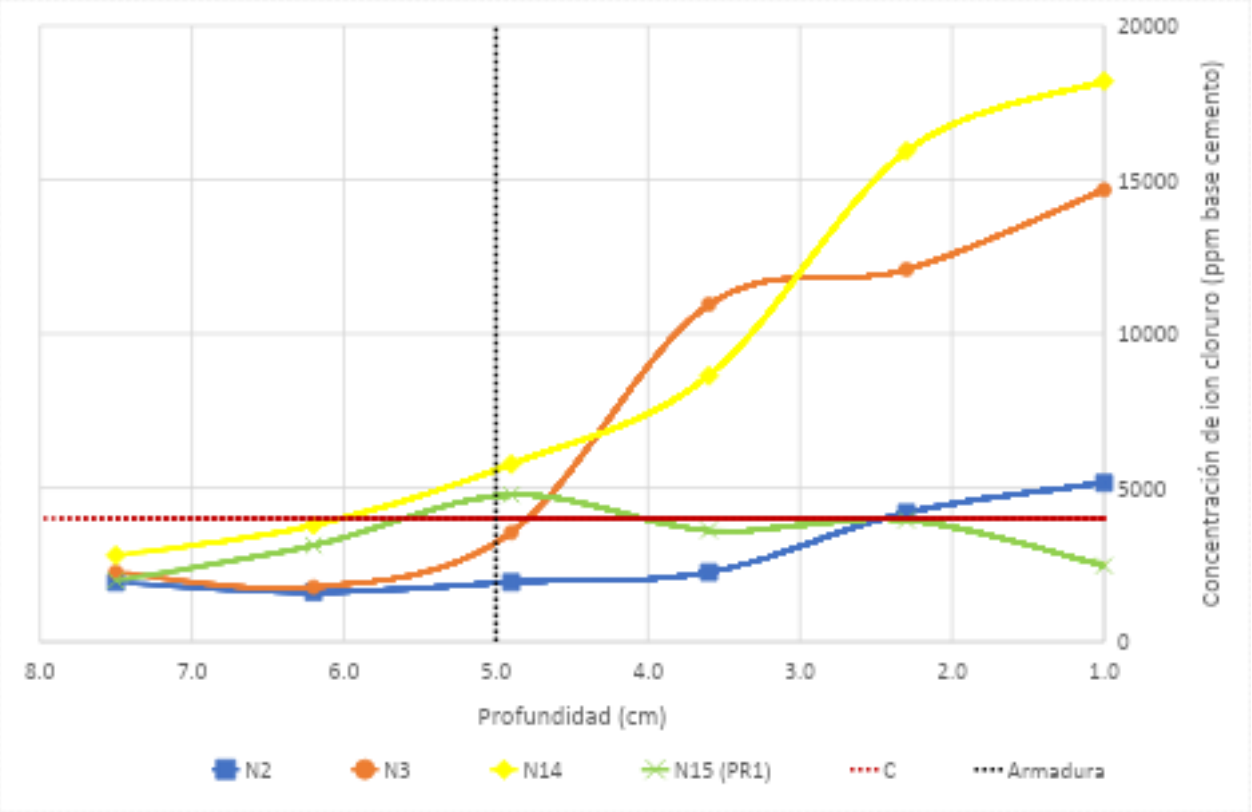


Figura 5. Perfil de concentración de cloruros obtenido de los núcleos extraídos de la estructura de concreto armado.

Al mismo tiempo, se llevó a cabo la medición de la velocidad de vibración en sitio con la finalidad de comparar y verificar niveles de bajo a aceptables de velocidad de vibración proveniente de los motores, cajas y componentes del sistema de enfriamiento del Pipe Rack-2, predominantemente en el nivel 3 (13,7 m de altura), que es donde se transmite este efecto de forma directa. A su vez, se realizaron medidas en componentes de concreto armado que permitieron registrar valores de velocidad de vibración vinculados a las frecuencias de los equipos rotativos, descartando posibles medidas de ruidos parásitos.

En las Figuras 6 y 7, pueden apreciarse los rangos de velocidad de vibración medidos en equipos, componentes mecánicos, metálicos (Figura 6), y en elementos de concreto armado (Figura 7). En la Figura 6, los valores registrados en motores, cajas y otros componentes del sistema de enfriamiento son velocidades superiores a los límites aceptables según el STD-163-15 (5,8 mm/s), e incluso mayores a los límites de inicio de alarma (8,6 mm/s). Las velocidades medidas de varios de los motores y cajas están asociados a problemas de desalineación (M1-LO: motor 1, lado oeste; M2-LE, M7-LE y M7-LO), caja reductora con ejes desgastados o rotos (M1-LE).

© 2025 ALCONPAT Internacional

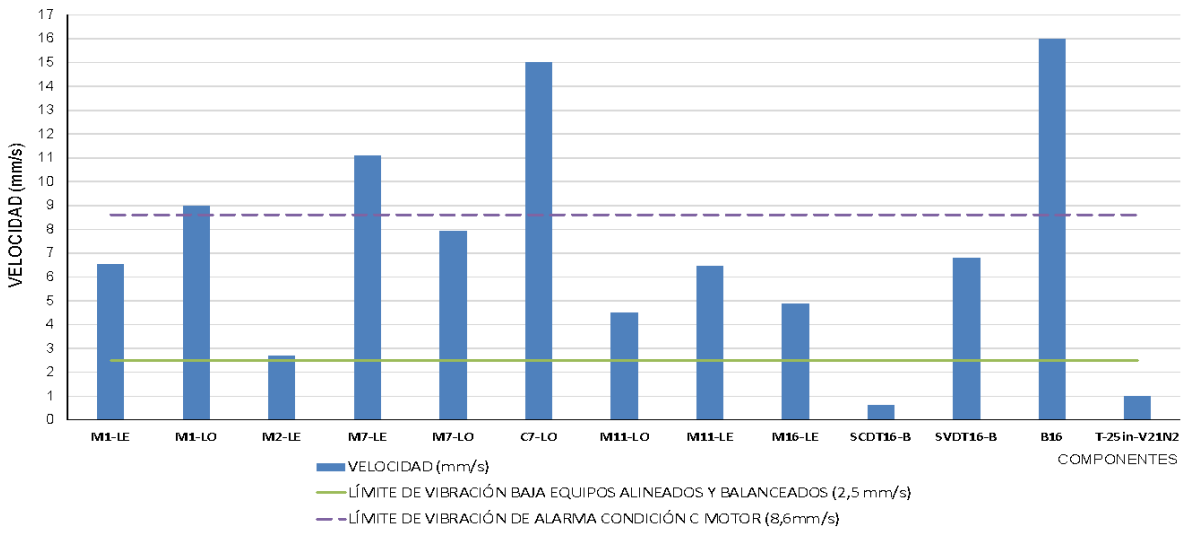


Figura 6. Velocidades de vibración (mm/s) medidas en componentes mecánicos y otros.

En la Figura 7, se muestran las velocidades de vibración encontradas validando que los elementos de concreto armado se encuentran sometidos a vibraciones asociadas a las frecuencias de los equipos rotativos (motor, caja y ventilador), y demostrando así la hipótesis sobre el origen principal de formación de grietas en los elementos de concreto armado causado por las vibraciones de equipos desalineados y desbalanceados, que potencian la entrada de los agentes agresivos al concreto. Este hecho sumado a factores y variables con efecto sinérgico entre sí demuestran grandes indicios de ser los responsables de haber generado los severos niveles de daños observados en la inspección visual detallada.

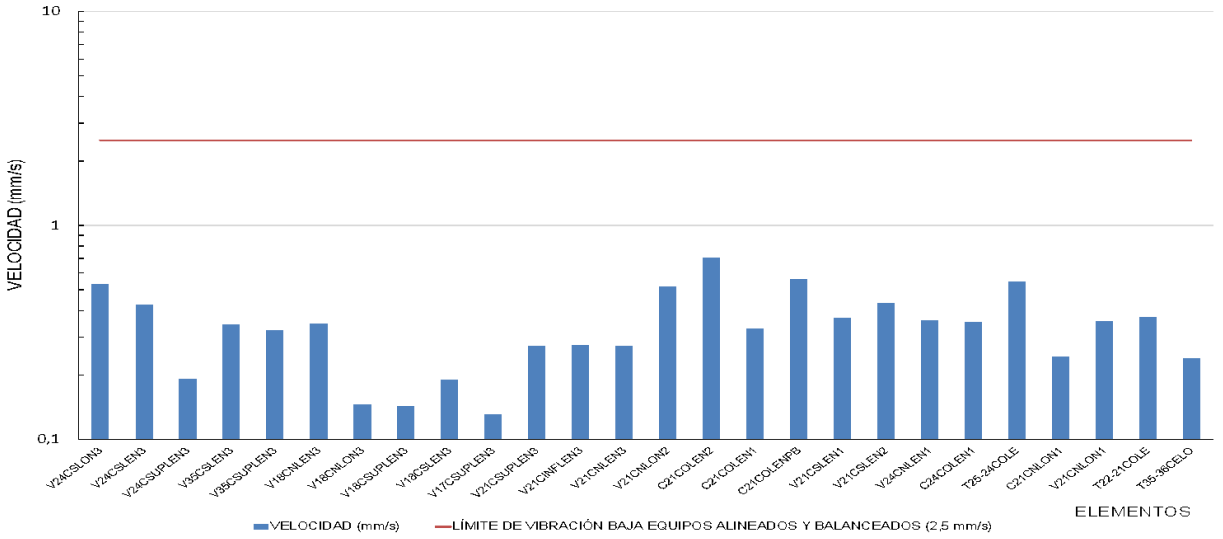


Figura 7. Velocidades de vibración (mm/s) medidas en elementos de concreto armado.

Con la finalidad de determinar los factores externos que pudieron ocasionar el incremento de los daños que presentaron los pórticos evaluados, se procedió a identificar los elementos asociados a cada una de las vigas de la estructura de concreto armado de las cuales se extrajeron cada uno de los núcleos. En la Figura 8 se observan varias imágenes tomadas en sitio que muestran la presencia de elementos unidos a la estructura de concreto armado por las cuales se pudieron haber propagado las vibraciones provenientes de los equipos desalineados. De hecho, se puede observar que a algunos de los ventiladores dispuestos encima de la estructura se les habían instalado "cuñas" para probablemente disminuir el ruido generado por los mismos.



Figura 8. Evidencia de la falta de elementos amortiguadores en la unión entre los ventiladores y los soportes verticales unidos a la estructura de concreto armado.

Cabe destacar además el hecho de que estos ventiladores se encontraban unidos a las vigas doble T que sirvieron como soportes sin ningún tipo de sistema de amortiguamiento para las vibraciones provenientes de las piezas móviles de los ventiladores. Esta decisión a la hora de instalar los ventiladores fue, sin duda alguna, un error que pudo ser evitado. De lo anteriormente expuesto, es válido afirmar que los equipos asociados al sistema de enfriamiento producen vibraciones que superan en gran medida los valores teóricos esperados.

Esta situación propicia la formación de micro agrietamientos en el concreto que facilitan exponencialmente el ingreso de cloruros (Cl^-), oxígeno (O_2) y humedad al interior del concreto(%HR); considerando además que estos tres parámetros (Cl-, O2, %HR) se ven incrementados por el caudal de flujo que maneja el sistema de ventiladores, particularmente entre los ejes 18 al 34, y es mayor respecto a los ejes 16, 17, 35 y 36, donde los daños por corrosión aun no son visibles y las velocidades de vibración medidas en ellos fueron menores, principalmente porque sobre estos pórticos no se tienen soporte para ventiladores.

4 CONCLUSIONES

Los daños observados en la estructura evaluada (PR-2) se deben a diversos factores y variables con efecto sinérgico entre sí, que han generado los severos niveles de daños por corrosión, entre ellos el ambiente marino-marino, la baja durabilidad del diseño de mezcla utilizado y, como variable determinante, el efecto vibratorio de los elementos giratorios del sistema de enfriamiento sobre la estructura. Los perfiles de concentración de cloruros encontrados fueron correspondientes con el levantamiento de daños y comportamiento electroquímico registrado, evidenciando una preferencia de ataque y concentraciones elevadas de cloruros en los elementos que conforman los

© 2025 ALCONPAT Internacional

ejes ubicados debajo del sistema de enfriamiento, expuestos preferencialmente a la trayectoria del flujo de aire de estos y afectados por el movimiento vibracional de sus componentes.

5 REFERENCIAS

Andrade Perdix, C. (2020). Rebar corrosion modelling and deterioration limit state. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 10(2), 165-179.

Araujo, C., Morón, O., T. de Rincón, O., Rincón, J., Bueno, V., Rodríguez Montero, J. (2011). Predicción del tiempo de iniciación de la corrosión en armaduras usando volúmenes finitos. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia*, 34(1), 14-21.

ASTM D-1411. (1999). *Standard test methods for water-soluble chlorides present as admixes in graded aggregate road mixes*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials (ASTM).

ASTM C-876-87. (1987): *Standard test method for half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials (ASTM).

Castro Luque, L., Bolognini, H., Herrera, R. I., Rojas, M. A., Anzola de Partidas, E. I. (2008). Evaluación de la corrosión en elementos de concreto armado expuesto al ambiente marino. *Gaceta Técnica de Ingeniería Civil*, 7(1), 33-38.

Duffó, G. S., Farina, S. B. (2019). Corrosión en estructuras de hormigón armado: un fenómeno bien conocido pero que aún sigue causando considerables daños. *Ciencia e Investigación*, 69(4), 51-65.

Feliú, S., González, J. A., Andrade, C. (1996). Electrochemical methods for onsite determinations of corrosion rates of rebars. *ASTM Special Technical Publication*, 1276, 107-118.

Millano, V., Troconis de Rincón, O., Sánchez, M., Fernández, M., Fernández, R., Campos, W., Delgado, S., Guanipa, J., Delgado, J. (2011). Evaluación y criterios de rehabilitación de la estructura de concreto reforzado de una refinería en un medio marino-costero. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 1(2), 102-117.

Rincón, O. T., Carruyo, A. R., Andrade, C., Helene, P. R. L., Díaz, I. (1997). *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado*. Rio de Janeiro: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

Poursaee, A. (2016). *Corrosion steel in concrete structures*. 1st edition. Amsterdam: Elsevier Ltd.

Tuutti, K. (1982). *Corrosion of steel in concrete*. Stockholm: Swedish Cement and Concrete Research Institute.

CTI STD-163. Cooling Technology Institute (2015). Standard for Vibration Limits in Water Cooling Towers.

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Lecciones aprendidas de una falla por punzonado como ventana a la detección de un problema mayor: la corrosión

C. Ceballos[1]*, A. Urich[1], R. Scannone[1]

*Autor de Contacto: cesarcballos@email.com

RESUMEN

Una losa para estacionamiento de vehículos livianos presentó una falla local por punzonado al pasar un montacargas. La consulta inicial se centró en la sobrecarga, pero dada la ubicación costera y la corrosión en los escombros, se decidió realizar un estudio integral, incluyendo otras zonas adyacentes al colapso. El análisis demanda-capacidad reveló que la losa podía soportar la sobrecarga en su estado nominal, pero en su condición actual, la corrosión debilitó la estructura, siendo uno de los factores condicionantes de la falla. Mediante ensayos, se detectaron daños por corrosión en el 70% del área, por lo que se decidió su reconstrucción. Este caso de estudio se presenta como ejemplo del protocolo de acción en la patología estructural de obras existentes.

Palabras clave: diagnóstico; reparación; losa de concreto; punzonado; corrosión.

[1] B.R.S. Ingenieros C.A., Caracas, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Se presenta un caso de estudio con el objetivo de analizar en profundidad las causas de un colapso local en una losa de estacionamiento en un edificio ubicado en el litoral venezolano.
El incidente, ocurrido el 13 de septiembre de 2023, generó una lógica preocupación entre los propietarios del edificio, por lo cual se solicitó una investigación técnica sobre lo ocurrido.
Este trabajo presenta los resultados de la patología estructural del colapso, incluyendo el procedimiento realizado para determinar la causa de la falla y la solución más factible para restaurar la losa a su estado original.
La investigación abarcó la evaluación del área completa de la losa, a pesar de que el colapso se produjo en un sector reducido. Esto se consideró necesario debido a que durante la inspección preliminar se detectaron diversos síntomas patológicos que llevaron a considerar otros factores. La primera acción ante lo observado fue suspender el uso del estacionamiento por seguridad hasta culminar la investigación y restituir la losa.

2 PROCEDIMIENTO

El procedimiento comenzó con la patología estructural, que comprendió el estudio, diagnóstico y recomendaciones de intervención; posteriormente, se ejecutó la obra de acuerdo con estos resultados.
En la fase de estudio se realizó una inspección visual para conocer la geometría de la estructura y la sintomatología presente después del siniestro, lo que también permitió orientar la ubicación de los ensayos; luego se realizó la prueba táctil-auditiva o “prueba de la cadena” para determinar si existía delaminación en el concreto; seguidamente, se tomaron núcleos de concreto para confirmar los resultados anteriores y conocer las características de la losa y su condición interna; finalmente, para comprobar la verdadera causa del colapso, se realizó un análisis demanda-capacidad considerando la obra “como construida” según los resultados de las pruebas anteriormente citadas.
Para el diagnóstico y proyecto de intervención se analizó de forma concatenada toda la información antes mencionada y se elaboraron los planos, especificaciones, partidas y cómputos métricos.
Finalmente, una empresa contratista desarrolló la obra bajo la inspección del proyectista.

3 RESULTADOS

3.1 Patología estructural

3.1.1 Antecedentes

Se trata de un colapso local ocurrido en una losa descubierta en el lado sur del edificio, (Figura 1). La losa, con una superficie aproximada de 380 m², está conformada por una estructura de sección mixta de sofito metálico y concreto, apoyada sobre 19 vigas de acero tipo IPE separadas por una luz de 1,65 m. Las vigas, a su vez, están construidas con una pendiente del orden del 1,5%. La losa está destinada al estacionamiento de vehículos livianos y al tránsito peatonal.
El siniestro fue provocado por el tránsito de una máquina tipo montacargas cuyo modelo exacto se desconoce, así como también la magnitud de la carga que llevaba consigo. Sin embargo, fue suministrada una fotografía del equipo el día del siniestro (Figura 2) y la información de que éste transportaba material de revestimiento cerámico de peso considerable.

Durante el tránsito del montacargas ocurrió una falla por punzonado originando un colapso puntual en la losa, lo que dejó una abertura irregular de aproximadamente 1.50 m². A pesar de lo sucedido, la máquina logró retirarse del lugar sin sufrir daños; tampoco hubo heridos en el nivel de planta baja ni en el nivel del sótano por la caída de los escombros.

La sospecha inicial sobre la causa del siniestro fue una sobrecarga originada por el montacargas; sin embargo, se decidió hacer un estudio integral de toda la losa, debido a la evidencia de síntomas de corrosión en los escombros, la cercanía de la estructura a la costa marina, empozamiento de aguas y algunas grietas en el resto de la superficie, inclusive en sectores alejados del colapso.

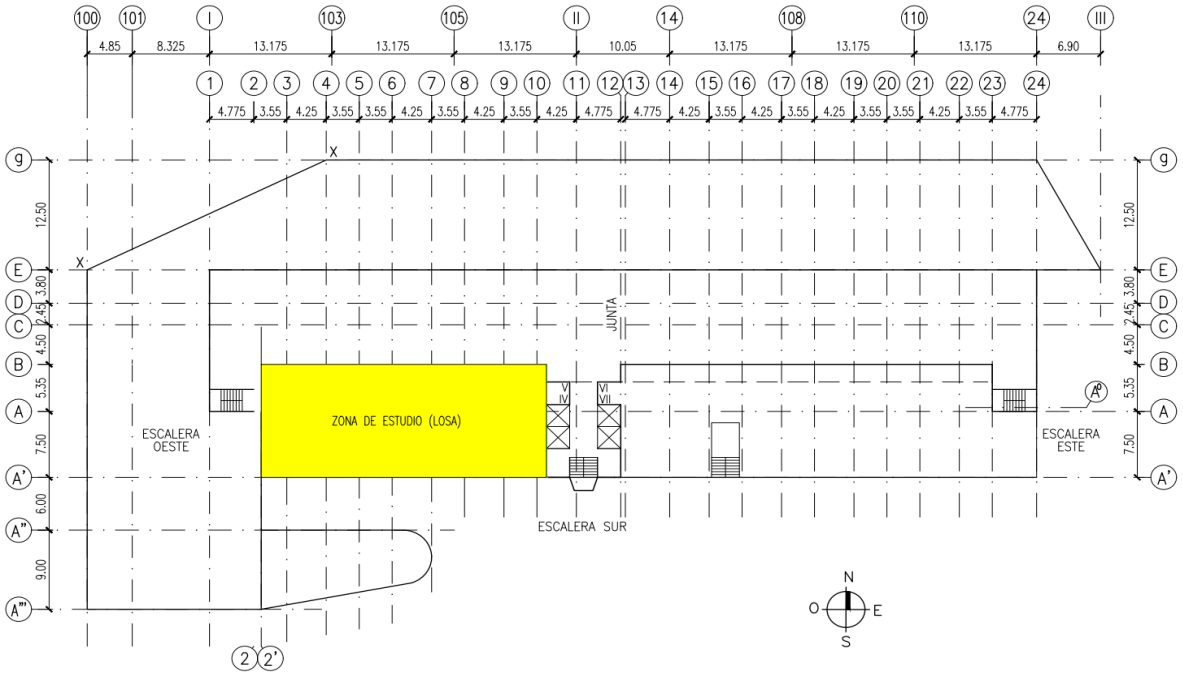


Figura 1. Planta de ubicación del área en estudio



Figura 2. Montacargas siendo retirado el día del siniestro

© 2025 ALCONPAT Internacional

3.1.2 Inspección visual

La Figura 3 muestra un resumen de las áreas evaluadas y los principales resultados, a continuación, se presentan los detalles.

En la inspección se observó una abertura de 1,50 m² en una zona puntual ubicada en el lado norte-centro de la losa. Desde el nivel sótano se observaron escombros con corrosión en la malla de acero de refuerzo y también en el sofito metálico (Figura 4 y 5).

Durante el recorrido se evidenciaron diversos síntomas que indican que la losa ya poseía un deterioro previo, tales como manchas oscuras en la superficie del concreto por el empozamiento de agua, 4 drenajes parcialmente obstruidos por sedimentos y hojas, fisuras aleatorias en gran parte de la superficie, más anchas en las cercanías del punto del colapso. También se observó deterioro y signos de filtraciones en las juntas de dilatación ubicadas en todo el contorno de la losa.

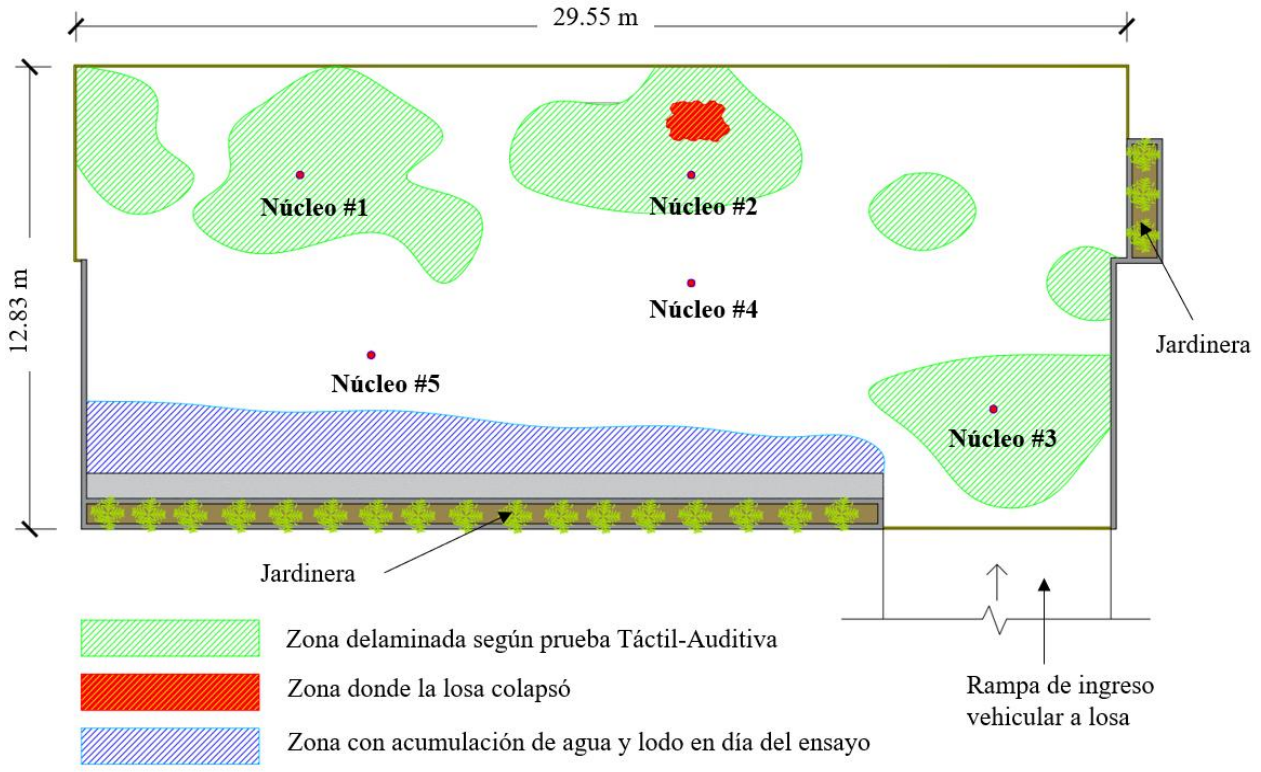


Figura 3. Resultados de la inspección visual, prueba de la cadena y ubicación de núcleos



Figura 4. Zona de la falla, vistas superior e inferior



Figura 5. Evidencia de corrosión en escombros

3.1.3 Prueba Táctil-Auditiva ("Prueba de la cadena")

Se realizó la "prueba de la cadena" para detectar e identificar las zonas con delaminación del concreto. La prueba consiste en arrastrar unas cadenas metálicas sobre la superficie de la losa, la cual emite un sonido característico, hueco u opaco, en las zonas que presenta vacío por la delaminación (Figura 6).



Figura 6. Prueba Táctil-Auditiva – "Prueba de la Cadena"

© 2025 ALCONPAT Internacional

Esta prueba permitió hacer un mapa de las áreas afectadas. Se detectaron 6 zonas con delaminación, concentradas hacia los sectores norte y este de la losa (Figura 3).

3.1.4 Núcleos de concreto (core-drills)

Se extrajeron 5 núcleos, 3 en las zonas donde se detectó delaminación del concreto con la prueba de la cadena y 2 en las zonas donde se detectó concreto firme y "sano". (Figura 3)



Figura 7. Extracción de núcleos

En los 3 núcleos extraídos en las zonas afectadas se confirmaron síntomas de corrosión y delaminación del concreto en el plano de la malla de acero de refuerzo, mientras que los 2 núcleos extraídos en las zonas detectadas previamente como "sanas" no mostraron estos síntomas, confirmando los resultados de la prueba de la cadena. A continuación, se muestran esquemas y fotografías de los 5 núcleos (Figuras 8 a 12).

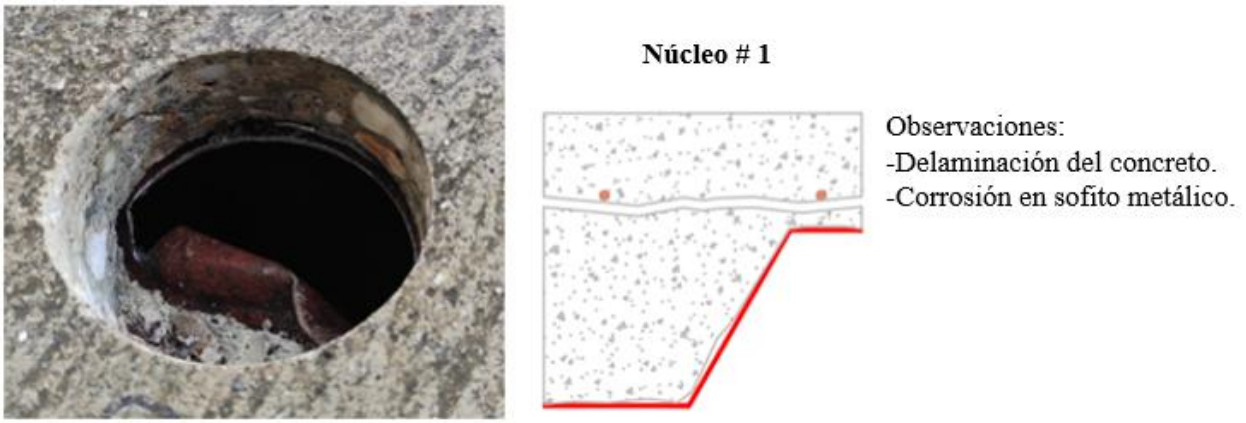


Figura 8. Núcleo #1 (Zona afectada según prueba Táctil-Auditiva)

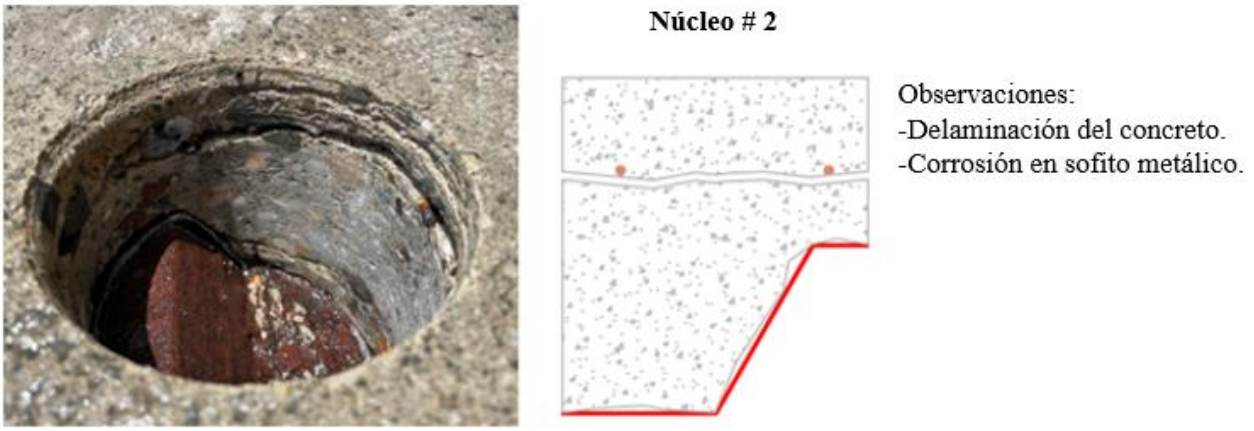


Figura 9. Núcleo #2 (Zona afectada según prueba Táctil-Auditiva)

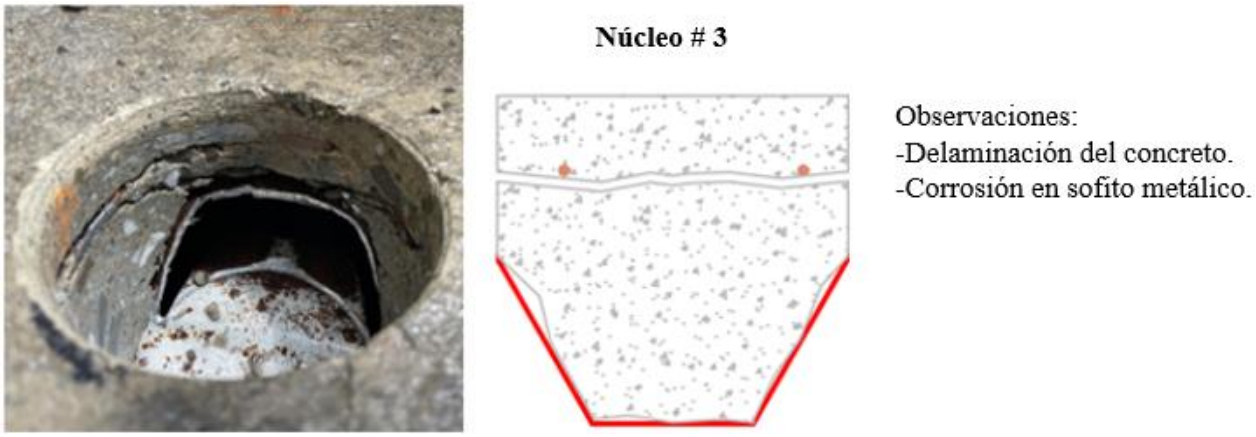


Figura 10. Núcleo #3 (Zona afectada según prueba Táctil-Auditiva)

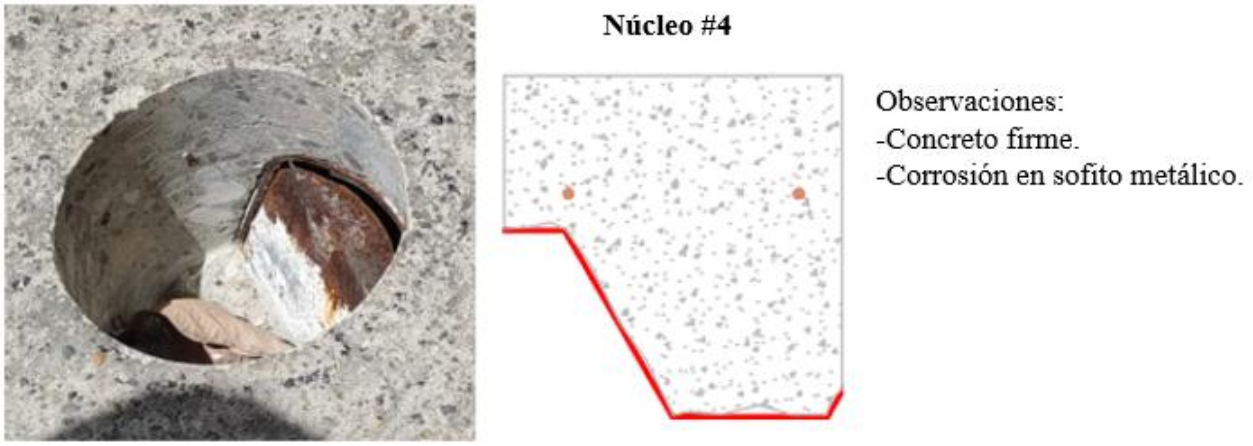


Figura 11. Núcleo #4 (Zona "sana" según prueba Táctil-Auditiva)

© 2025 ALCONPAT Internacional

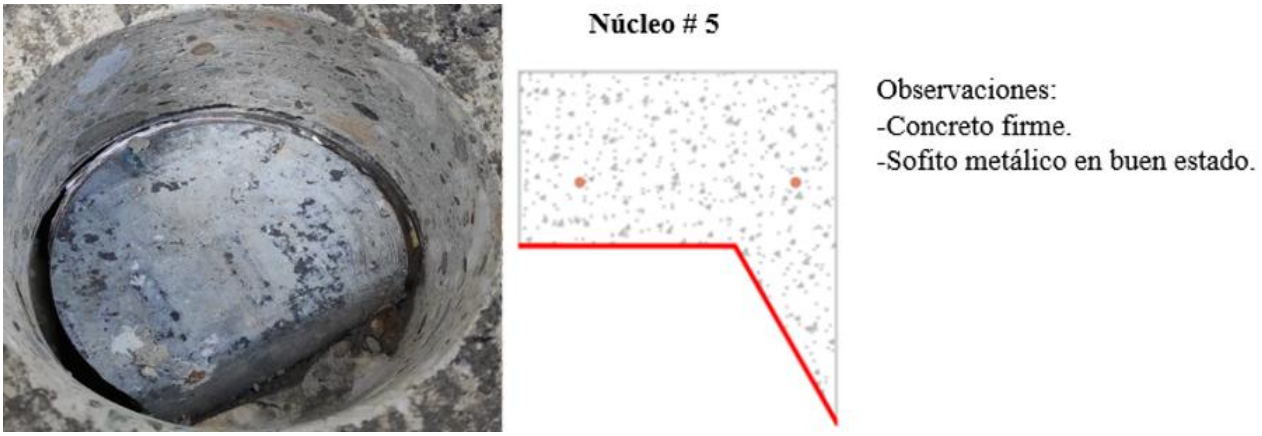


Figura 12. Núcleo #5 (Zona "sana" según prueba Táctil-Auditiva)

Se comprobó que la losa tenía daños generalizados por corrosión en los sectores norte y este, no solo en las zonas con delaminación, sino que también se encontraron indicios de corrosión en el sofito metálico en áreas cercanas a las zonas delaminadas (Figura 11). El sector suroeste no mostró evidencias de corrosión (Figura 12).

3.1.5 Análisis demanda-capacidad

Se realizó una verificación analítica de la relación demanda-capacidad ante carga de punzonado según las Normas Venezolanas COVENIN 1618-98 "Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites" y COVENIN 2002:88 "Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones".

El análisis se realizó considerando, tanto la condición de la estructura sana, como la condición de afectación por la delaminación motivada por la corrosión detectada. Para estimar la capacidad se empleó la siguiente ecuación:

$$\phi V_{pr} = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) 0.2\, \lambda \sqrt{F_c}\, b_o\, h_c \qquad (1)$$

Donde,

V_{pr}= Resistencia teórica al corte por punzonado.

b_o = Perímetro de la sección crítica.

h_c = Espesor de la losa de concreto por encima del sofito metálico.

β_c = Relación del aspecto del área de aplicación de la carga concentrada o área de reacción.

λ = 1.0 para concreto de peso normal.

F_c = Se asumió una resistencia a la compresión del concreto de 250 kg/cm².

Φ = Factor de minoración de resistencia (0,75)

Con base en las observaciones sobre los núcleos extraídos, se consideró un espesor nominal de la losa de 10 cm, con un espesor de concreto sobre la cresta del sofito metálico que varía entre 4 y 6 cm. Para el cálculo de la capacidad a punzonamiento de la sección sana se usó conservadoramente

un espesor de 4 cm en la sección crítica. Para el caso de las secciones con delaminación, el espesor de la sección crítica se reduce hasta menos de 3 cm, por lo que se consideró e= 2,5 cm en el cálculo. La resistencia al corte por punzonado de la losa en su condición nominal, sana, es de 2.160 kgf, mientras que para las zonas con delaminación se estima una capacidad de 1.240 kgf. Considerando que la carga mínima de diseño por punzonado en estacionamiento para vehículos livianos es de 900 kgf, se tiene que la losa en su condición sana es conforme, con un factor de seguridad de 2.4. En su condición actual, con daños, tiene un factor de seguridad más bajo, siendo menor a 1.4, pero aún soportaría la carga asociada a su condición de uso de diseño (vehículos livianos).
Si ahora se consideran las acciones probables generadas por el montacarga, estimadas en cerca de 2.000 kgf en las ruedas más cargadas, es evidente que estas acciones superaron por un alto margen la capacidad de la estructura en las zonas delaminadas, e inclusive estuvieron en el orden de magnitud de la capacidad resistente de la sección en su condición sana (sin corrosión).

3.2 Diagnóstico y recomendaciones de intervención

Se diagnosticó que la losa poseía un deterioro generalizado por corrosión en el acero de refuerzo y sofito metálico, lo cual redujo significativamente su capacidad de carga. Al transitar la máquina tipo montacargas por una de las zonas afectadas por la corrosión ocurrió una falla por punzonado y la losa colapsó en un área puntual.
Al detectar y unificar las áreas afectadas que se mostraron previamente (Figura 3), se identificó un sector de la losa en el lado norte y en el lado este, en forma de “L”, que requería ser intervenido (Figura 13).

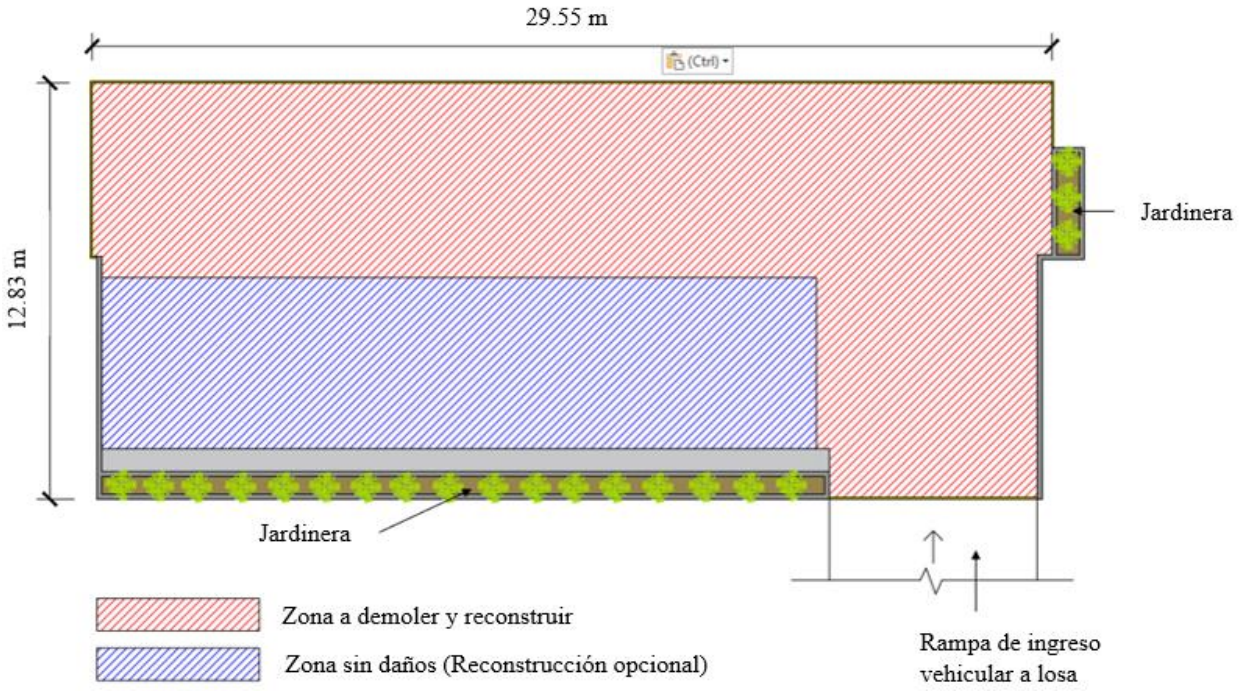


Figura 13. Mapa de zonas a demoler y reconstruir.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Este sector representaba casi el 70% del área total de la losa. El área restante, era una zona en el lado suroeste que no tenía daño y que formalmente no requería una intervención; sin embargo, dado que representaba apenas un 30% del área total, se planteó, opcionalmente, reconstruir también este sector. La reconstrucción total tendría el beneficio de evitar uniones y facilidades para corregir las pendientes y las filtraciones en las juntas.

Se especificaron los siguientes criterios para garantizar la durabilidad de la obra:

- Utilizar un concreto con baja relación agua-cemento, alto contenido de cemento y con adición de fibras de polipropileno para garantizar la alcalinidad e impermeabilidad,
- Proporcionar un espesor de recubrimiento del acero de refuerzo de al menos 3cm.
- Reconstrucción de las juntas perimetrales.

3.3 Obra de reconstrucción

Finalmente, tomando en cuenta las recomendaciones y los presupuestos de reconstrucción solicitados a distintas empresas, el cliente tomó la decisión de intervenir el 100% de la losa, incluyendo unas jardineras que posaban encima de ella (Figura 14).
La reconstrucción (Figura 15) se realizó devolviéndole a la losa su condición nominal, utilizando sofito metálico del mismo calibre y malla de acero con área de sección equivalente a la original.
Para garantizar la durabilidad se tomaron en cuenta los criterios y recomendaciones sugeridas en el trabajo de investigación. También, aprovechando la obra, se saneó el tope de las vigas de acero tipo IPE donde reposa la losa.



Figura 14. Obra de demolición.



Figura 15. Instalaciones y vaciado.

4 CONCLUSIONES

Se presentó un caso de estudio donde una falla por punzonado en una losa de estacionamiento dio lugar a la detección de un problema mayor, la corrosión. A pesar de que inicialmente el propietario consultó específicamente sobre la falla local por punzonado, sospechando que se trataba de una sobrecarga, en la inspección preliminar se observaron síntomas de corrosión y se decidió ampliar la investigación.

Los resultados de la patología estructural revelaron daños ocultos generalizados por corrosión en la estructura. La falla por punzonado ocurrió en un área donde el concreto presentaba delaminación y corrosión tanto en el acero de refuerzo como en el sofito metálico, por lo que a pesar de que hubo un uso indebido de la losa, el deterioro previo que ésta poseía fue una de las principales causas de la falla.

Como reflexión de este caso de patología, destaca la importancia de realizar un estudio integral en lugar de limitarse únicamente a la porción visualmente afectada; también la necesidad de usar criterios de durabilidad, tanto en la construcción de obras nuevas como en los proyectos de intervención de construcciones existentes.

5 REFERENCIAS

COVENIN (1998). *COVENIN 1618:1998 Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados límites (1ra Revisión).* Venezuela.

COVENIN (1988). *COVENIN 2002:88 Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones.* Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Levantamiento de fallas en miembros estructurales del Decanato de Ciencias de la Salud de la UCLA

M. Olavarrieta[1] *, A. Valero[1], F. Rodríguez[1].

* mariaalice@ucla.edu.ve

RESUMEN

El decanato de ciencias de la salud, empezó a ser construido en 1974, posee dos niveles con un área de construcción de 12.744,08 m^2 y una planta de techo de 11.333,81m^2. Este estudio identificó las principales fallas en miembros estructurales de la edificación, a través de la observación visual, obteniendo la mayor frecuencia de síntomas patológicos en el techo, siendo la rotura del manto asfaltico un 34.09%; en la planta alta y baja respectivamente, la eflorescencia representa un 42.34%, y 64.29% del total de síntomas. La falta de mantenimiento de la impermeabilización, desencadenó el deterioro del techo, por ello se debe realizar un plan de mantenimiento para el sub-sistema de estructura, techo y de drenaje que mitigue el ingreso de humedad y sus consecuencias sobre los miembros afectados.

Palabras Clave: Concreto Armado; Durabilidad; Humedad; Fallas de mantenimiento.

[1] Departamento de Ingeniería en Construcción, Decanato de Ingeniería Civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente en Venezuela, muchas edificaciones de concreto armado se ven afectadas por la disminución de su vida útil, para la fueron diseñadas, dejándolas vulnerables ante la posibilidad de colapso. Uno de los factores a tomar en cuenta, en las estructuras de concreto armado, es su falta de durabilidad ante efectos ambientales, mostrando la poca importancia dada en la etapa de diseño, a la evaluación de las condiciones de exposición y servicio de los miembros estructurales, lo que se traduce en su deterioro acelerado, con sus correspondientes problemas operativos, mantenimiento, costos de reparación y disminución de su vida útil (Malavé R, 2013).

A lo largo del tiempo, las edificaciones tienden a verse deterioradas y empiezan a mostrar problemas físicos, mecánicos o químicos, en elementos como muros, columnas, vigas, pisos, entre otros. Estos deterioros o daños comprometen el estado de una edificación y su funcionalidad, lo que la hace vulnerable ante agentes externos, poniendo en riesgo la vida de los usuarios (Herrera, 2017).

Se puede encontrar que las obras civiles del país, son más resistentes que durables y que no se haya tenido en cuenta algunos factores que pueden perjudicar a las estructuras de concreto armado, como lo estipula la norma (Norma Técnica Fondonorma para la Durabilidad de Concreto - NTF 4.015: 2012). También, es inusual encontrar un manual de mantenimiento e inspección rutinaria, un punto muy importante para la durabilidad de la edificación, de allí surgen algunas de las fallas patológicas. Es necesario realizar el monitoreo de forma periódica a las construcciones realizadas y tener una programación de trabajos que mantengan la operatividad de sus funciones en unos niveles aceptables según su edad, para conservar las estructuras, haciendo uso de la norma, sus especificaciones son de mayor relevancia cuando se trata de edificaciones educativas.

En el sector educativo de Venezuela, se puede observar poco mantenimiento en sus construcciones, que según la norma COVENIN 1756-1:2019 se clasifican dentro del grupo A1 y se refiere a edificaciones de carácter esencial, de funcionamiento vital, en condiciones de emergencia o cuya falla pueda dar lugar a cuantiosas pérdidas humanas o económicas. Es por ello que esta investigación se une a otras en pro del fortalecimiento de la línea de investigación que desarrolla el Decanato de Ingeniería Civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado de Barquisimeto (DIC- UCLA).

2 PROCEDIMIENTO

Esta investigación, se realizó en el Estado Lara, en el Decanato de Ciencias de la Salud de UCLA. que tiene una edificación de concreto armado acabado obra limpia, situada en Barquisimeto, Municipio Iribarren, Parroquia Catedral. Durante la inspección preliminar se recopiló información que permitió construir la hoja de vida de la estructura, basada en entrevistas y exámenes visuales. Posteriormente, se realizó el levantamiento planimétrico de todo el complejo, donde se identificó las principales fallas del sub-sistema estructural, y techo que componen la edificación logrando la caracterización de las fallas observadas y consideración de algunas hipótesis de causa.

En el trabajo “Patología Estructural en la Institución Educativa Nueva Granada, Municipio Dosquebradas, Colombia”, de la Universidad Libre Seccional Pereira, (Campiño S, 2018), evaluó la institución con el fin de identificar sus fallas o problemas estructurales y lo realizaron en tres fases, la primera, se efectuaron dos inspecciones para obtener información de la edificación, a través de un levantamiento daños y registro fotográfico, acompañado de ensayos no destructivos.

En la segunda fase, realizó dibujos o delineamiento de planos utilizando el software ETABS, para apreciar fallas de diseño estructural y en la fase tres, planteó estrategias para el mejoramiento y reforzamiento de la estructura. Todo ello, determinó que la estructura presenta fisuras y grietas, en elementos no estructurales como andenes, pasillos y placas del patio. Además, según el ensayo de esclerometría se llegó a la conclusión, que el concreto no fue afectado y se encontraba en buen estado, en la fase dos, se comprobó que la edificación cumple las derivas y los índices sobre esfuerzo. Finalmente, en la fase tres, se presentó una serie recomendaciones a los Entes Gubernamentales, en el cual se destaca, realizar un mantenimiento preventivo a los elementos no estructurales de la Institución Educativa Nueva Granada.

El trabajo de grado titulado "Patología Estructural del Sub- Sótano del Hospital Central de la Fuerza Armada Dr. Carlos Arvelo, Ubicado en la Urbanización San Martín, Parroquia San Juan del Municipio Libertador, Distrito Capital" en la Universidad Nueva Esparta, (Ceballos C 2015), efectuó el estudio patológico en miembros estructurales del Sub-Sótano del Hospital para obtener un diagnóstico de los síntomas encontrados y proponer soluciones. Se realizaron inspecciones previas al lugar donde lograron identificar los síntomas patológicos, apoyándose de reportes fotográficos y planillas. Además, se llevó a cabo una inspección detallada a los elementos, aplicando ensayos de esclerometría y profundidad de Carbonatación. Entre los daños identificados se encontró: perdida de friso, acumulación de agua, humedad, filtración, corrosión, eflorescencia, fuga de agua y acero expuesto. Finalmente concluyó que se deben realizar un mantenimiento correctivo y preventivo para garantizar la seguridad de la comunidad que labora en el Hospital, a su vez presentaron recomendaciones.

En el trabajo de grado titulado "Caracterización de las principales fallas en la edificación del decanato de ciencias de la salud de la UCLA", (Olavarrieta M., Valero A., Rodríguez F 2023) presenta como principales objetivos, hacer el levantamiento planimétrico de la edificación del Decanato de Ciencias de la Salud y elaborar el informe de Pre-diagnóstico de las principales fallas de la edificación del Decanato de Ciencias de la Salud. Para ello se definió el estudio patológico, según el alcance posible, como lo establece (Broto C., 2005), se trata de un análisis exhaustivo del proceso patológico, con el objetivo de alcanzar las conclusiones que permitan proceder a la siguiente reparación. Este debe seguir las líneas inversas al proceso, yendo del efecto a las causas, pasando por tres estudios necesarios de síntomas o efecto, evolución y origen o causas. Todos los autores coinciden en que el mencionado análisis debe ser metódico y exhaustivo, para debe ser preciso. De este trabajo especial de grado, se desprende este artículo.

De esta manera y a la vista de los distintos tipos de elementos estructurales que puedan componer un edificio y de los diferentes procesos patológicos que pueda afectar a su integridad, habrá que analizar las actuaciones que se pueden llevar a cabo para asegurar la permanencia de su funcionamiento constructivo. Habrá que realizar un planeamiento general para asegurar que la función constructiva del elemento estructural permanezca inalterada. (Broto C., 2006).

El manual de Inspección (Troconis O, 1997), establece una secuencia de actividades que permiten de manera planificada, realizar un levantamiento de sintomatología de fallas en una edificación, en este estudio se aplica lo descrito en el manual.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Inspección preliminar y primera fase del proceso en donde se realiza un reconocimiento inicial, a fin de conocer como se ha estructurado, cuál es su forma o geometría, que materiales lo conforman, cuál es la condición ambiental que lo envuelve y cuáles pueden ser los factores externos que pudieran afectarle, además de la información general de la edificación, su condición de uso, el estado actual de los elementos componentes de la estructura de los sistemas vinculados, se detectan los primeros síntomas de fallas para así establecer una primera valoración intuitiva, soportada por los conocimientos y las experticias de los técnicos encargados.

Elaboración de la ficha de antecedentes procura recoger información referente a la edad de servicio de la estructura, naturaleza y procedencia de los materiales, dosificación y resistencia característica del concreto, tecnología de fabricación, edad de inicio del problema, reparaciones anteriores, eventuales cambios de uso, forma de construcción (por etapas), comportamiento ante sismos ocurridos, tipo de mantenimiento realizado, y del ambiente la información que permita caracterizar su agresividad sobre la estructura y demás sistemas componentes de la edificación.

El examen visual de la estructura, determina si el problema se presenta por igual, en todos los elementos de las mismas características o si existen diferencias, por alguna causa localizada. Para ello debe realizarse un examen diferenciado por sub sistema y elementos, registrando los signos de fallas y caracterizando las manchas, fisuras, desprendimientos, degradación, humedad, eflorescencia, abombamientos y oquedades. (Sotomayor C., 2020).

Con esta información tomada en las inspecciones, precede hacer el respectivo pre diagnóstico, generando las hipótesis de causas de todas las fallas encontradas en el sub sistema estructural y sub sistemas desencadenantes. (Cánovas, 1994).

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS.

Antes de analizar, los resultados obtenidos en cada fase del procedimiento metodológico del Manual de Inspección (Troconis O 1997), se muestra un contexto general, de la estructura en estudio, a fin de evidenciar la influencia que tiene el medio ambiente de acuerdo a su ubicación, conocer los antecedentes del Decanato y describir características más resaltantes. Información que sirvió para el desarrollo de la investigación

El Decanato de Ciencias de la Salud de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, está dedicado a la formación de profesionales a través de los Programas de Medicina y Enfermería, se encuentra ubicado en la Av. Libertador con Av. Andrés Bello al lado de Hospital Universitario “Antonio María Pineda”, Parroquia Catedral del Municipio Iribarren, Barquisimeto Estado Lara.

De acuerdo al registro anual del Instituto nacional de meteorología e hidrología INAMEH las temperaturas y humedades relativas medias del aire, tomadas de las 71 Estaciones Climáticas, situadas en algunas partes del territorio nacional, se consideró la más próxima a la zona de estudio, en este caso el Aeropuerto de Barquisimeto, estación 1282. Se obtuvo que la temperatura media oscila entre 24,1 °C y 25,5 °C y la humedad relativa media entre los 65,5% y 74% por tanto, la estructura se encuentra en un ambiente urbano con aproximación a humedades relativas superiores a los 70%, clasificando en la designación C3 según la clase de exposición relacionada con las condiciones ambientales de la Norma NTF 4015-2012.

El Decanato se encuentra en la Av. Libertador, es una de las arterias viales más importante del estado Lara, motivo por el cual tiene gran afluencia de vehículos livianos y pesados, que circulan durante las 24 horas del día y generan una elevada concentración de dióxido de carbono en el ambiente, agente junto a la humedad relativa superior 70% presente en la atmósfera, reacciona con los componentes alcalinos del concreto, activando posiblemente el proceso de carbonatación. Es así que se afectan las estructuras adyacentes a dicha avenida, situación que lleva a inferir probablemente la aceleración del proceso corrosivo a lo largo de los años de algunos elementos.

La construcción del decanato, fue iniciada en 1974 y culminada en 1987, cuenta con una matrícula de 996 estudiantes de medicina y 267 de enfermería, 330 docentes, 40 empleados administrativos, 12 Aseadores y 11 Vigilantes. Se construyó bajo la Norma Sísmica Provisional de 1967 en virtud a la actualización de la Norma de 1955, por el terremoto ocurrido en la cuidad Caracas en ese mismo año.

La edificación del Decanato de Ciencia de la Salud, es una estructura aporticada de concreto armado, acabado obra limpia, de dos niveles, y seis (06) módulos adosados mediante juntas de dilatación. Posee piso de granito, cerramientos de bloques de arcilla revestidos con azulejos, columnas de amplias luces, losa de entrepiso y losa de techo tipo reticular y aberturas en las losas para la entrada de luz natural al recinto. El área de construcción es de 12744.08 m^2 para planta baja y alta respectivamente y de 11333.81m^2 para planta techo, en forma rectangular en vista de planta, constituida por mezzanina, salones, oficinas, una biblioteca, laboratorios, un auditorio, baños, áreas circundantes, estacionamientos, escaleras, rampas, y cancha deportiva.

3.1 Levantamiento planimétrico

Se realizaron los planos de la planta de la estructura en estudio, con el fin de cuantificar los elementos afectados por fallas, según el levantamiento sintomatológico. En la figura 1, correspondiente a la planta techo, con una edificación rectangular, con seis módulos. Se observa el registro y análisis de las fallas detectadas, consideradas de mayor importancia, logrando una mejor visualización en las fichas técnicas.

3.2 Levantamiento de sintomatología de fallas

Se realizaron planillas de “levantamiento de sintomatología de fallas” como registro de estas fallas del subsistema estructural, de la planta baja, planta alta y condiciones de la planta techo. Este registro tiene un encabezado, que es común para todos los registros, donde se identifica el estudio, su ubicación geográfica, sistema estructural, uso, número de pisos, área de construcción edad y fecha de la inspección. Esta cuadrícula tiene una imagen referencial, el croquis levantado, donde se identifica la localización de la falla, la descripción pormenorizada de la misma, el registro fotográfico y el planteamiento de una o varias hipótesis que pudieran ser las causantes del desarrollo de la falla, esta información será necesaria para establecer el plan de muestreo posterior, para descartar las causantes y establecer el diagnostico correspondiente. Ver ejemplo en la figura 2.

El levantamiento se registró en la planilla de inspección, para el análisis de las posibles causas patológicas presentes. Se realizaron fichas de “descripción y antecedentes de la estructura” en la planta baja, planta alta y planta techo, donde se menciona la extensión y gravedad de las fallas más frecuentes, el croquis general de la planta correspondiente, la representación fotográfica y

© 2025 ALCONPAT Internacional

antecedentes de la estructura. En esta planilla se resume de forma general las fallas encontradas, observando en los miembros estructurales de la planta baja y la planta alta, eflorescencias, sangrado, humedades, exposición de acero del refuerzo, desprendimiento del concreto, fisuras y grietas. En la planta techo se identificó en el manto asfaltico, agrietamiento, desprendimiento, manchas, rotura y además problemas con las pendientes, que permiten el estancamiento del agua. Según la inspección visual se pueden establecer algunas hipótesis de las causas de fallas, se infiere proceso de lixiviación, como consecuencia de la penetración de agua a través de la losa de techo, por el envejecimiento del manto asfaltico, que permite la reacción química del agua con los componentes alcalinos del concreto, normalmente los hidróxidos de calcio, precipitando en forma de carbonato de calcio, por la coloración de sus manchas. En los sectores de la losa de techo donde el agua de lluvia o desagües del aire acondicionado que se estancan, se pudo observar por la parte inferior de la losa, presencia de estalactitas. Se pudieron determinar espesores de recubrimientos bajos, en algunos miembros donde ya estaba a la vista el acero de refuerzo. Estos factores combinados permiten la acidificación del concreto, cuyo pH normal es superior a 12, y lleva a la perdida de la protección química que provee la capa pasiva en el acero de refuerzo embebido. En presencia de humedad se observan manchas de sangrado provenientes de la oxidación y posterior corrosión del acero, provocando su expansión, el desprendimiento del concreto.

Una vez analizada toda la información, la misma se representa en la planilla resumen por cada módulo y piso, donde se presenta el croquis, las fallas en los miembros estructurales, con su respectiva leyenda, identificadas como establece (Troconis O., 1997), que pueden ser, fisuras, grietas, eflorescencia, manchas de óxido, humedad, concreto fofo, desprendimiento de concreto, delaminación del acero y perdida de friso. Ver ejemplo en la figura 3. En la tabla 1, se muestra la tabulación por modulo, de las fallas identificadas y contabilizadas, que sirve de insumo para la elaboración de los diagramas de Pareto, como muestra la figura 4.

Se procedió a caracterizar las principales fallas seleccionadas por módulo, utilizando como herramienta el diagrama de Pareto, también conocido como Ley 80-20, indicando la frecuencia de aparición de las fallas en el eje de la ordenada izquierda y su correspondiente acumulado en la ordenada derecha, necesaria para identificar con mayor facilidad las fallas más vitales y triviales, que permitan definir un plan de acción, prioritario para la falla con mayor índice de importancia y atender el módulo más afectado, con el fin de detener el deterioro progresivo de la estructura.

Se evidenció que la falla con mayor incidencia en la Planta Alta del Decanato de Ciencia de la Salud es la eflorescencia con una frecuencia acumulada del 42.34 %, seguidamente de las manchas de humedad con un 63.06% y manchas de óxido con una valoración de 81,08%. Las fallas de mayor frecuencia que se ubican en el 80% del diagrama fomentan el deterioro de la estructura, manifestaciones que se deben a la filtración agua proveniente de la planta techo, debido al envejecimiento del manto asfaltico. Se procedió a realizar 2 diagramas de Pareto de apoyo, para identificar, cuáles son los módulos y elementos más afectados.

Además, se realizaron diagramas de Pareto para identificar los módulos del decanato más afectados y el miembro estructural con mayor repetición de síntomas, dando como resultado que los módulos 1, 3 y 4 tienen mayor frecuencia de fallas y el elemento con más incidencia, es la losa de entrepiso y la viga, y se debe principalmente a la falta de mantenimiento en la junta de dilatación de los

módulos. Este procedimiento se realizó para la planta baja y planta techo. Un dato importante, de esta problemática es, que la mayoría de las juntas de dilatación no tienen el debido aislante y ninguna ha recibido algún mantenimiento, por ello el agua tiene más canales de ingreso, perjudicando más elementos, ccabe destacar, que las fallas en la junta afectan a varios elementos a su vez por su falta de mantenimiento.

Es importante resaltar, que la eflorescencia es la que predomina en los módulos 1, 2, 3 y 4, en la losa de entrepiso y en las juntas de dilatación, este síntoma se debe a la excesiva filtración de agua de las plantas superiores por falta de mantenimiento, requiriendo ser atendidos primordialmente.



Figura 1. Levantamiento planimétrico del Decanato de Ciencias de la Salud, Planta Techo

© 2025 ALCONPAT Internacional

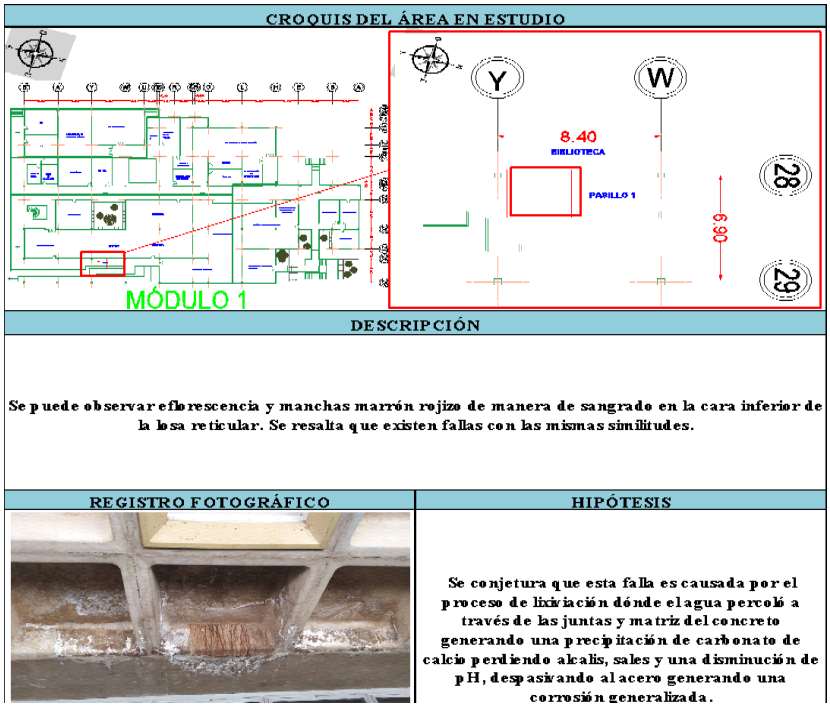
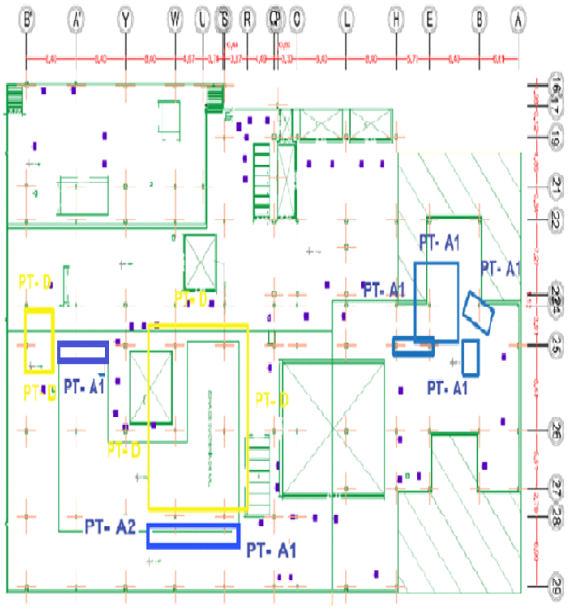


Figura 2. Levantamiento de sintomatología de fallas. Módulo 1. Piso 1.



LEYENDA	
Código	Fallas
PT-A1	Rotura
PT-A2	Agrietamiento
PT-B	Manchas
PT-C1	Levantamiento
PT-C2	Desprendimiento
PT-D	Empozamiento
PT-E	Abombamiento
PT-F	Acumulación de desechos

Figura 3. Planilla resumen con leyenda de fallas. Planta Techo

Tabla 1. Tabla resumen de fallas para el módulo 4.

Módulo 4						
Tipo de Elemento	**Ubicación**	**Localización**	**Falla**	**Ubicación de falla**	**Magnitud**	**Observaciones**
Losa de Techo	V(4-5) Z(4-5)	Externa	Acumulación de desechos	cara superior de la losa, sentido noroeste.	A= 10 m2.	Perímetro de la abertura de la losa. Falta de mantenimiento en áreas verdes.
Losa de Techo	Z(4-5) B'(4-5)	Externa	Empozamiento	cara superior de la losa, sentido sureste.	A= 2.60 m2	Ausencia de pendiente mínima normada. Humedad debajo del equipo de aire acondicionado.

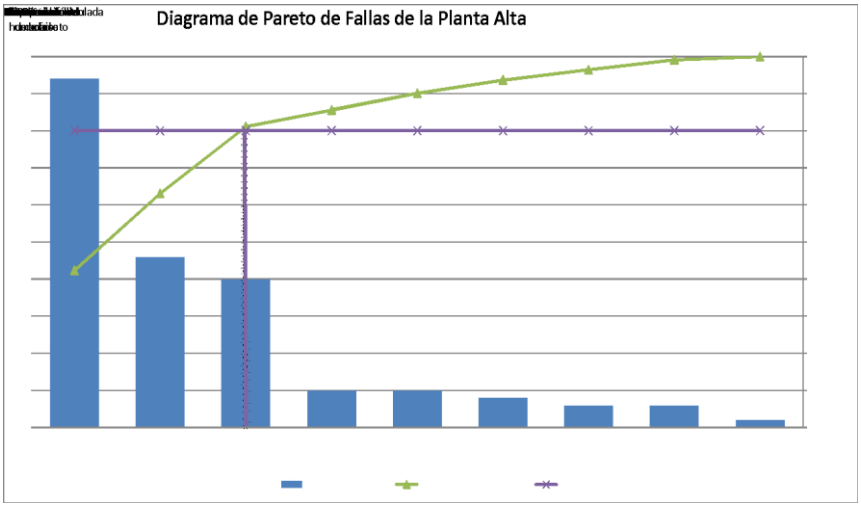


Figura 4. Diagrama de Pareto en fallas de planta alta.

4 CONCLUSIONES

En la evaluación de las condicionantes del entorno, se determinó que el ambiente que envuelve a la estructura del Decanato de Ciencia de Salud, clasifica en la designación C_3, según lo establece las clases de exposición relacionadas con las condiciones ambientales de la norma NTF 4015-2012, que coincide con un ambiente que hace susceptible al concreto a ser carbonatado.

Se evidencio una alta probabilidad que la causa de los daños descritos corresponde a la falta de mantenimiento en el sistema de cubierta de techo, puesto que, el manto asfáltico no ha sido sustituido por muchos años, de acuerdo a declaraciones de las personas que hacen vida en dicha estructura, razón por la cual compromete el funcionamiento y seguridad de la estructura, principalmente del sistema de entrepiso.

Las fallas con mayor frecuencia y extensión son formación de manchas blancas de eflorescencia en la cara inferior de la losa y en algunas columnas y vigas, correspondiente a la lixiviación que sufre el concreto a causa de la filtración de agua de lluvia proveniente de la losa de techo, por el

© 2025 ALCONPAT Internacional

deterioro de manto asfáltico envejecido, permitiendo la percolación a través de la matriz del concreto y manchas marrón-rojizo en la cara inferior de la losa de entrepiso en forma de sagrado, evidencia de la disolución de película pasivante del acero de refuerzo correspondiente a la corrosión causadas posiblemente por la carbonatación, las demás se manifiestan en menor frecuencia.

Del levantamiento planimétrico se constató que la estructura del Decanato de Ciencia de la Salud está conformada por seis módulos, adosados mediante junta de construcción que presentan síntomas visibles de daño

En la inspección visual general, se determinó que las fallas más frecuentes de la estructura en estudio son:

Sub-sistema Estructura.

- ✓ Eflorescencia y Humedad
- ✓ Exposición del acero de refuerzo
- ✓ Desprendimiento de concreto
- ✓ Fisuras y Grietas
- ✓ Manchas de óxido

Sub- Sistema impermeabilización de cubierta de techo. (sub sistema desencadenante)

- ✓ Agrietamiento
- ✓ Rotura del manto asfáltico
- ✓ Manchas
- ✓ Levantamiento del mato asfáltico
- ✓ Estancamiento de agua

Referente a los resultados obtenidos del Diagrama de Pareto, la falla más frecuente en el sistema de cubierta de techo es la rotura del manto asfáltico con un 34.09 % y 20.45% de agrietamiento, correspondientes al deterioro del manto asfáltico por envejecimiento, de los cuales los módulos 1, 3 y 4 son los más perjudicados, debido a que en estos se presenta mayor filtración de agua producto del estancamiento.

Se determinó que las losas de entrepisos es el elemento que presenta de mayor afectación con un 35.71% en planta baja y 67.57% en planta alta, por la manifestación de eflorescencia producto de la filtración de agua.
generalizaciones.

5 AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de desarrollo científico, humano y tecnológico CDCHT de la UCLA, por el apoyo especial en el desarrollo del trabajo y la línea de investigación.

6 REFERENCIAS

Broto C., Enciclopedia Broto de Patología de la Construcción. https://books.google.co.ve/books/about/Enciclopedia_Broto_de_patolog%C3%ADas_de_la.html?id=x_trtAEACAAJ&redir_esc=y [Consulta: 2021, Junio 22].

Cánovas, Manuel F. (1994). Patología y terapéutica del hormigón Armado, 3ª Edición Actualizada. Disponible: file:///C:/Users/Syter/Downloads/363653967-4-Patologia-y-Terapeutica-Del-Hormigon-Armado. [Consulta: 2021, Noviembre 06].

Ceballos Cesar (2015). Patología Estructural del Sub- Sótano del Hospital Central de la Fuerza Armada Dr. Carlos Arvelo, Ubicado en la Urbanización San Martín, Parroquia San Juan del Municipio Libertador, Distrito Capital. http://www.miunespace.une.edu.ve/jspui/bitstream/123456789/2818/1/TG5545 [Consulta: 2021, Marzo 22].

Fondonorma, Norma Venezolana *COVENIN NTF 4015-2012 Concreto Durabilidad, 2012*

Fondonorma, Norma Venezolana *COVENIN NTF 1756-1:2019 Construcciones Sismoresistentes*

Olavarrieta M. et al., 2013. "Un enfoque integral. Prevención de Daños y Rehabilitación de Estructuras de Concreto Armado" (Primera edición), Venezuela.

Olavarrieta, M., Rodríguez F., Valero A., (2023), "*Caracterización de las principales fallas de la edificación del decanato de ciencias de la salud de la UCLA"* Trabajo especial de grado, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.

Sotomayor C. (2020). Entendimiento a las Fisuras y Grietas en las Estructuras de Concreto.

Troconis O, et al., 1997, DURAR. Red Temática XV.B. Durabilidad de la Armadura, Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado, CYTED ISBN 980-296-541-3. Subprograma XV, Corrosión: Impacto Ambiental sobre Materiales, Maracaibo, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Caracterización de fallas de una edificación escolar en concreto armado ubicada en el municipio José Laurencio Silva, estado Falcón

D. C. Rojas* [1], G. A. Pérez[2], M. A. Olavarrieta[3]

*Autor de Contacto: danielasemko@gmail.com

RESUMEN

El estudio se centra en el análisis de sintomatología de fallas aplicando la metodología de prediagnóstico patológico en una edificación educativa, Escuela Primaria Nacional Bolivariana José Ramón Yépez, ubicada en la zona costera del país, específicamente en el Municipio Silva, estado Falcón, con el fin de determinar cómo el ambiente marino agresivo de la zona afecta esta estructura pública de concreto armado donde se desenvuelve día a día una amplia comunidad escolar. Se utiliza la Norma Técnica Fondonorma. Concreto. Durabilidad (NTF 4015:2012) como referencia para el estudio de las condiciones actuales y las fallas presentes en la estructura. Este análisis arrojó como resultado que la institución educativa está expuesta a un ambiente clasificado como M4, caracterizado por corrosión por cloruros y en la que también se identifican pérdida de sección del acero, manchas de humedad, eflorescencia y grietas en sentido del acero de refuerzo como las fallas más frecuentemente observadas.

Palabras clave: concreto armado; durabilidad; prediagnóstico; fallas; corrosión.

[1]Departamento de Construcción, Decanato de Ingeniería Civil, UCLA, Barquisimeto, Venezuela.
[2]Departamento de Construcción, Decanato de Ingeniería Civil, UCLA, Barquisimeto, Venezuela.
[3]Departamento de Construcción, Decanato de Ingeniería Civil, UCLA, Barquisimeto, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Desde su invención por la civilización romana, el concreto se ha convertido en uno de los materiales más utilizados por el hombre para la construcción. Su versatilidad y durabilidad le ha permitido a los arquitectos e ingenieros a lo largo de la historia crear magnificas estructuras que forman parte importante de la cultura humana. Sin embargo, esto no habría sido posible si los estudios e investigaciones en busca de mejorar sus cualidades no hubiesen dado origen al concreto armado el cual desde su desarrollo ha tomado parte esencial en los avances de la humanidad, ya que este reúne las propiedades del concreto y las ventajas del acero en un solo material, para ser usado a gran escala para la construcción de estructuras (Smeaton y Vicat, 1877).

No obstante, ningún material resulta perfecto. Por lo que el concreto armado también cuenta con debilidades que son importantes considerar a la hora de su utilización. La corrosión representa la "enfermedad" más común y peligrosa para las estructuras nacidas de este material. Durante muchos años se ha observado mundialmente cómo el fenómeno natural de la corrosión afecta diversas estructuras, especialmente las que se encuentran en las zonas costeras; Venezuela, debido a su ubicación geográfica, no escapa a esta situación. (Porrero, 2009)

El estado Falcón es una de las zonas costeras y turísticas más importantes del país. Sus playas se encuentran entre las más bellas, pero el ambiente marino es muy agresivo para el concreto armado debido a la presencia del ion cloruro, que puede ocasionar la corrosión en el acero (Manual Durar, 1998). Por lo que es común observar en este lugar, edificaciones en condiciones peligrosas en relación a su vulnerabilidad sísmica, debido al daño causado por la falta de mantenimiento y cuidado en ellas.

La unión de todas estas variables ha traído como consecuencia el deterioro de importantes edificaciones a pesar de los avances en los estudios de patología e ingeniería de materiales con los que se cuenta. Las instituciones educativas públicas son el ejemplo más claro de esta realidad. Las condiciones en la que están muchas de ellas no las hacen aptas para recibir de forma segura a los estudiantes que llegan cada día a sus aulas, además, las mismas funcionan como refugios en caso de situaciones de emergencia y es alarmante que no cumplan con los requisitos mínimos de diseño establecidos por la Norma Técnica Fondonorma Concreto. Durabilidad (NTF 4015:2012), la cual garantiza estructuras más duraderas. Esta es una gran preocupación entre los expertos en el área de patología de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", quiénes desde hace más de 15 años se han mantenido trabajando bajo una línea de investigación que busca dar respuesta a los efectos causados por los ambientes agresivos sobre las estructuras de concreto armado.

Con base a lo anterior, el objetivo de este trabajo es aportar información relevante en los estudios que se realizan bajo esta línea investigativa, contribuyendo así a la comunidad científica que busca el mejoramiento de infraestructuras educativas para garantizar la seguridad física a la comunidad escolar.

2 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Primeramente, se llevó a cabo una visita a la escuela objeto de estudio, "Escuela Primaria Nacional Bolivariana José Ramón Yépez". En dicha visita se realizó una entrevista con las autoridades de los planteles con el fin de informarles sobre los objetivos de la investigación y que fuese otorgado el permiso para realizar una inspección preliminar y subsecuentemente las demás inspecciones necesarias. La inspección preliminar tiene el propósito de recaudar la información necesaria para

determinar la naturaleza y origen del problema, y abrir paso a un estudio más detallado. Durante esta inspección se recogieron datos importantes sobre las edificaciones como: nombre completo de la institución, ubicación geográfica exacta, fecha de construcción, uso para lo cual fue proyectada y uso actual, matrícula estudiantil, y antecedentes pertinentes aportados por los directivos. También se realizó un reconocimiento visual de las instalaciones y un recorrido por el perímetro.
En la segunda visita se llevó a cabo un levantamiento planimétrico de la edificación para una mejor identificación de los elementos estructurales y los subsistemas que componen dichas edificaciones. Los sistemas se clasificaron de la siguiente manera: *Sistema Estructural*, *Instalaciones Sanitarias, Cubiertas, Fachadas, Áreas circundantes*.
Posteriormente, se trabajó en la Caracterización de Fallas a través de una nueva inspección visual detallada. Siguiendo las recomendaciones del Manual DURAR y con el objetivo de hacer el levantamiento más eficiente y ordenado, se asignó un código a cada síntoma encontrado. La codificación establecida es la siguiente.

Tabla 1. Códigos para levantamiento de fallas.

Código	Daño	Descripción
A1-1	Fisuras	Rotura del concreto superficial y profundo
A1-2	Grietas	Rotura del concreto
A1	Red de grietas	Grietas estrechas y cortas que forman una red
B1	Eflorescencia	Costra blanca
B2	Manchas de óxido	Manchas color marrón-rojizas
B3	Manchas de humedad	Humedad superficial
C1	Protuberancia	Daño localizado superficial
C2-1	Delaminación del acero	Acero separado de la masa
C2-2	Desprendimiento del concreto	Pieza de concreto separado de la masa
C2-3	Desprendimiento del friso	Fragmento de friso (mezcla de cemento, agua, arena y cal que se utiliza como acabado de una pared) separado de la masa
C3	Desprendimiento losa piso	Pieza de losa de piso separada de la masa
D1	Filtración de agua	Escurrimiento de agua en elementos
E1	Junta de construcción	Demarcación en la superficie del concreto, porosa o no
E2	Empozamiento de agua	Estancamiento de agua en losa de piso

Por último, se caracterizó el ambiente al que está expuesta la estructura utilizando la tabla *"Clases de exposición relacionadas con las condiciones ambientales"* de la norma NTF 4015:2012 en la que se establecen valores límites de contaminación de agentes agresivos, de relaciones de agua/cemento y criterios en cuanto a la porosidad.

3 ANALISIS DE RESULTADOS

La Escuela Primaria Nacional Bolivariana José Ramón Yépez se localiza en la Parroquia Boca de Aroa, Municipio Silva del Estado Falcón, aproximadamente a 400 m de la costa (Figura 4). Fue construida en 1954 y dos años después, el 01 de octubre de 1956 por decreto presidencial comienza a funcionar.

© 2025 ALCONPAT Internacional

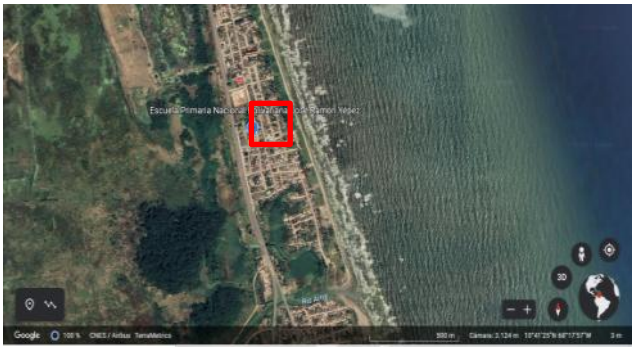


Figura 1. Imagen satelital de la Escuela Primaria Nacional Bolivariana José Ramón Yépez

La institución está formada por quince (15) salones de clases, de los cuales solo ocho (8) se encontraban operativos, dos (2) salas de baño habitadas, una (1) sala cultura, una (1) sala computación, una (1) cocina, la cual incluye un cuarto de baño y un depósito, un (1) aula de dirección con baño propio, una (1) oficina, una (1) cancha múltiple techada y áreas circundantes.
La inspección se llevó a cabo durante el periodo de pandemia de COVID-19, por lo que en su momento la escuela laboraba únicamente en el turno de la mañana, de 7:00 am a 12 m (en semanas de flexibilización). Contaba con una matrícula de 246 alumnos, específicamente 123 niños y 123 niñas, 9 docentes, 4 obreros y 5 cocineras, a cargo de la directora Rosaura López.
La estructura es aporticada de concreto armado, sin embargo, las paredes no permiten la visualización de todas las vigas y columnas. Las ventanas y puertas están recubiertas por protectores metálicos (rejas). Adicionalmente, en la remodelación del 2007 las puertas y ventanas de toda la institución fueron reemplazadas, de bloques de aireación se pasó a ventanales panorámicos y de techos de asbesto a techos de machihembrado con correas metálicas y de madera en algunos casos. También existen áreas circundantes con aceras y una pared perimetral que delimita totalmente el área ocupada por la escuela. La institución fue dividida en 8 módulos, el plantel posee un estilo colonial propio del año en que fue construido.
Es conocido el hecho que en el año 2009 se registraron movimientos sísmicos en la zona de Boca de Aroa, con epicentro en Morón, ante lo cual el personal entrevistado manifestó que luego de dicho movimiento, aparecieron diferentes fallas en paredes y pisos, principalmente fisuras y grietas.

4 CARACTERIZACIÓN DE LA SINTOMATOLOGÍA DE FALLAS

Luego de realizado el levantamiento de la sintomatología de fallas se logró identificar las fallas que aparecen con mayor frecuencia. A continuación, se muestra la planilla de inspección visual de la estructura y algunas planillas de sintomatología de fallas, las más representativas de los daños mencionados.

PLANILLA DE INSPECCIÓN VISUAL DE LA ESTRUCTURA

Nombre de la Institución: José Ramon Yépez	**Año de Construcción** : 1954
Ubicación: 100m de la troncal 3, Calle Piar entre José Ramón Yépez y Salías.	**Fecha de la Inspección**: 01 Y 02/03/2021, 23/07/2021
Tipo de Estructura: Aporticada Concreto Armado.	**Nº de Pisos**: 2

Croquis del Área en Estudio



Fotografías

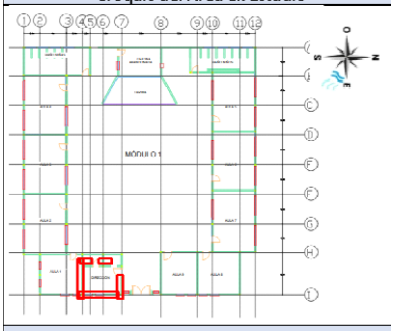


Fallas Observadas	Extensión y Gravedad de las Fallas
Fisuras y Grietas	Las fallas que se encontraron con más frecuencia fueron fisuras y grietas en elementos estructurales y cerramientos. Seguido de manchas de humedad en cerramientos y paredes perimetrales. Manchas de óxido, desprendimiento del concreto, y delaminación del acero de refuerzo en elementos estructurales. Falla en correas de techos.
Manchas de humedad	
Desprendimiento del concreto	
Desprendimiento del friso	
Manchas de óxido	
Exposición del acero de refuerzo	
Acero delaminado	
Espesor de recubrimiento menor a 0.5cm	

Elaborado por: Pérez Gabriela, Rojas Daniela.

Figura 2. Planilla de Inspección Visual de la E.P.N.B José Ramón Yépez

Croquis del Área en Estudio



Fotografías

1



2



Descripción de la Falla

Se observa humedad, eflorescencia y abombamiento del friso en el tercio inferior de todos los cerramientos de la dirección. También se observa caída del recubrimiento principal (pintura).

Hipótesis

Se presume que la humedad presente se debe a efectos de capilaridad a causa del ascenso del agua contenida en los cimientos hacia la estructura a través de los poros del concreto de la losa, de los bloques y del mismo friso, liberando sales y dejando manchas blancas. Sumado a esto, en el caso especifico del cerramiento ubicado entre ejes H-I y 4-6 (foto 1) está una posible filtración causada por las instalaciones sanitarias del baño adyacente.

Elaborado por: Pérez Gabriela, Rojas Daniela.

Fecha de la Inspección: 02/03/2021

Figura 3. Planilla de Sintomatología de Fallas. Módulo 1. 1/5

© 2025 ALCONPAT Internacional

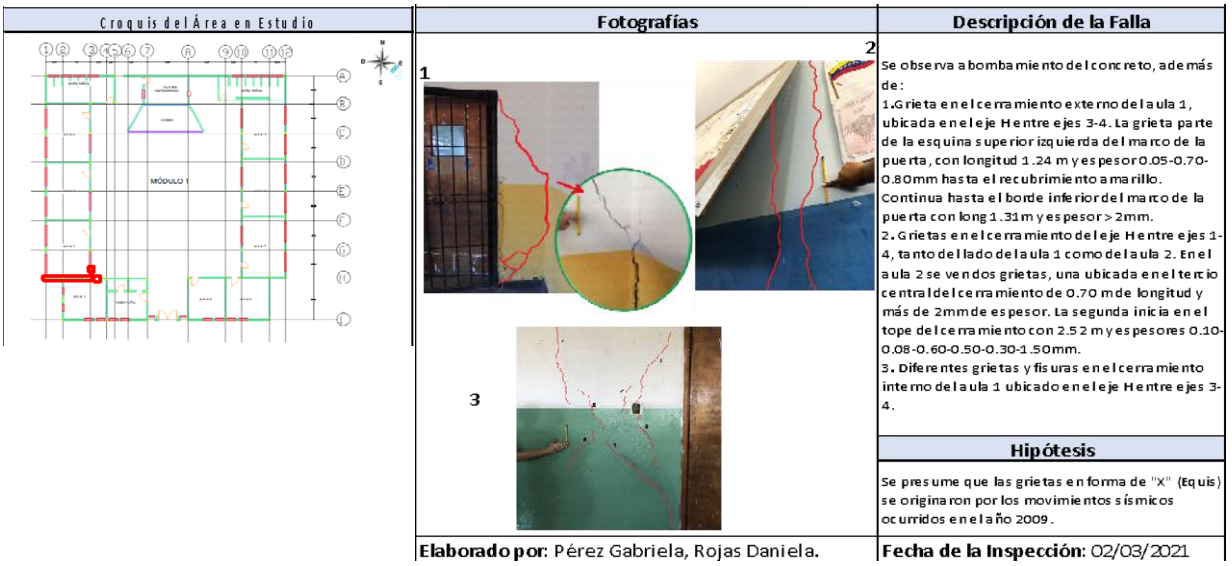


Figura 4. Planilla de Sintomatología de Fallas. Módulo 1. 2/5

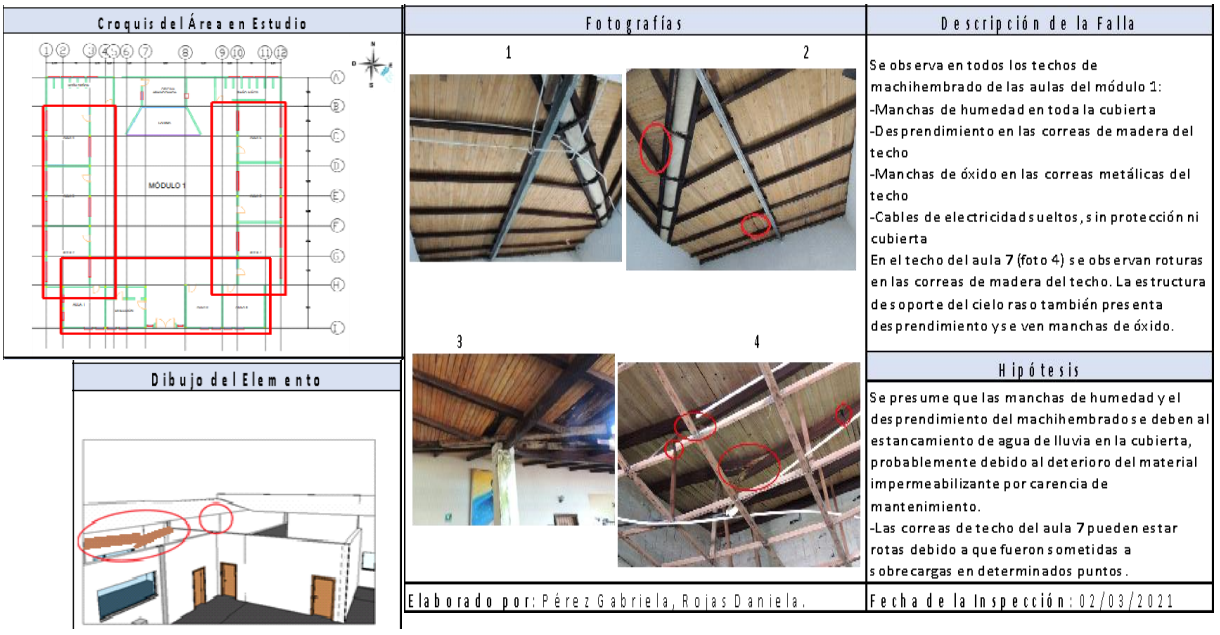


Figura 5. Planilla de Sintomatología de Fallas. Módulo 1. 3/5

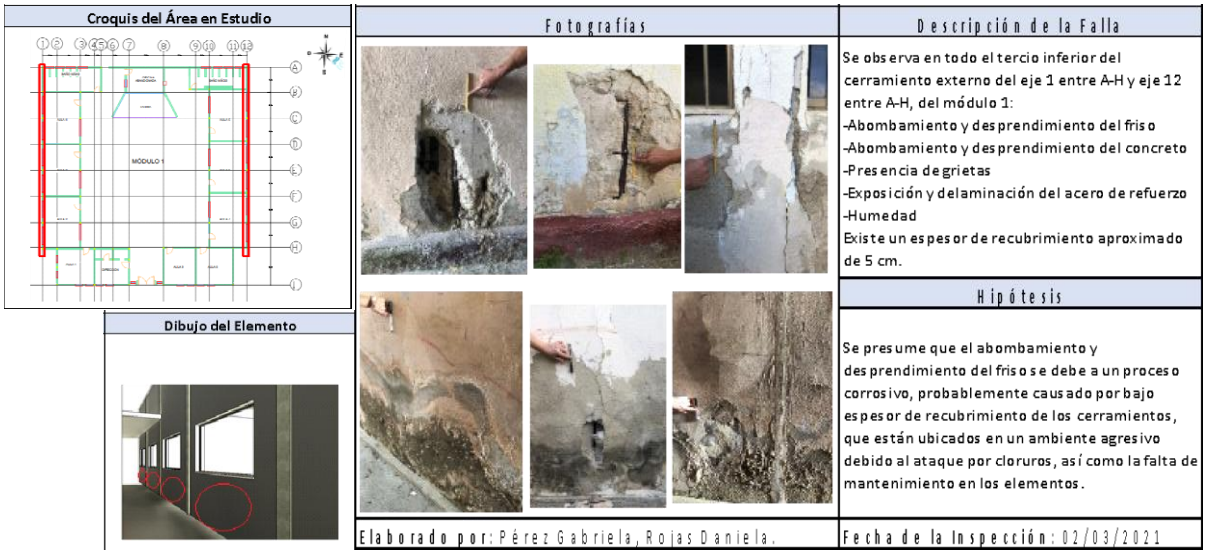


Figura 6. Planilla de Sintomatología de Fallas. Módulo 1. 4/5

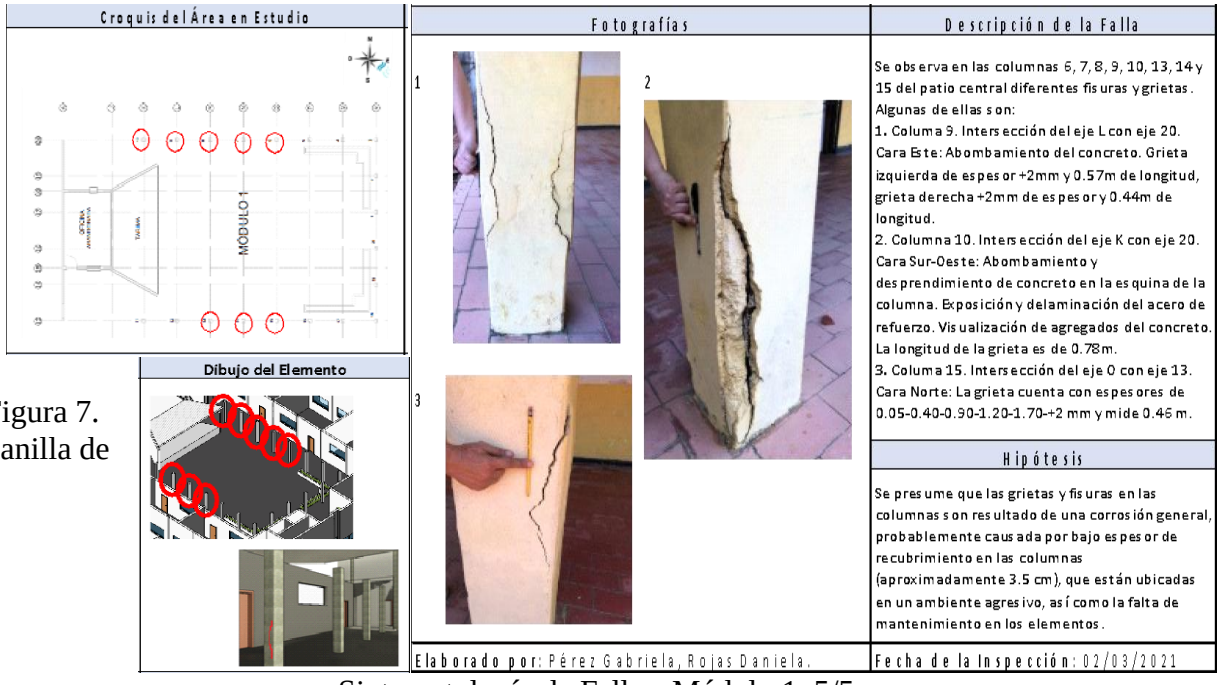


Figura 7. Planilla de Sintomatología de Fallas. Módulo 1. 5/5

© 2025 ALCONPAT Internacional

En toda la institución se contabilizaron en total 160 fallas durante la inspección realizada. En la tabla 2 se presentan las fallas más observadas y su frecuencia. Cabe acotar que en dos zonas distintas de la escuela se observó la superposición de cubiertas de techo, esto podría clasificarse como un defecto constructivo que, sin embargo, genera problemas más graves con el paso del tiempo.

Tabla 2. Fallas más observadas en toda la institución

Causas	# Fallas
Grietas	52
Manchas de humedad	41
Desprend. de friso	18
Fisuras	12
Manchas de óxido	12
Desprend. de concreto	10
Exp. Acero Refuerzo	6
Eflorescencia	6
Desprend. losa piso	2
Filtración	1

En el mismo sentido, puede apreciarse de forma significativa el efecto que causa la corrosión por cloruros en las estructuras metálicas y en las estructuras de concreto armado. Los protectores de ventanas, barandas de escaleras, protectores metálicos de aire acondicionado e incluso las vigas metálicas en los techos y la cancha techada presentan graves signos de oxidación y corrosión.
Los resultados se analizaron a través de un Diagrama de Pareto, también conocido como Método 80-20, donde se reflejan las principales fallas encontradas en el módulo 1 de la Escuela José Ramón Yépez. Este diagrama es de gran utilidad al momento de focalizar las principales causas de problemas, ordenándolos de mayor a menor frecuencia de aparición, para así tratar los que más requieren atención.

Tabla 3. Priorización de fallas para el módulo 1 de la E.P.N.B José Ramón Yépez.

Causas	# Fallas	% Acumulado
Grietas	24	30.380
Desprend. de friso	16	20.253
Manchas de humedad	14	17.722
Desprend. de concreto	6	7.595
Fisuras	5	6.329
Eflorescencia	4	5.063
Manchas de óxido	4	5.063
Exp. Acero Refuerzo	4	5.063
Desprend. losa piso	2	2.532
Total	**79**	**100%**

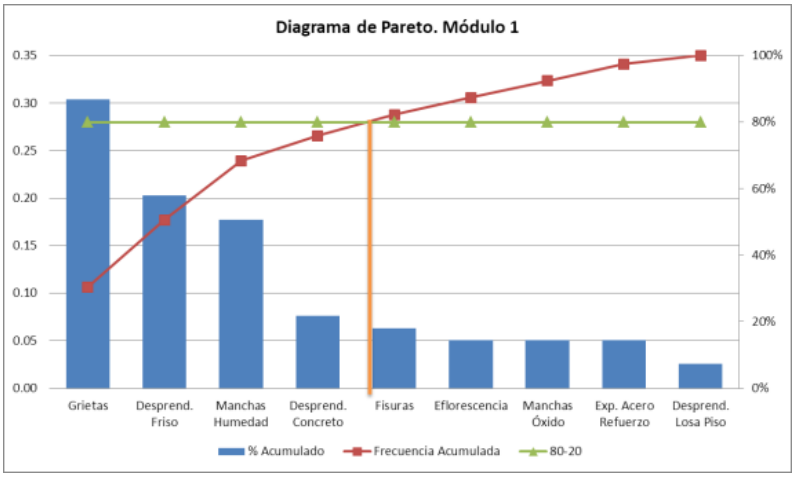


Figura 8. Diagrama de Pareto de la Escuela Primaria Nacional Bolivariana José Ramón Yépez, Módulo 1.

Como se observa en la figura 8, el 80% de las fallas corresponde a Grietas, Desprendimiento de Friso, Manchas de Humedad y Desprendimiento de Concreto. Es posible que gran parte de las grietas hayan sido ocasionadas por corrosión debido al ataque de iones cloruro sobre la estructura, mientras que otras se presentaron luego de la sustitución de puertas, rejas y ventanas en toda la institución en el año 2007, también pueden deberse a esfuerzos de flexión al elemento y debido a la ausencia de columnas. Las manchas de humedad en cerramientos pueden haberse ocasionado debido a la falta de sistemas de canalización en toda la escuela que recojan el agua de lluvias, así como daños presentes en las tuberías, la causa del desprendimiento del friso en muchos de los cerramientos puede ser por la misma humedad que está siempre presente en las paredes y al desarrollo de procesos corrosivos.

Por último, los registros más recientes de reparaciones en la escuela que se tienen son de reemplazo de techos de asbesto por techos de machihembrado con correas de madera y metálicas, así como sustitución de puertas y ventanas en el 2007 por parte de PEQUIVEN. Los tipos de mantenimiento correctivo que ha tenido la institución desde entonces han consistido únicamente en aplicar capas de pintura en algunos cerramientos.

5 CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE

La Norma Técnica FONDONORMA 4015:2012 Concreto Durabilidad establece que: “El tipo de ambiente al que está sometido un miembro estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas, químicas y electroquímicas a las que está expuesto, lo cual puede llegar a provocar la degradación del concreto y/o la corrosión del acero de refuerzo como consecuencia de efectos diferentes a las acciones y solicitaciones consideradas en el análisis estructural”.

De acuerdo a los datos aportados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), a través de la información suministrada por la estación 0396 ubicada en Tocuyo de la

© 2025 ALCONPAT Internacional

Costa, la más cercana a la edificación en estudio, se conoce que la temperatura anual promedio en Tucacas, estado Falcón, se registra en 26.6 °C y la humedad relativa anual promedio es de 70%.
La dirección del viento promedio por hora predominante en la zona que incide sobre la estructura es del Este durante todo el año. Es de vital importancia conocer que la Escuela José Ramón Yépez, ubicada en la parroquia Boca de Aroa, se encuentra a menos de 500 metros de la costa, razón por la cual es susceptible a ataques de corrosión por cloruros del ambiente marino.
Teniendo en cuenta toda esta información, y contando como base con la Tabla *Clases de exposición relacionadas con las condiciones ambientales* es posible clasificar el ambiente como de clase Marina, subclase "en zona aérea con distancias de 5 a 500 m a la línea de costa", el tipo de proceso es "Corrosión por Cloruros" y finalmente la designación es M4 (Miembros exteriores de estructuras en las proximidades de la línea de costa -de 5 a 500 m-) según lineamientos de la Norma Técnica FONDONORMA 4015:2012 Concreto Durabilidad.

6 CONCLUSIONES

En función de lo planteado, se puede decir que las fallas que más se presentan son grietas y fisuras, manchas de humedad y manchas de óxido en elementos metálicos, las grietas por corrosión se deben a iones cloruro a causa de la cercanía del mar. Estos problemas se van desarrollando e incrementando debido a la falta de mantenimientos rutinarios o la inadecuada aplicación de estos, así como a los métodos de construcción que se practicaban antes de que la Norma Técnica FONDONORMA Concreto Durabilidad NTF 4015:2012 entrara en vigor y se hiciera necesaria al momento de construir, garantizando así estructuras durables. Algunas de las consideraciones que toma en cuenta la mencionada norma son espesores de recubrimiento adecuados según el ambiente en donde se llevará a cabo la obra, calidad de los materiales, diseño de la mezcla de concreto e inspección.
En toda la escuela se nota la ausencia de canales de recolección de aguas de lluvia en los techos, razón por la cual gran parte de los cerramientos externos presentan manchas de humedad con presencia de moho. Otro problema que se observa frecuentemente es la presencia de humedad en los techos y el desprendimiento del machihembrado debido a factores ambientales y a la ausencia de mantenimiento preventivo a las cubiertas. El ingreso de agua a las aulas a través de las aberturas en los techos, sumado a la falta de ventilación de estas, genera humedad por condensación de agua, posible razón por la que se observan manchas de humedad en las paredes internas de la mayoría de los salones. Se ha verificado, a través de las inspecciones visuales realizadas en el plantel y por medio de las entrevistas realizadas al personal que labora en él, que esta unidad educativa no cuenta con programas de mantenimiento preventivo ni correctivo. El único mantenimiento que se le realiza periódicamente es el mínimo para mantener la higiene en las áreas comunes y los salones de clase.
Con respecto a la caracterización del ambiente, se designó que la Escuela Primaria Nacional Bolivariana José Ramón Yépez por estar ubicada a 400 m de la línea de la costa, pertenece a la designación M4, la cual representa las edificaciones que se encuentran en ambiente agresivo de clase marina, y subclase ubicada en zonas aéreas con distancias entre 5 metros y 500 metros a la línea de la costa.
Para terminar, es relevante mencionar que el estudio realizado es completamente cualitativo y su principal función es conocer de manera rápida y simple información sobre las condiciones actuales de la escuela y su necesidad de intervención.

7 REFERENCIAS

Arrieta de Bustillos, L. et. al (2013). *"Un Enfoque Integral. Prevención de daños y rehabilitación de Estructuras de Concreto Armado".* Barquisimeto, Venezuela.

Chong, J., Ramones, K. (2016). "*Caracterización de estructuras escolares de concreto armado expuestas en ambientes marinos, según lo establecido por la propuesta de Norma Técnica Fondonorma Concreto Durabilidad para Iberoámerica".* Trabajo de Grado. Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado.

Estadística, I. N. (2014). *XIV Censo Nacional de Población y Vivienda.* Venezuela.

Fondonorma, N. T. F (2012). *Concreto Durabilidad. NTF 4015: 2012.* Venezuela.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) (2011) *Estadísticos Básicos, Temperaturas y Humedades Relativas Medias.* Venezuela.

http://www.inameh.gob.ve/web/PDF/_gsdata_/_saved_/Estadisticos%20Basicos%20Temperaturas%20y%20Humedades%20Relativas%20Medias.pdf

Porrero, J. (2014). *Manual de Concreto Estructural.* Caracas, Venezuela.

Troconis de Rincón, O., Andrade C, H. (1997). *Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado (DURAR) (2da ed.).* Maracaibo, Venezuela.

Troconis, M., Fernadez, N. (2007). *Normas y Recomendaciones para el Diseño de Edificaciones Educativas. FEDE.* Caracas, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Proyecto Margarita Real 2 – recuperación y tratamiento de la procura, rediseño del proyecto y supervisión de la ejecución

E. Tenreiro[1]; H. Onay*[1]

*Autor de Contacto: honay.norte@gmail.com

RESUMEN

Margarita Real 2, proyecto ejecutado en Pampatar, Margarita, Nueva Esparta. La participación de Norte Obras Civiles inició con la evaluación del material metálico almacenado en la parcela durante mas de 5 años sin protección, además del análisis de los anclajes instalados en el sistema de cimentación que recibiría la superestructura metálica. Durante este proceso se decidió, por parte del cliente, contratar adicionalmente el rediseño del proyecto estructural considerando las recomendaciones realizadas, posteriormente se continuó con una supervisión y asesoría del proceso constructivo. En esta presentación podrán observar criterios y aspectos técnicos de varias etapas de un proyecto. desde la evaluación y recuperación de la procura empleando tratamientos mecánicos y químicos, rediseño, hasta la supervisión de la ejecución.

Palabras clave: acero, corrosión, tratamiento, diseño, construcción-

[1] Norte Obras Civiles CA, Caracas, Venezuela

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Margarita Real 2, proyecto ejecutado en Pampatar, Margarita, Nueva Esparta. La participación de Norte Obras Civiles inició con la evaluación del material metálico almacenado en la parcela durante más de 5 años sin protección, además del análisis de los anclajes instalados en el sistema de cimentación que recibiría la superestructura metálica. Durante este proceso se decidió, por parte del cliente, contratar adicionalmente el rediseño del proyecto estructural considerando las recomendaciones realizadas, posteriormente se continuó con una supervisión y asesoría del proceso constructivo.

2 PROCEDIMIENTO

Realizando el análisis estructural, se procedió a reconfigurar por completo el proyecto, tomando en cuenta factores que no podrían ser modificados como lo eran: el inventario stock de procura disponible en la parcela, previa fabricación del material (perfiles cortados a medidas según proyecto anterior) y que el sistema de fundaciones ya habría sido construido en su totalidad, lo cual implicaba mantener los ejes estructurales y esfuerzos en fundaciones.

El mayor inconveniente que se presentó en la reconfiguración fue lograr cumplir con los estados límites de servicio, ya que anteriormente no se estaba cumpliendo con los valores límites normativos permisibles correspondientes a flecha y deformaciones, por ende, tampoco se estaría logrando un buen confort con respecto a la vibración del sistema de piso. El reto fue corregir y lograr con todos los límites teniendo en cuenta que los ejes estructurales no podían ser modificados y las luces rondaban los 14 metros y en su mayoría los perfiles ya se habían fabricados y se contaba con material limitado sin posibilidad a compra.

Con los entregables preliminares del proyecto reconfigurado se procedió a dar inicio de obra por parte del cliente, teniendo el equipo de Norte Obras Civiles la responsabilidad de la supervisión del proceso constructivo.



Figura 1 Situación en etapa inicial de contratación







Figura 2 Situación de anclajes en etapa inicial de contratación

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 3 Situación de planchas bases en etapa inicial de contratación



Figura 4 Situación de perfiles en etapa inicial de contratación



Figura 5 Situación de perfiles en etapa inicial de contratación



Figura 6 Situación de perfiles en etapa inicial de contratación

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 7 Estado ACTUAL de avance de obra

3 CONCLUSIONES

El mantenimiento y la protección correcta son factores indispensables en construcciones de estructuras metálicas.

- Para obtener una adecuada recuperación del material fue necesario tanto procesos mecánicos como tratamientos químicos.
- Los estados límites que predominan y gobiernan en un diseño de estructura metálica son los de servicio, flechas, deformaciones y vibraciones.

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Recomendaciones de intervención en ménsulas de concreto armado en un sótano de un edificio ubicado en Barquisimeto estado Lara.

M. Galíndez*, K. Giménez, M. Olavarrieta, R. Malavé

*Autor de Contacto: galindezneazoamariadejesus@gmail.com

RESUMEN

Este estudio contempló el análisis de fallas, de una edificación, cuyas ménsulas ubicadas en el sótano, presentaron sintomatologías, que alertaron a los directivos del condominio. Por ello el historial de inspecciones realizadas, el levantamiento de fallas, las posibles hipótesis permiten generar recomendaciones de intervención. El levantamiento sintomatológico arrojó, que el 32,69% de las ménsulas tiene fallas, debido a filtración, humedad, y poco espesor de recubrimiento. Es importante destacar que siempre debe hacerse un proyecto de intervención con un equipo que sustente estabilidad estructural, la aplicación de materiales y mano de obra calificada. Se debe tomar en cuenta la corrección de los sub sistemas causantes de las fallas y que todo material sustituyente cumpla con las recomendaciones de resistencia y durabilidad.

Palabras clave: Fallas; Resistencia; Durabilidad; Filtración; Intervención.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

El concreto armado es un material de la construcción que por lo general es empleado en diversos tipos de obras industriales, porque es un material que se caracteriza por ofrecer propiedades mecánicas como resistencia y durabilidad. La mayoría de las construcciones elaboradas en la actualidad, han sido construidas con las especificaciones técnicas para el diseño basado en resistencia, son construidas con la idea de que se mantengan estable a lo largo de su vida útil sin presentar ningún tipo de daños o fallas. Sin embargo, estas estructuras se encuentran constantemente amenazadas por diversos factores que pueden desencadenar su deterioro, el mismo puede presentarse en edades muy tempranas y causar daño en algunos elementos estructurales, o en toda la estructura, elevando los costos económicos y sociales que implican el estudio e intervención de las edificaciones o estructuras dañadas (Arrieta et.al., 2013), como es el caso del sótano de un edificio ubicado en Barquisimeto estado Lara. Se trata de un conjunto habitacional conformado por dos torres de concreto armado, que a pesar de su corta edad desde hace unos años comenzó a presentar daños en su estructura, los cuales representan un riesgo para las personas que hacen uso de dicha edificación. Por lo que la junta de condominio del conjunto residencial solicitó al decanato de Ingeniería Civil de la universidad centroccidental Lisandro Alvarado la colaboración para realizar una inspección calificada y la realización de planos estructurales ya que el conjunto residencial carece de los mismos.

La falla de un elemento estructural ocurre cuando finaliza la capacidad del elemento para desempeñar la función requerida. Existen muchos tipos de fallas que pueden presentarse en una edificación, muchas de ellas provocan daños permanentes, por eso la importancia de que las estructuras cuenten con un mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, y así corregir los daños presentes, lo que garantiza extender la vida útil de las estructuras, y esta a su vez garantiza la seguridad necesaria para los usuarios. También es importante tener en cuenta que en muchas ocasiones las fallas no se presentan en las edificaciones por el poco mantenimiento, o el mal uso de las áreas de las edificaciones, muchas veces estas fallas aparecen por problemas ocasionados a la hora de la construcción, o por la mala calidad de los materiales. Por ello es importante el conocimiento de la correcta ejecución de los procedimientos y medidas que deben considerarse, durante el proyecto y construcción de las estructuras, dependiendo de su ubicación y su uso. Ya que dichas fallas provocan su deterioro parcial o total, y que en algunos casos podrían ser corregidas, pero con elevados costos para su rehabilitación. (Fernández, 1994)

La durabilidad de las estructuras de concreto armado es tan importante que nos ha llevado a realizar nuevas investigaciones en busca de que estas estructuras cumplan durante su tiempo de vida útil, con las características para las que fueron creadas y que no solo se tome en cuenta la resistencia, sino que también puedan ser estructuras durables, que sean capaz de resistir cualquier ataque (químico, físico, biológico), y cualquier otro proceso que pueda causar su deterioro. A continuación, se presentan algunos antecedentes relacionados con esta investigación. (Dikdan, 2017). Efectuó una inspección ocular en el sótano del edificio a fin de emitir opinión técnica y esgrimir recomendaciones generales con el objeto de solventar la situación y no continuar con paliativos que den respuesta parcial al problema, ya que obtuvieron información por parte de una de las propietarias donde expresaron que el sótano del edificio ha presentado de manera recurrente manifestaciones de filtraciones que han afectado su correcto funcionamiento, por lo que han realizado reparaciones en dos oportunidades, que aunque dieron respuesta parcial a los problemas, los daños siguen apareciendo. Al realizar la inspección de reconocimiento al sitio se

identificaron algunos aspectos relacionados con las características de diseño del conjunto residencial, el cual está conformado por diferentes cuerpos, evidenciándose en plata baja y en el sótano las juntas existentes. Las manifestaciones patológicas observadas en la estructura fueron filtraciones por agua de lluvia, humedad en diferentes paños de la losa de techo del sótano, agrietamiento vertical en columnas, estancamiento de agua en la parte superior de la losa de sótano, desprendimiento de concreto, corrosión en acero en 29 vigas, corrosión en acero de columnas, filtraciones en muro perimetral, formación de eflorescencia, entre otros síntomas. Por lo que recomendó realizar un diagnóstico patológico y plantear posibles alternativas de intervención según las causas identificadas.

El informe "Mapeo de Daños del Sótano de un edifico ubicado en Barquisimeto - Edo Lara" de (Malavé, 2020). Evaluó los aspectos reportados en el conjunto residencial por Dikdan en el 2017, observando que persistían en su mayoría y que se habían agravados, por lo que reviso y actualizó cada uno de esos aspectos, realizando un levantamiento fotográfico e identificando las tipologías de fallas y número de elementos afectados. Para realizar el informe de sintomatología de fallas, estableció tres grandes áreas: columnas, ménsulas, vigas, paños de losa del sótano, muro perimetral del sótano, y planta baja. Realizó un croquis a mano alzada, sin medidas donde identificó con números del 1 al 20 los ejes Norte-Sur y letras desde la A hasta la I en los ejes Oeste-Este para ubicar en el mismo las fallas. Detectó daños visuales en 22 columnas (15% de las columnas ubicadas en el sótano) y 6 de ellas tipo ménsula ocupando el (4%), los daños mayores los encontró en el tercio superior de las columnas aparentemente como consecuencia de las filtraciones y por la carbonatación. Y cuantificó 22 vigas-paños de losa que ocupa el (7%) igualmente daños en vigas y muros. Llegando a la conclusión que el deterioro de los elementos estructurales pertenecientes al sótano se ha incrementado porque no se ha corregido el problema de filtraciones, y recomienda contratar profesionales expertos que se puedan encargar de aplicar la metodología que corresponda.

2 PROCEDIMIENTO

En esta investigación es imprescindible precisar los métodos y herramientas de recolección de datos, en vista de que su naturaleza demanda un minucioso proceso de selección que asegure su procedencia, objetividad y claridad. Inicialmente se realizó un recorrido y reconocimiento visual de la edificación con uno de los propietarios, y se recolectaron datos generales, como ubicación geográfica, fecha de construcción, y antecedentes de la estructura. Posteriormente se realizó el levantamiento planimétrico de la planta sótano del conjunto residencial, con el fin de realizar el plano estructural de esa planta, se tomaron medidas de las paredes perimetrales, las dimensiones de las columnas, vigas, y losa, una vez levantadas las dimensiones de estas, comenzamos a localizarlas con las medidas de la luz entre columnas, ya al tener vigas y columnas situadas se tomaron las dimensiones de las ménsulas y se ubicaron en las columnas correspondientes, por último, se midieron y dimensionaron muros, módulos de las escaleras y ascensores. Se realizó un croquis a mano alzada, donde se pasó en limpio toda la información recabada en el levantamiento planimétrico, para luego proceder a la elaboración del plano estructural donde usamos el programa AutoCAD un software de tecnología sofisticada reconocida a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios asistido por computador, donde proporcionamos los datos exactos de comprobación, medidas, y ubicación de los elementos existentes en el sótano del edificio, como son: columnas, ménsulas, vigas, losas, paredes, muros, escaleras y ascensores. El amplio campo de acción del programa, nos permitió por

© 2025 ALCONPAT Internacional

medio de capas y colores identificar cada uno de los elementos del plano. Luego de realizar el plano del sótano del edificio y tener la información necesaria, se realizó la clasificación del ambiente según lo establecido por la Norma Técnica Fondonorma Concreto Durabilidad para Iberoamérica (4015:2012), para posteriormente comenzar a realizar el levantamiento de fallas presentes en la estructura, mediante una inspección visual detallada para determinar la naturaleza y origen del problema. Durante la inspección la información que se recolecto fue la siguiente: información general de la estructura, fecha de inspección, croquis general de la estructura, descripción de las fallas observadas, definiendo la extensión y gravedad, hipótesis planteando las posibles causas que originan las fallas observadas, y memorias fotográficas. Los implementos necesarios para llevar a cabo la inspección visual de la estructura fueron los siguientes: Cinta métrica, planilla de medición de Fisuras (Fisurómetro), espátula de 2'', martillo, cámara fotográfica, libreta de anotación. Una vez levantada la información e identificados los síntomas, se procedió a analizar el mecanismo de falla para identificar la(s) causa(s) generadoras del problema y seleccionar el tratamiento apropiado para eliminar y corregir los efectos, es decir los síntomas. (Galíndez et.al., 2021)

3 RESULTADOS

El edificio es una estructura de concreto armado, construida en el año 2002, con un área de construcción de aproximadamente 15.866,75 m². Es un conjunto integrado por dos módulos de torres, de 13 pisos cada uno, para uso exclusivo de viviendas, cada par esta interconectado mediante un módulo de dos ascensores y escaleras. Se denomina al primer par Torre A, (A1 y A2) y Torre B al segundo par, (B1 y B2). El acceso principal del desarrollo residencial posee una caseta de acceso y vigilancia; rampa de acceso, áreas de servicios (existen 6 puestos de estacionamiento de visitantes, cuarto de basura, cuarto de medidores), una pequeña zona de estacionamiento (para 22 puestos), una gran área común central cuya losa es de concreto revestido con caico, dos aberturas de ventilación y jardines generales (estas jardineras rodean las torres y toda el área perimetral). El nivel planta sótano tiene una superficie aproximada de 433,43m² para cada una de las torres que conforman el conjunto, siendo un total 866,86m² aproximadamente, el sótano cuenta con estacionamiento para 93 vehículos, estos ocupan toda el área de la residencia de 3.760m² aproximadamente, donde también se encuentran dos tanques subterráneos de aproximadamente 100000 lts cada uno y dos estaciones de bombeo, con sus respectivos hidroneumáticos. Se conoció que para el año 2017 ya se habían tomado algunas medidas correctivas en planta baja, una en el año 2011, donde utilizaron un producto llamado mitangun para impermeabilizar, y otra en el año 2014, donde utilizaron un mortero impermeabilizante Sika. En esta última reparación realizada en planta baja, sacaron toda la tierra de las jardineras perimetrales, y las impermeabilizaron. También cambiaron todo el pavimento del estacionamiento de planta baja. Con las medidas correctivas mencionadas anteriormente lograron disminuir algunas de las fallas que se estaban presentando en la estructura, pero hay otras que aún persisten, los daños han continuado e incluso han aumentado. En el levantamiento planimétrico de la planta sótano del conjunto residencial, tomamos las medidas de paredes perimetrales, dimensiones de columnas, ménsulas, vigas, muros, losa, módulo de escaleras y ascensores, para la elaboración del plano estructural de esa planta. Se realizó un croquis a mano alzada con las medidas tomadas en sitio, donde se ubicaron cada uno de los elementos estructurales mencionados anteriormente y el área perimetral. Luego de tener el croquis a mano

alzada con toda la información levantada, se elaboró el plano estructural usando el software AutoCAD. (Galíndez et.al., 2021). Ver Figura 1



Figura 1. Plano Estructural del sótano del edificio ubicado en Barquisimeto.

Luego del levantamiento planimétrico del sótano, se realizó el levantamiento en planta baja, donde se tomaron medidas de jardineras, patio central, y se ubicaron los centros piso, y ambas torres, para la elaboración del plano arquitectónico del mismo. Ver Figura 2



Figura 2. Plano arquitectónico de planta baja.

Para la clasificación del ambiente se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 1. Clasificación Ambiental.

Ambiente	
Zona Geográfica	Tropical
Ubicación Geográfica	Urbana

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 2. Condiciones climatológicas, fuente: Wearther Spark.

Condiciones Climatológicas	
Temperatura Promedio	26°C
Humedad Relativa	72%
Velocidad del Viento	8km/h

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				
Clase (Ambiente de exposición)	**Subclase (Condición de exposición)**	**Tipo de proceso**	**Designación (Clasificación)**	**Descripción**
No agresivo	Seco	Ninguno	C0	Concreto en ambiente seco o protegido de la humedad y no sometido a condensaciones. Con una humedad relativa < 40 %.
Rural / Urbana	Concreto en contacto con humedad alta	Corrosión por carbonatación	C1	Concreto en ambiente con alta humedad relativa > 80 %, independiente de la contaminación por CO_2 y SO_2.
	Concreto en contacto con humedad baja		C2	Concreto en ambiente con baja humedad relativa entre 40 % y 50 %, independiente de la contaminación por CO_2 y SO_2.
	Concreto en contacto con humedad moderada		C3	Concreto en ambiente con moderada humedad relativa entre 50 % y 80 %, con contaminación por CO_2 y SO_2.

Figura 3. Tipo de ambiente según la Norma NTF 4015-2012

Se clasifica el ambiente como C3, esta clasificación corresponde con el momento de la realización del estudio. Se clasificó como C3 debido a que tenemos una humedad relativa moderada del 72% y en el sótano del edificio donde se presentan las fallas existen zonas donde se acumula el monóxido de carbono que emiten los vehículos, creándose microclimas que favorecen la carbonatación y la corrosión del concreto. Ver Figura 3

Luego de realizar el levantamiento de sintomatología de fallas se logró identificar que las fallas con mayor frecuencia fueron manchas de humedad, desprendimiento del concreto, exposición y delaminación del acero, grietas y fisuras, estas sintomatologías se registraron con cada hipótesis, y se muestran a continuación.

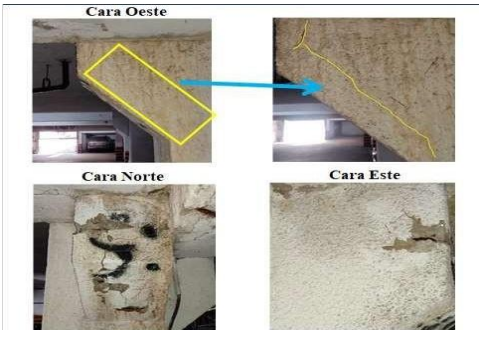


Figura 4. Ménsula ubicada en el eje 7B

3.1 Descripción de la falla: En la cara oeste de la ménsula mostrada en la Figura 4 se observó una fisura que va en sentido del acero principal, la cual tiene una longitud de 0.44m y un espesor que va de 0.1mm a 0.2mm. En la cara norte se observó manchas de humedad, desprendimiento de concreto, concreto fofo, exposición y delaminación del acero de los estribos, estos síntomas ocupan

toda el área de esa cara. En la cara este se observó desprendimiento de concreto, exposición y delaminación de acero, en un área de 0.024m².



Figura 5. Ménsula ubicada en el eje 17'N''

3.2 Descripción de la falla: En la cara sur de la ménsula mostrada en la Figura 5 se observó desprendimiento de concreto, concreto fofo, manchas de óxido, exposición y delaminación del acero de los estribos, que afectan toda cara. En la cara este se observó manchas de humedad, microorganismos de coloración verdosa, y concreto fofo en toda la cara.

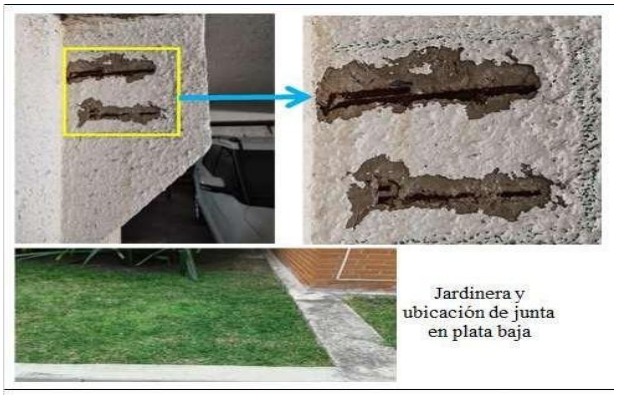


Figura 6. Ménsula ubicada en el eje 23B'

3.3 Descripción de la falla: En la ménsula mostrada en la Figura 6 se observó desprendimiento de concreto, exposición y delaminación del acero de los estribos, que afectan un área de 0,030m².



© 2025 ALCONPAT Internacional

Figura 7. Ménsula ubicada en el eje 23'B

3.4 Descripción de la falla: En la cara este de la ménsula mostrada en la Figura 7 se observó manchas de humedad. En la cara norte se observó concreto fofo y red de grietas, estos síntomas ocupan toda la cara. Y en la cara oeste se observó exposición y delaminación del acero de los estribos que ocupa un área de 0,1m².



Figura 8. Ménsula ubicada en el eje 26'B'

3.5 Descripción de la falla: En la cara sur de la ménsula mostrada en la Figura 8 se observó desprendimiento de concreto, manchas de humedad, concreto fofo en un área de 0,12m², exposición y delaminación del acero.

3.6 Hipótesis: Se presume que la falla de las ménsulas mostradas en la Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 y Figura 8, la está causando la filtración de agua por medio de las juntas de dilatación debido al agua proveniente de jardineras, las cuales se presume que no cuenten con una buena impermeabilización, lo que permite la filtración de agua hacia el sótano. La humedad, junto con la alta concentración de CO_2 que hay en el sótano crea un microclima que favorece la carbonatación, agente que desencadena la corrosión.



Figura 9. Ménsula ubicada en el eje 14G

3.7 Descripción de la falla: En la cara oeste de la ménsula mostrada en la Figura 9 se observó desprendimiento de concreto que ocupa un área de 0,008m², concreto fofo en un área de 0,042m², exposición y delaminación del acero de los estribos. En la cara sur se observó una fisura en la parte superior de 0,08mm de espesor y 0.16m de longitud, y en la cara norte se observó una grieta paralela al acero principal, con un espesor que va desde 0,30mm a 0,40mm y 0,37m de longitud.

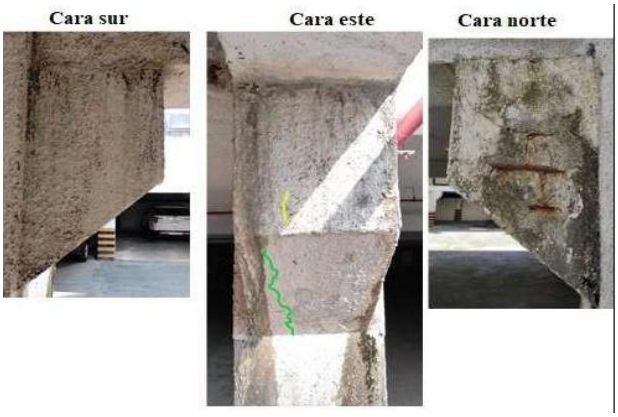


Figura 10. Ménsula ubicada en el eje 16G

3.8 Descripción de la falla: En la cara norte de la ménsula mostrada en la Figura 10 se observó microorganismos de coloración negruzcas, desprendimiento del concreto, exposición y delaminación del acero en un área de 0,1m². En la cara este se observó manchas de humedad, una fisura de 0,05mm de espesor y 0,07m de longitud identificada con color amarrillo, y una grieta que va de 0,05mm hasta 0.50mm de espesor y 0.38m de longitud identificada con el color verde, y en la cara sur se observó microorganismos de coloración verdosa y negruzcas.

3.9 Hipótesis: Se presume que la falla de las ménsulas mostradas en la Figura 9, y Figura 10, la está causando la filtración de agua que proviene de unas jardineras ubicadas en planta baja, alrededor de la ventilación, justamente encima de la ménsula, creando humedad desde la viga hasta llegar a la ménsula que junto con la alta concentración de CO_2 crea un ambiente propicio para el desarrollo da la carbonatación, agente que desencadena la corrosión en el acero.

Luego de realizar el levantamiento de sintomatología de falla se calculó el porcentaje de los miembros afectados, reflejados en la Tabla 3, teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 3. Porcentaje de elementos afectados

Miembro	Población	Elementos Sanos	Elementos Afectados	%Elementos Afectados
Ménsulas	52	35	17	32,62

© 2025 ALCONPAT Internacional

Una vez descritas las fallas y estudiadas las hipótesis se procede a describir algunas propuestas de intervención en base a un diagnóstico donde se identificaron las causas del problema. Es importante saber que se necesita de un proyecto de reparación elaborado por un equipo multidisciplinario.
Lo primero que se debe realizar para la intervención de cualquier elemento estructural es el acordonamiento del área que lo rodea, con una cinta de seguridad, con el fin de advertir al usuario de la existencia de una condición peligrosa. Luego se debe realizar la liberación de las cargas de los elementos a intervenir mediante el apuntalamiento, se debe disponer de los apuntalamientos necesarios para garantizar la estabilidad de la estructura, el apuntalamiento y los tipos de puntales que se usan dependerá de la carga que soporta el elemento a intervenir. Una vez acordonado y apuntalado se comienza con la preparación de la superficie. Los procedimientos de preparación y limpieza de la superficie son tan importantes, que muchos autores, (Helene, 2003), los consideran responsables del 50% o más del éxito de una reparación o refuerzo. Para preparar la superficie se debe primero demarcar el área a reparar, (esta área se obtiene en el levantamiento de fallas mediante la auscultación, que nos permite tener un área aproximada), demarcar en forma cuadrada o rectangular, con la menor cantidad de quiebres posibles, se recomienda usar un disco de corte para demarcar el área, luego se comienza con el procedimiento de escarificación tanto mecánica como manual ya que existen áreas que son de difícil acceso. Se recomienda que al escarificar se realice en estilo cajuela, recto, esto permite que se aloje mejor el mortero de reparación. Para la escarificación mecánica se recomienda usar martillos eléctricos o neumáticos de bajo impacto, estos deben usarse con una inclinación de 45˚, en las áreas de difícil acceso donde no es posible el uso de martillos eléctricos o neumáticos de bajo impacto, se realiza la escarificación manual usando como equipo el cincel y mandarria. En casos cuando el elemento a intervenir presenta exposición y delaminación del acero, y el concreto presente carbonatación o altos contenidos de cloruros en la superficie en contacto con el acero de refuerzo, se debe retirar mediante la escarificación el concreto alrededor de las barras corroídas, dejando las mismas sin contacto con el concreto, una pulgada (1’’) por detrás de las barras, y la remoción del área de concreto se debe realizar hasta 10cm a cada lado luego de encontrar acero sano. Cuando ya el área a reparar se encuentra escarificada, se procede a realizar, el cepillado manual al acero, para remover óxido presente, partes sueltas, o cualquier material no deseado, cepillando en forma ortogonal con cepillo de cerdas de acero, además se utiliza el método químico, aplicando en las barras de acero un neutralizador de proceso de oxidación, o pasivador de acero de refuerzo. Para culminar este proceso, se debe retirar el producto, mediante chorro de agua a presión como se indicó anteriormente, y de ser necesario si el acero con la primera aplicación del producto no queda pasivado se repite el procedimiento. Se debe tomar en cuenta que, si se encuentra acero con pérdida de sección y la misma compromete la prestación del elemento, se debe reforzar el acero existente añadiendo acero mediante anclaje, cumpliendo con las especificaciones técnicas para un correcto anclaje, o hacer una sustitución total. Se procede a realizar la limpieza de la superficie, mediante chorro de agua a presión, para desprender cualquier material que haya quedado del proceso de la preparación de la superficie, y del cepillado del acero. Una vez que la superficie se encuentre limpia, se procede a ejecutar mediante chorro de aire, el secado de superficie extensa, que previamente se ha lavado con agua, usando un soplador de aire. Luego de realizar los procedimientos antes descritos en las ménsulas mostradas en la Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9 y Figura 10 se procede a encofrar el elemento, teniendo en cuenta dejar espacios convenientes para la colocación del producto de relleno, y respetando los 4cm de espesor de recubrimiento especificado en la tabla 7.2.4 de Recubrimiento Mínimo de la Norma Covenin 1753-2006. Una vez el encofrado esté listo,

se comienza con el vaciado. Se recomienda vaciar con mortero de reparación, fluido de alta resistencia, preparado en sitio, realizando la previa identificación de la resistencia a la compresión del concreto existente, de manera que el nuevo mortero/concreto de reparación tenga una resistencia similar a la del concreto existente. También se puede vaciar con mortero de cemento hidráulico, sin retracción, de alta fluidez, resistencia, hidrófugos y autonivelante. Si se decide vaciar con mortero autonivelante se recomienda utilizar encofrado hermético, para prevenir la pérdida del material de relleno. En caso de que el área afectada de la ménsula que se va a intervenir sea pequeña se recomienda rellenar con mortero predosificado, listo para usar, a base de cemento hidráulico, aditivos y arenas de cuarzo. Por último, se debe remover el encofrado, y comenzar con el curado. El tiempo que el encofrado debe permanecer, depende de la resistencia del concreto y de las cargas a las cuales va a estar sometido una vez desencofrado. El desencofrado se debe realizar sin afectar la seguridad ni el comportamiento en condiciones de servicio de la estructura. El curado del elemento dependerá de las indicaciones del producto, que se use, normalmente el proceso de curado se realiza 3 veces al día, durante 7 días. Estos procedimientos se deben realizar en las ménsulas que presentan sintomatologías similares a las antes descritas.

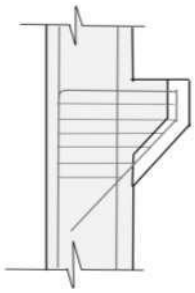


Figura 11. Preparación de la superficie.

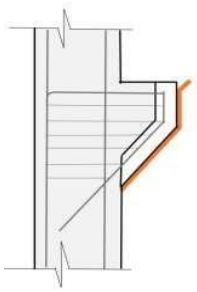


Figura 12. Encofrado.

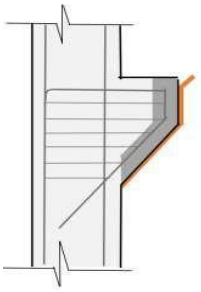


Figura 13. Llenado con mortero

4 CONCLUSIÓN

De los resultados arrojados por el levantamiento sintomatológico de las fallas del sótano se obtuvo que el 32,69% de las ménsulas estudiadas, presentaron sintomatología de fallas, y las fallas con mayor frecuencia fueron: manchas de humedad, debido a la filtración de agua provenientes de las juntas de dilatación y jardineras, desprendimiento del concreto, grietas, exposición y delaminación del acero por presencia de corrosión, debido principalmente a la humedad, los ciclos de humectación y secado y el poco espesor de recubrimiento que presentan muchos de los elementos afectados permiten que el CO_2 penetre en la masa de concreto y se desarrolle la carbonatación, agente que desencadena la corrosión. Luego de haber culminado el estudio de los miembros del sótano que presentaron sintomatología, se estableció un diagnóstico preliminar que permitió seleccionar la propuesta de intervención a los miembros estructurales, antes indicados, donde se recomendó para la preparación de la superficie, escarificación mecánica usando martillos eléctricos o neumáticos de bajo impacto, y escarificación manual usando cincel y mandarria, para la limpieza de la superficie se recomendó hacerlo usando el procedimiento de chorro de agua a presión y secado con chorro de aire. En los elementos que necesiten de la limpieza del acero se recomendó hacerlo con cepillado manual, y además utilizar el método químico, aplicando en las barras de acero un pasivador de acero de refuerzo, para el vaciado se recomendó usar mortero de reparación, fluido de alta resistencia, también se puede vaciar con mortero de cemento hidráulico, sin retracción, de

© 2025 ALCONPAT Internacional

alta fluidez, resistencia, hidrofugo y autonivelante. Con lo anteriormente expuesto, se puede concluir que la rehabilitación del sótano del edificio es factible dado que las posibles causas identificadas en el diagnostico preliminar se podrían solventar con estos métodos. Aun cuando se trata de una edificación joven de apenas 20 años desde hace unos años comenzó a presentar daños en su estructura, lo que hace pensar que probablemente las prácticas constructivas utilizadas para su ejecución no fueron del todo las más adecuadas, aunado a que la edificación no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo lo que ha provocado el deterioro progresivo de la misma, y las medidas correctivas que se realizaron en el 2011 y en el 2014 no se realizaron de manera adecuada, debido a que no atacaron la causa de falla. Por ello es muy importante antes de proceder a ejecutar los trabajos, contar con un proyecto de intervención que será el resultado de un diagnóstico realizado una vez llevadas a cabo las actividades necesarias para ello.

5 AGRADECIMIENTOS

Al consejo de desarrollo científico, humanístico y tecnológico de la Universidad Centroccidental Lisando Alvarado, CDCHT de la UCLA.

6 REFERENCIAS

Arrieta, L., Dikdan, M., Avon, D., Malavé, R., Anzola, E., Bolognini, H., Corominas, M. (2013), “Un enfoque integral… Prevención de daños y rehabilitación de estructuras de concreto armado”. Primera Edición ISBN 978-980-12-6483-5.

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. (1753-2006): Proyecto y Construcción de obras en concreto estructural.

Dikdan, M. (2017), “Inspección ocular del sótano y planta baja de un edificio ubicado en Barquisimeto – Edo Lara”.

Fernández, M. (1994). “Patología y Terapéutica del Hormigón Armado”. Tercera Edición Madrid España.

Galindez, M., Giménez, K., Olavarrieta, M. (2021) “Propuesta de intervención de las fallas en los miembros estructurales del sótano de los edificios del conjunto residencias pedregal plaza en Barquisimeto, Estado Lara. Trabajo especial de grado UCLA

Helene, P., y otros. (2003). “Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón, reparación, refuerzo y protección”. Red REHABILITAR. CYTED. Primera Edición. México.

Malavé, R. (2020), “Mapeo de daños del Sótano de un edificio Ubicado en Barquisimeto – Edo Lara”.

Norma Técnica Fondonorma. (2012). NTF (4015;2012): Concreto y Durabilidad para Iberoamérica.

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

5) Evaluación y adecuación de estructuras

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Influencia de las Paredes de Relleno en el Comportamiento Sismorresistente de Edificaciones de Pórticos en Concreto Reforzado

J. Mata[1]

juanlmata26@gmail.com

RESUMEN

Esta investigación examina la influencia de las paredes de relleno de mampostería en la resistencia sísmica de edificaciones de pórticos de concreto reforzado, usando como caso de estudio el colapso parcial del edificio Palace Corvin durante el terremoto de 1967 en Caracas, Venezuela. Se analizan las diferencias en el comportamiento sísmico entre los módulos del edificio y se proyecta el desempeño que tendría la misma edificación si fuera diseñada bajo normativas actuales. El objetivo es contribuir a la evaluación y rehabilitación de estructuras existentes y al diseño de nuevas edificaciones. Los resultados indican que las paredes de relleno alteran la rigidez y la distribución de tensiones, destacando la importancia de considerarlas en el diseño estructural para evitar una subestimación de la demanda sísmica.

Palabras clave: Diseño Sismorresistente; Paredes de Relleno; Estructuras Existentes; Concreto Reforzado; Vulnerabilidad Sísmica.

[1] Especialización en Ingeniería Estructural, Dirección de postgrado, UCAB, Caracas, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica y muchas otras regiones, los pórticos con paredes de relleno de mampostería son comunes en edificaciones residenciales. Sin embargo, los registros de daños sísmicos muestran que estas estructuras a menudo tienen un desempeño sísmico deficiente. Algunas han colapsado, causando pérdidas humanas, mientras que otras han sufrido daños severos, requiriendo reparaciones costosas o demolición. Este mal comportamiento puede deberse a la baja calidad de la construcción y, frecuentemente, al diseño de ingeniería que no considera los efectos adversos de las paredes de relleno. Estos efectos incluyen la alteración en la distribución de cargas, torsión inducida, formación de entrepisos blandos y efectos de columnas cortas.

Durante el terremoto de Caracas en 1967, varios edificios resultaron afectados, incluyendo el Edificio Palace Corvin en la zona de Altamira y Los Palos Grandes, uno de los cuatro edificios que colapsaron. El Palace Corvin, de 10 niveles y en forma de H, consistía en dos cuerpos rectangulares y un tercero de circulación en el medio, separados estructuralmente por juntas de dilatación. La Figura 1 ilustra el esquema de la planta típica del edificio y la distribución de paredes en la planta baja.

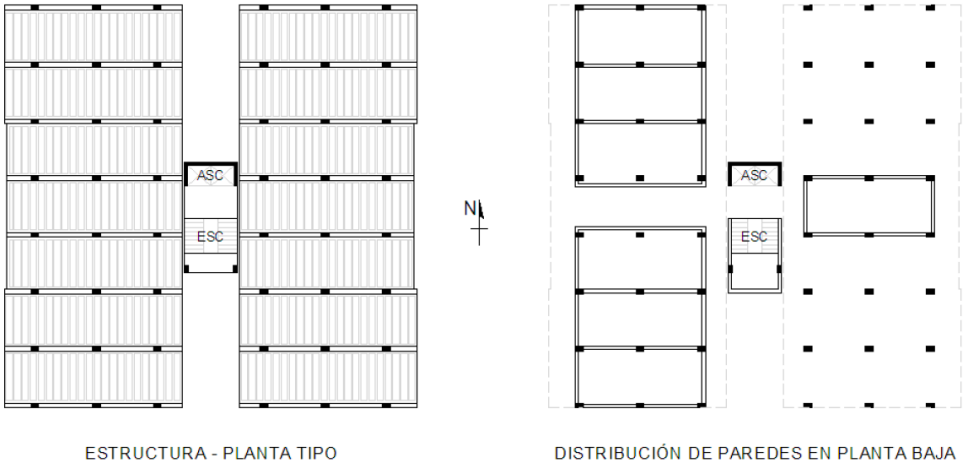


Figura 1. Edificio Palace Corvin, planta tipo y distribución de paredes en planta baja. (Urich, 2012).

La estructura de ambas unidades del Edificio Palace Corvin era del tipo pórtico de carga en concreto reforzado, con columnas rectangulares y vigas altas orientadas en dirección Este-Oeste. La diferencia entre las alas este y oeste se muestra en el segundo esquema de la Figura 1; la planta baja del ala oeste albergaba comercios, mientras que la del ala este se destinó al estacionamiento de vehículos, careciendo de paredes de relleno en gran parte del área. Durante el Terremoto de Caracas, solo se derrumbó el ala este del edificio, mientras que la unidad de circulación y la torre oeste permanecieron en pie, como se muestra en la Figura 2. (Briceño et.al.,1973).



Figura 2. Edificio Palace Corvin, torre este derrumbada y torre oeste en pie. (FUNVISIS, 1968).

Numerosos estudios y ensayos sobre daños en edificaciones con configuraciones similares han sido incorporados en la literatura especializada y códigos de diseño para detectar y prevenir problemas. La última actualización de la norma sísmica venezolana COVENIN 1756-2019 incluye la necesidad de considerar los impactos negativos de las paredes de relleno en los modelos de análisis, con recomendaciones específicas. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo principal estudiar, a partir de la información recolectada del edificio Palace Corvin, los posibles efectos adversos de las paredes de relleno de mampostería en el comportamiento sísmico de una edificación de los años 60, proyectada con criterios normativos obsoletos, y compararla con un edificio de la misma configuración arquitectónica, pero cuyos miembros estructurales se han adaptado a las normativas actuales.

2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO PALACE CORVIN

La edificación constaba de dos cuerpos principales: el cuerpo Oeste, frente a la Avenida del Ávila, y el cuerpo Este, al fondo del predio, separados por una torre de circulación vertical. Diseñado como vivienda multifamiliar, ambos cuerpos rectangulares estaban orientados en dirección N-S, con dimensiones de 24,50 m (N-S) por 11,15 m (E-O) y una altura de 30,70 m. (FUNVISIS, 1968).

2.1 Estructura

El esqueleto de la edificación estaba compuesto por concreto reforzado, con losas nervadas de 20 cm de espesor. Cada cuerpo principal contaba con ocho pórticos en dirección E-O, separados por 3,50 m. Estos pórticos tenían tres columnas distanciadas 3,85 m entre ejes, con vigas altas de 25x45 cm en los pórticos interiores y de 25x40 cm en los exteriores. Las vigas sobresalían en voladizo a cada lado, con extensiones máximas de 1,30 m y 1,65 m, manteniendo la misma sección que en los tramos. (FUNVISIS, 1968).

En el sentido N-S, se planificó el sistema de pórticos utilizando las columnas en combinación con los nervios de las losas, prescindiendo del uso de vigas en este sentido. Esto resultó en tres pórticos (N-S) separados por 3,85 m. Cada pórtico está compuesto por ocho columnas distanciadas 3,50 m

© 2025 ALCONPAT Internacional

entre ejes. Todas las columnas tienen sección rectangular, con la dimensión mayor en sentido E-O. En la figura 3 se presenta el esquema estructural de planta tipo del edificio Palace Corvin.

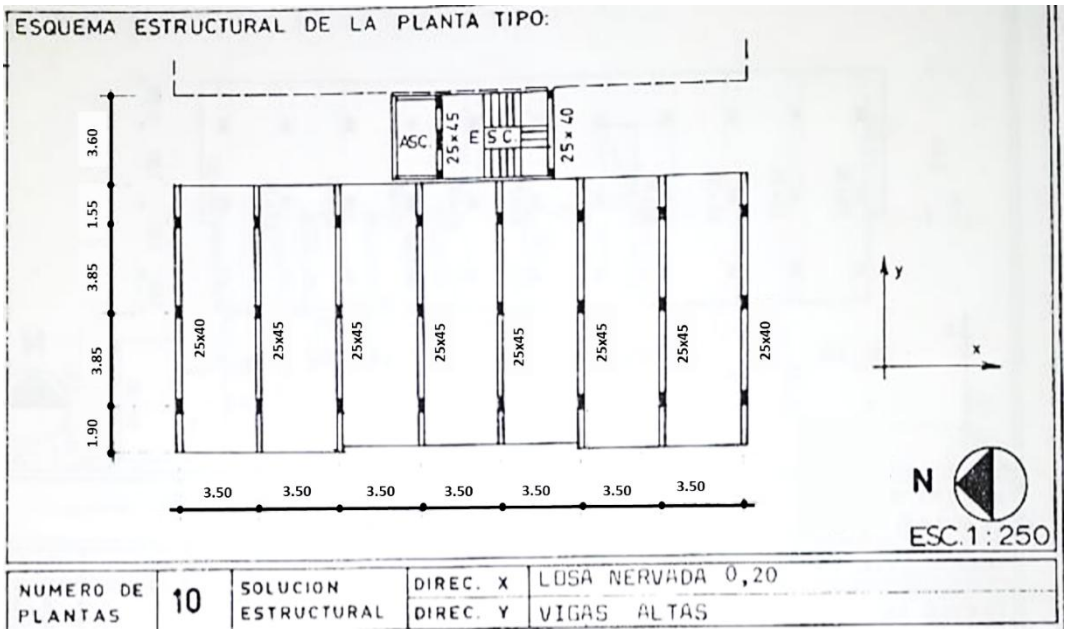


Figura 3. Esquema estructural de la planta tipo. (FUNVISIS, 1978).

Las mediciones de muestras de escombros revelaron que los porcentajes de armadura geométrica en las columnas estaban entre el 1,00% y el 1,43%, y en las vigas, este porcentaje fue del 1,05%. En todas las secciones (vigas y columnas), la armadura transversal consistía en estribos de 3/8'' de 2 ramas, con separaciones de 25 a 30 cm. (FUNVISIS, 1968).

2.2 Paredes

La tabiquería exterior del edificio era de bloques huecos de arcilla de 15 cm, y las divisiones internas eran de 10 cm, salvo entre apartamentos, donde también eran de 15 cm. En el sentido E-O, los tabiques se apoyaban en las vigas de los pórticos, mientras que en el N-S, los tabiques se alternaban entre módulos sin coincidir con las columnas. La tabiquería del cuerpo Este era similar a la del cuerpo Oeste, pero en la planta baja solo había tabiques en el área de la portería, con el resto del espacio destinado al estacionamiento. (FUNVISIS, 1968).

2.3 Información de daños

El terremoto causó la caída total del cuerpo Este del edificio, con un desplazamiento vertical hacia el norte y menor hacia el este, siguiendo el sentido de los nervios de las losas. En el cuerpo Oeste, los daños estructurales fueron menores, con algunas columnas de planta baja mostrando fisuras verticales y daños en la tabiquería concentrados en la planta baja y los dos primeros pisos. (FUNVISIS, 1968).

3 MODELOS ANALIZADOS

En la figura 4 y 5 se describen los seis modelos elaborados utilizando el software ETABS 20.0.0 para evaluar la influencia de las paredes de relleno. Las paredes se incorporaron utilizando el método de la biela diagonal equivalente.

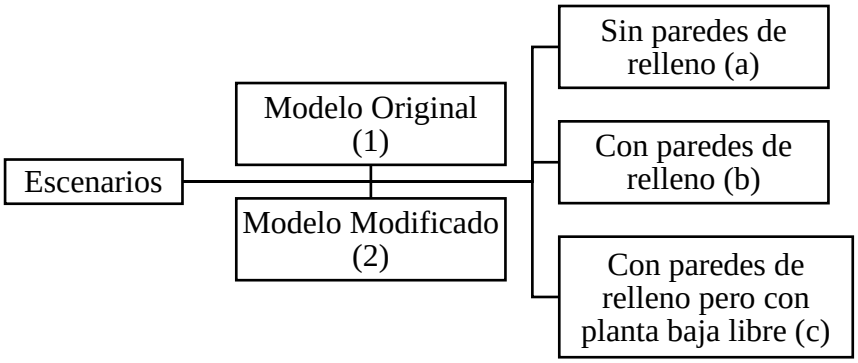


Figura 4. Escenarios Analizados.

El modelo original fue calibrado con los períodos de vibración medidos durante diferentes etapas de demolición de las paredes de relleno, utilizando un ensayo de vibración libre en la torre oeste del edificio Palace Corvin, realizado por Briceño, Espinosa y Arcia en 1973.

El modelo modificado ha sido diseñado verificando los requerimientos sismorresistentes establecidos en los códigos COVENIN 1756 y FONDONORMA 1753.

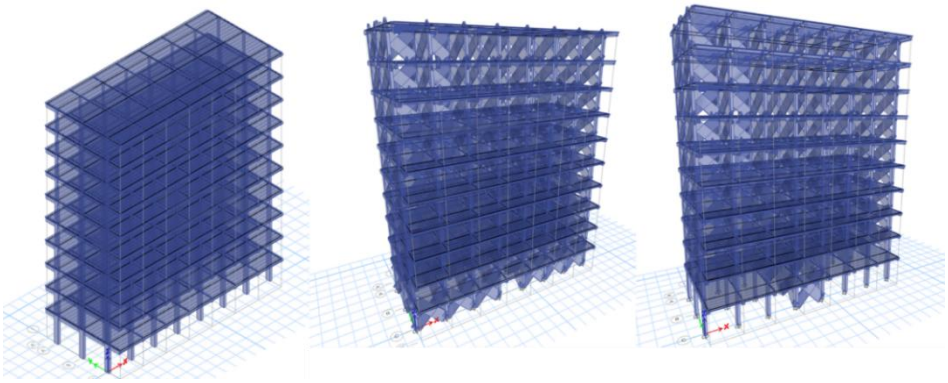


Figura 5. Modelos generados con ETABS. Izquierda: Modelo sin paredes (a). Centro: Modelo con paredes (b). Derecha: Modelo planta baja libre (c)

3.1 Método de la Biela Diagonal Equivalente

Según el código COVENIN 1756, para estimar la contribución de paredes y tabiques de relleno, éstos pueden modelarse mediante una biela diagonal equivalente en cada paño. Este modelo representa el comportamiento estructural al separarse la mampostería del pórtico en dos esquinas opuestas, sometiendo las otras dos a compresión. La biela diagonal, definida como un elemento que trabaja sólo a compresión y articulada en sus extremos al pórtico, tiene el mismo espesor y

© 2025 ALCONPAT Internacional

módulo de elasticidad de la pared. El ancho de la biela es el 25% de la longitud de la diagonal del pórtico según la norma.

La resistencia a compresión de la biela corresponde al agotamiento de la capacidad resistente de la pared. Esta resistencia es definida como Rbiela.

$$R_{biela} = P_d \leq V_m / \cos \theta_{biela} \quad (1)$$

Donde,
θ_{biela}, es el ángulo de la biela respecto a la horizontal.
P_d, es la resistencia a compresión diagonal del muro de relleno según CONVENIN 5008.
V_m, es la resistencia a corte del muro de relleno según CONVENIN 5008.

3.2 Resistencia de los materiales

En el informe FUNVISIS (1968), se realizaron ensayos de compresión en núcleos de concreto del cuerpo Este colapsado, obteniendo una resistencia promedio de 196 kgf/cm², utilizada en el modelo original. Para el modelo modificado, se estableció una resistencia mínima del concreto de 250 kgf/cm² por razones de durabilidad.

El informe FUNVISIS (1978) registró una resistencia cedente promedio para el acero de refuerzo de 2800 kgf/cm² en 21 edificios, utilizada en el análisis del modelo original, y barras de refuerzo Grado S-60 con 4200 kgf/cm² para el modelo modificado. La resistencia media a la compresión para bloques de arcilla fue definida en 40 kgf/cm² según la norma COVENIN 5008.

3.3 Cargas permanentes y variables

Las cargas permanentes aplicadas en los modelos se asignaron según la norma COVENIN 2002-1988. Para las paredes, se estimó una carga uniforme de 300 kgf/m² según los datos recolectados.

3.4 Combinaciones de Carga

En cuanto a las combinaciones de cargas, se procuró seleccionar aquellas que fueran lo más representativas a las soportadas por el edificio al momento del sismo. Por lo tanto, en el análisis de los modelos se utilizan las siguientes combinaciones:

U1= CP + 0,50 CV ± SH + Sv
U2= CP + 0,50 CV ± SH – Sv

Dónde:
CP: Cargas permanentes.
CV: Cargas variables.
SH: Efectos de la combinación de las dos componentes horizontales simultaneas del sismo, se utilizará el método RCSC (según 8.3.1.1 Norma COVENIN 1756)
SV: Efectos de la componente vertical del sismo.

4 ANÁLISIS DINÁMICO

Se emplea el método de análisis dinámico elástico espectral descrito en 9.5.3 de la Norma COVENIN 1756.

4.1 Espectros de Respuesta

Para llevar a cabo el análisis modal espectral de los modelos bajo estudio, se utilizan dos espectros sísmicos. Los espectros de la Figura 6 reflejan la respuesta probable del evento sísmico ocurrido en 1967 (Guerrero y López, 2019), mientras que la Figura 7 corresponde a los espectros de diseño establecidos por la normativa actual COVENIN 1756.

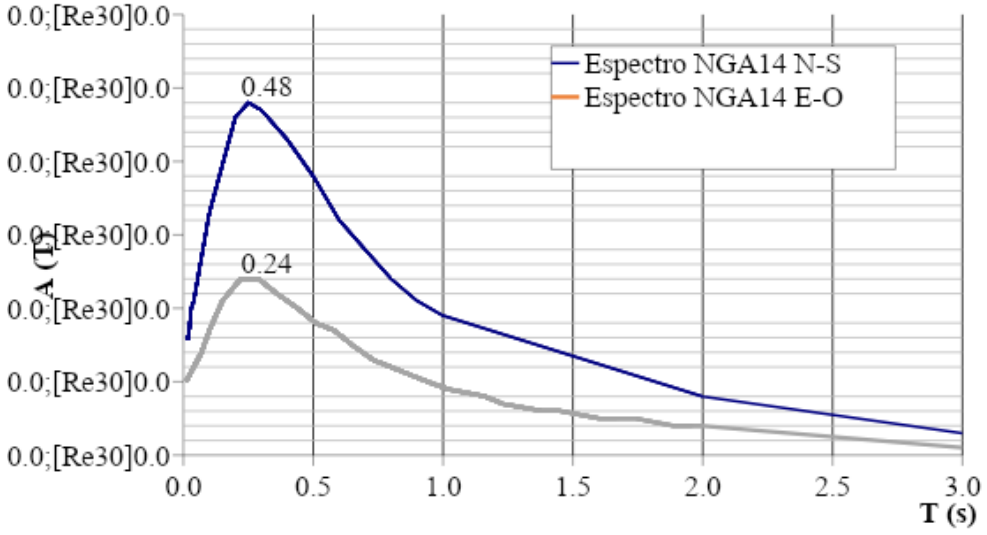


Figura 6. Espectros NGA14N-S y NGA14E-O (Guerrero y López, 2019)

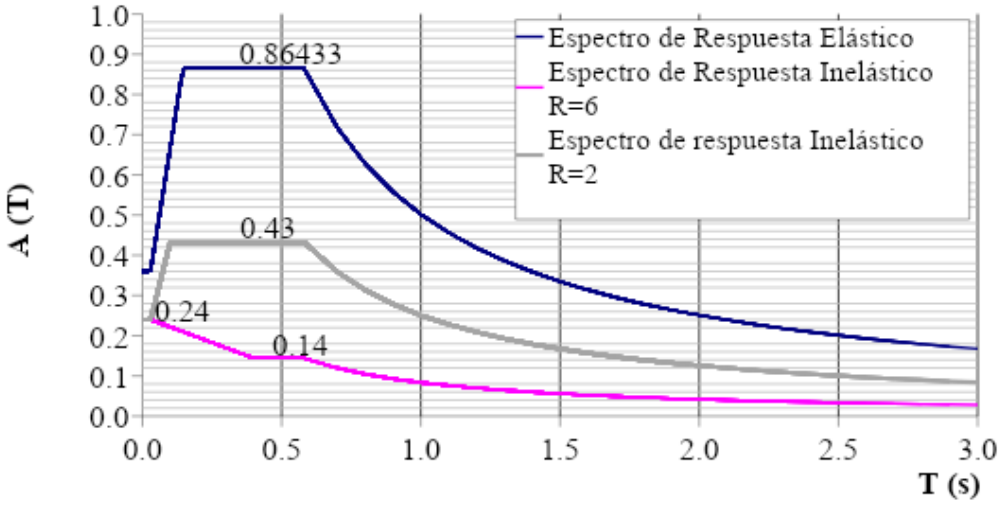


Figura 7. Espectros de respuesta elástica e inelástica para R= 6 y R=2 según COVENIN 1756

© 2025 ALCONPAT Internacional

El modelo modificado se diseñó considerando un factor de reducción de respuesta R= 6, correspondiente a pórticos especiales. En el modelo original, aunque no hay un sistema sismorresistente bien definido en la dirección N-S, se puede aproximar un factor R= 2, propio de pórticos ordinarios.

4.2 Períodos de vibración

En la tabla 1 y 2, se presentan los tres primeros períodos de vibración, dos correspondientes a movimientos traslacionales (en las direcciones Norte-Sur y Este-Oeste) y uno torsional, para cada modelo evaluado.

Tabla 1. Períodos de vibración modelo original

	Período (s)			% Masa Participativa		
Modelo Original	**N-S**	**E-O**	**Torsional**	**N-S**	**E-O**	**Torsional**
1a	2,29	1,63	1,61	80,52%	73,22%	73,82%
1b	1,14	0,70	0,68	74,71%	72,52%	72,14%
1c	1,24	0,74	0,77	82,02%	78,07%	83,01%

Tabla 2. Períodos de vibración modelo modificado

	Período (s)			% Masa Participativa		
Modelo Modificado	**N-S**	**E-O**	**Torsional**	**N-S**	**E-O**	**Torsional**
2a	1,23	1,15	1,01	80,05%	75,55%	78,46%
2b	0,90	0,65	0,62	75,47%	74,32%	74,81%
2c	0,96	0,68	0,67	81,57%	73,46%	76,86%

El análisis de los períodos de vibración del modelo original muestra que la presencia de paredes reduce notablemente los períodos: un 50% en dirección N-S y un 57% en dirección E-O, debido a la mayor rigidez por la densidad de paredes. Sin paredes en planta baja, los períodos aumentan un 8% y el segundo período se vuelve torsional. En el modelo modificado, la adición de paredes también disminuye los períodos: un 27% en dirección N-S y un 43% en dirección E-O. Sin paredes en planta baja, se observa un patrón similar al del modelo original, pero el segundo período de vibración permanece traslacional.

4.3 Relaciones de deriva

En las figuras 8 y 9 se presentan las derivas obtenidas en la dirección N-S en los modelos analizados. El modelo original muestra gran flexibilidad con mayores derivas al eliminar las paredes de planta baja. Se observa que, para el primer nivel, la relación de deriva es de 1.8% para el modelo con paredes en toda la altura (1b), en comparación con el 5.3% para el modelo con PB

libre (1c). Para tal magnitud de deriva y nivel de diseño de la edificación, el grado de daño esperado en la estructura es extensivo según lo especificado por FEMA en su programa denominado Hazus®–MH 2.1 (FEMA, 2017).
El modelo modificado reduce las derivas en un 70%, con la máxima deriva concentrada en el segundo nivel (modelos 2a y 2c) o tercer nivel (modelo 2b), superando apenas el 3.2%, lo que sugiere el inicio de un daño moderado.

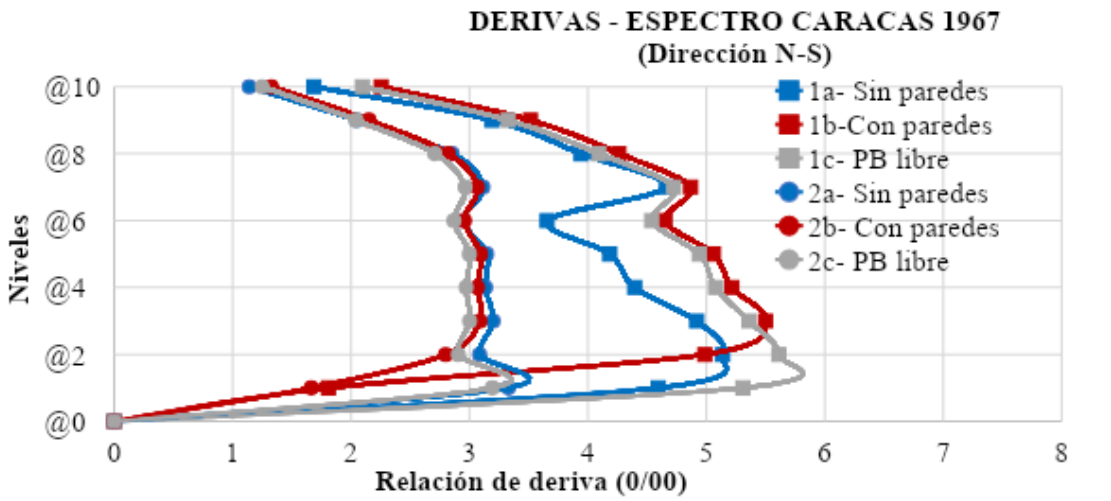


Figura 8. Relación de deriva dirección N-S, espectro Caracas 1967

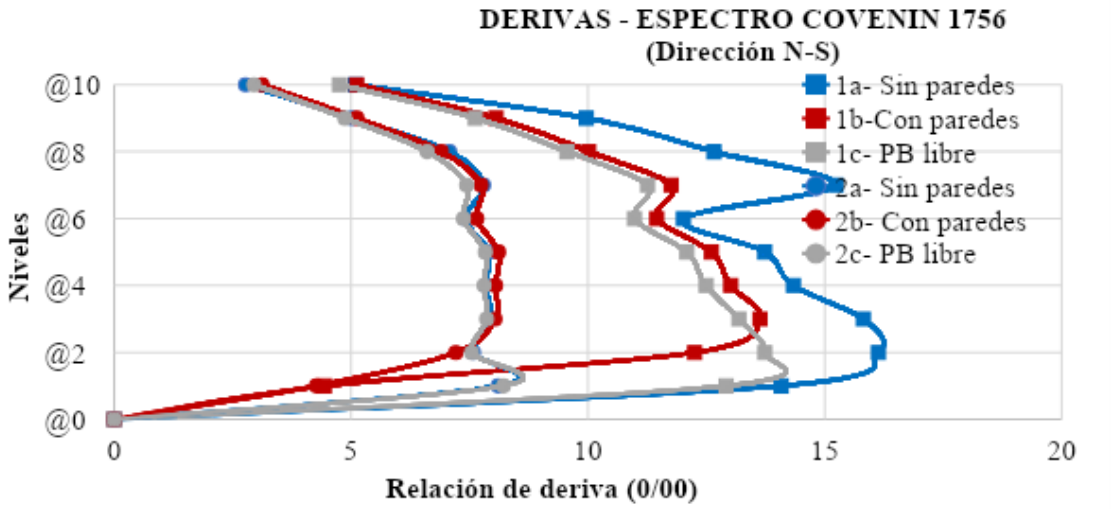


Figura 9. Relación de deriva dirección N-S, espectro COVENIN 1756

4.4 Tensiones en los miembros estructurales

En la Figura 10 se observa que la inclusión de paredes aumenta las fuerzas axiales y reduce los momentos en las columnas, especialmente en las extremas. En la planta baja libre, los momentos

© 2025 ALCONPAT Internacional

en las columnas aumentan significativamente. La presencia de paredes también reduce las fuerzas cortantes, mientras que su eliminación en la planta baja provoca un aumento considerable en el corte.

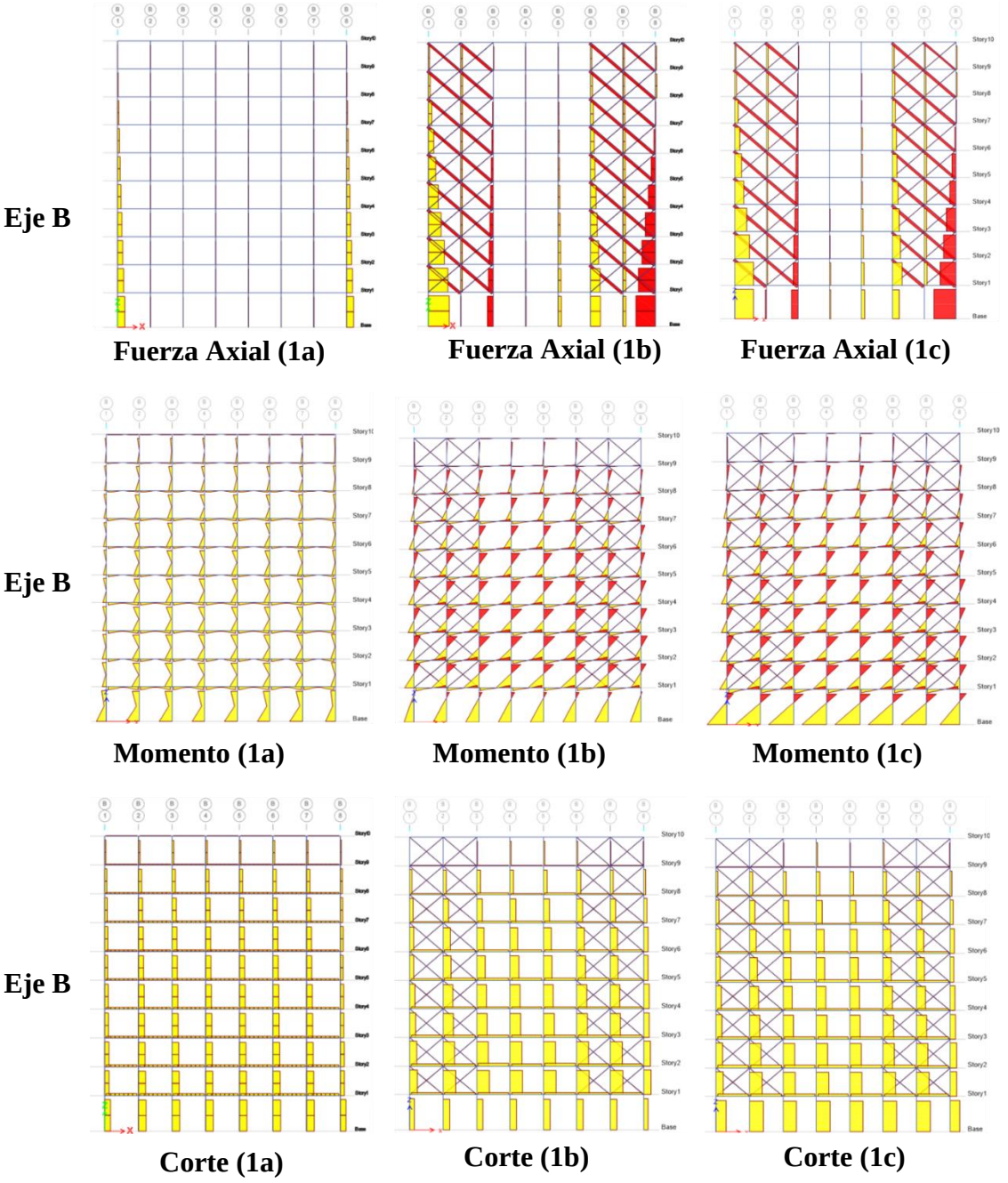


Figura 10. Diagramas de fuerza axial, momento y corte, eje central, Modelo Original

4.5 RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD EN LAS COLUMNAS

Para determinar la demanda/capacidad de las columnas de planta baja, se ha limitado la capacidad de las bielas para evitar que exceda su resistencia estimada según la norma COVENIN 5008 [9]. Se ha trabajado con espectros elásticos, evaluando las combinaciones indicadas y se ha aplicado un factor de reducción de resistencia estructural (∅) igual a 1. Este enfoque se utiliza con el fin de estimar la ductilidad requerida de las columnas a través de un análisis lineal.

Tabla 4 - Relación D/C Columnas PB. Espectro Sismo de Caracas de 1967.

Relación Demanda/Capacidad Modelo Original				**Relación Demanda/Capacidad Modelo Modificado**			
Modelo	**Media**	**Máx.**	**Mín.**	**Modelo**	**Media**	**Máx.**	**Mín.**
1a	1,29	1,88	1,17	**2a**	0,93	1,20	0,89
1b	2,20	4,84	0,99	**2b**	0,83	1,88	0,45
1c	5,08	8,15	2,37	**2c**	1,63	2,87	1,11

Tabla 5 - Relación D/C Columnas PB. Espectro COVENIN 1756

Relación Demanda/Capacidad Modelo Original				**Relación Demanda/Capacidad Modelo Modificado**			
Modelo	**Media**	**Máx.**	**Mín.**	**Modelo**	**Media**	**Máx.**	**Mín.**
1a	8,45	8,97	5,49	**2a**	3,38	4,42	2,84
1b	13,27	26,00	6,81	**2b**	4,23	8,63	1,98
1c	20,80	47,00	8,30	**2c**	5,00	10,19	2,54

En todos los casos, la demanda de ductilidad de los modelos con paredes es mayor que en los modelos sin paredes.

Para el modelo original con paredes en toda la altura (1b), la demanda de ductilidad media del sismo de Caracas de 1967 es aproximadamente 2, lo que se podría aceptar para un sistema de pórticos ordinarios. En contraste, el modelo original con PB libre (1c) requiere más del doble de ductilidad, lo que es consistente con el colapso de este edificio. Al evaluar el espectro de diseño de la norma COVENIN 1756, se observa que la resistencia de las columnas del modelo original es ampliamente superada para el sismo de diseño.

En el modelo modificado, la demanda de ductilidad media es inferior a 6, adecuada para pórticos especiales; sin embargo, también se observa que para algunos miembros estructurales la demanda local aumenta significativamente en el caso de pórticos con paredes (2b y 2c), con mayor incidencia cuando las paredes son discontinuas en planta baja (2c).

© 2025 ALCONPAT Internacional

5 CONCLUSIONES

Para evaluar la contribución de las paredes de relleno en el comportamiento sísmico de estructuras de concreto reforzado, se utilizó el modelo de bielas de la norma COVENIN 1756. Este modelo predijo adecuadamente la rigidez del edificio Palace Corvin y simuló los eventos del sismo de Caracas de 1967. Tres modelos basados en esta información sugieren que la planta baja libre del ala este aumentó significativamente la demanda sobre las columnas, precipitando su colapso, mientras que las paredes del ala oeste ayudaron a prevenir la falla.

Un modelo similar al del edificio Palace Corvin, pero diseñado según la normativa vigente, muestra que las paredes tienen mucho menos incidencia en el desempeño sismorresistente de estructuras actuales, más rígidas, que en el caso de las estructuras antiguas, más flexibles. Sin embargo, aunque su incidencia es menos significativa, las paredes también modifican la rigidez y los efectos torsionales.

Se confirma que las paredes de relleno impactan notablemente en la resistencia, rigidez y ductilidad de las estructuras. Se ha constatado un aumento en las fuerzas de compresión y tracción, así como una disminución en los momentos y cortantes en los entrepisos con paredes. Por otro lado, se ha observado un incremento desproporcionado en los momentos y cortantes en las columnas de los entrepisos con paredes discontinuas, como en el caso de la planta baja libre. Estos resultados resaltan la importancia de considerar la presencia de las paredes de relleno, especialmente en la evaluación de edificaciones existentes que puedan ser vulnerables sísmicamente.

6 REFERENCIAS

Briceño, E, Espinosa F y Arcia R (1973). Dynamic Response Study of the Palace Corvin Building in Caracas, Venezuela. 5th World Conference on Earthquake Engineering (5th WCEE) Vol 1 (pp 274-285). Roma.

FEMA (2017). Hazus®–MH 2.1 Multi-Hazard Loss Estimation Methodology User Manual. Federal Emergency Management Agency.

FONDONORMA 1753 (2006). Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural. FONDONORMA, Caracas.

FUNVISIS (1968). Primera Fase del Estudio del Sismo ocurrido en Caracas el 29 de Julio de 1967. Informe de los Edificios Derrumbados. Ministerio de Obras Públicas, Comisión Presidencial para el Estudio del Sismo, FUNVISIS, Caracas.

FUNVISIS (1978). Segunda Fase del Estudio del Sismo ocurrido en Caracas el 29 de Julio de 1967. Ministerio de Obras Públicas, Comisión Presidencial para el Estudio del Sismo, FUNVISIS, Volumen A, Caracas.

Guerrero A. y López O. (2019). Espectro de Respuesta del Sismo de Caracas de 1967. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Vol. 42, No. 3, pp. 104-151.

Norma Venezolana COVENIN 2002 (1988). Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones, Caracas.

Norma Venezolana COVENIN 1756 (2019). Construcciones Sismorresistentes, Caracas.

Norma Venezolana COVENIN 5008 (2019). Análisis, Diseño y Construcción de Edificaciones de Mampostería Estructural, Caracas.

Urich A. (2012). Desempeño de Edificios y Acciones Sísmicas en Los Palos Grandes 1967. Tesis para optar al título de Magister Scientiarum en Ingeniería Sismorresistente. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Análisis estructural y modelado de un sistema de refuerzo en viga postensada-columna usando la filosofía BIM. Caso de estudio: pasillos ondulados de la Ciudad Universitaria de Caracas, Corredor N°5.

L. Bruzual Ortiz[*1], W. Ascanio[2], L. Videla Nuñez[3]

RESUMEN:

Tras el colapso del techo del Corredor N°5 de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) y la falta de información original del sistema estructural, se estudiaron los elementos: viga postensada en voladizo, columna y tensor. Entre los aportes se señalan: modelos tridimensionales digitalizados del sistema estructural original, afectado patológicamente y reforzado, empleando la filosofía BIM hasta su tercera dimensión y los parámetros normados de COVENIN sobre análisis estructural, para el registro de los mismos y como precedente para futuros proyectos; planteamiento de un sistema de refuerzo alternativo que solucione la causa de las patologías recurrentes; garantizar la seguridad y fiabilidad a la comunidad que circula por el Corredor N°5; y proteger la integridad arquitectónica, estructural y cultural de la CUC.

Palabras clave: Filosofía BIM, Análisis estructural, Modelo 3D, Postensado, Sistema de refuerzo.

[1] Departamento de estructuras, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. Ingeniero Civil Independiente, leobruzual534@gmail.com
[2] Fundacion Venezolana de Investigaciones Científicas, FUNVISIS, ascaniowilliam@gmail.com
[3] Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V. (IMME-UCV), liber.cica@gmail.com

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

La Construcción de la CUC comenzó en 1943 y fue declarada patrimonio mundial de la humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) en el año 2000, debido a su belleza arquitectónica, complejidad estructural e importancia para la comunidad. En el 2020 una sección del Corredor N°5 colapsó, acontecimiento que condujo al desarrollo de estudios del sistema estructural, evidenciando patologías recurrentes en todas las vigas y losas del Corredor. Esta condición supone un grave riesgo de colapso para los transeúntes circulen por el mismo; así como un daño a la integridad arquitectónica y cultural de la CUC. El sistema estructural está compuesto por vigas en voladizo de geometría variable apoyadas en una columna; con un tensor postensado en el extremo posterior de la viga anclado a la fundación, losas onduladas simplemente apoyadas en las vigas, losa de piso y sistemas de drenaje. La investigación se enfocó en el estudio de: viga postensada, columna y tensor.

2 OBJETIVO GENERAL

Calcular la estructura base y el sistema de refuerzo de la Viga postensada-Columna en el pasillo ondulado del Corredor N°5 de la ciudad universitaria aplicando la filosofía BIM.

3 METODOLOGÍA

3.1 Toma y recopilación de datos

3.1.1 Medidas "in situ"

Estas anotaciones se basaron en la arquitectura de la estructura, sin tomar en cuenta las características de los materiales ni la ubicación del armado de acero y postensado interno de la estructura, usando como modelo la estructura próxima a la viga N°13 colapsada, las medidas corresponden a la viga N°14, columna N°14 y losa apoyada entre la viga N°14 y N°15. Figura 1.

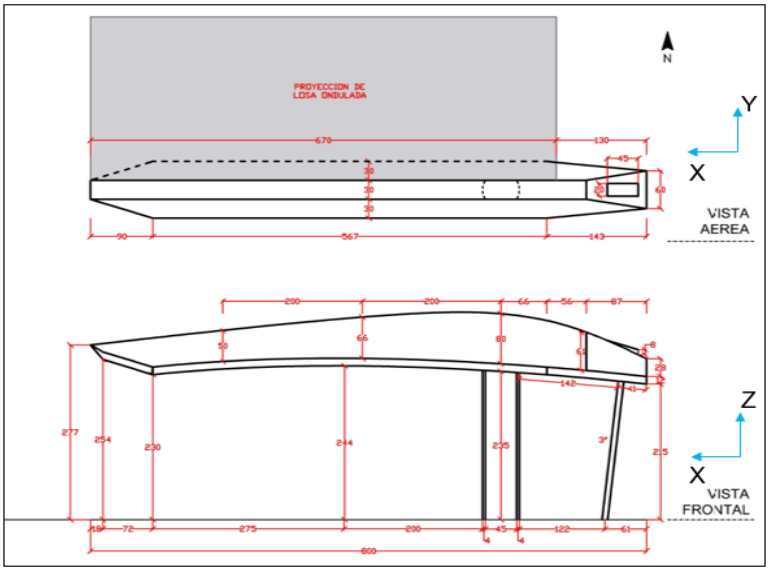


Figura 1. Boceto de viga N°14 del Corredor N°5.

3.1.2 Propiedades de los materiales. Se extrajeron principalmente de informes realizados por el IMME (N°312527, 2020; N°312590, 2021; N°312591, 2021; N°312668-B, 2021), sin embargo, las variables para el análisis estructural se determinaron manualmente.
La norma COVENIN 1753:2006 indica que las ecuaciones predeterminadas para el cálculo del módulo de elasticidad y el módulo de rotura del concreto son:

$$E = 0{,}14 * (Wc)^{1{,}5} * \sqrt{f'c} \quad (1)$$

Donde: E= Módulo de elasticidad [kgf/cm^2]; Wc= Peso [kgf]; f'c= Resistencia [kgf/cm^2]

$$fr = 2 * \sqrt{f'c} \quad (2)$$

Donde: fr= Módulo de rotura [kgf/cm^2]

3.1.4 Identificación e interacción de solicitaciones. Se determinaron las cargas permanentes y variables de la estructura de acuerdo con la norma COVENIN 2002-88 y tras realizar una inspección visual de los elementos estructurales que interactúan entre sí y la influencia del ambiente en el sistema, aunado a esto, los informes del IMME (N°312527, 2020; N°312528, 2020; N°312591, 2021) mencionan afecciones en el sistema estructural, generando sobrecargas adicionales.
El volumen de agua estancada se obtuvo de figuras de sección trapezoidal generadas en los espacios de la losa ondulada, asumiendo que se llenan en su totalidad al fallar los sistemas de drenaje.

$$V = \frac{B_{mayor} * B_{menor}}{2} * H * L \quad (3)$$

Donde: V= Volumen [m^3]; B= Base del trapecio [m]; H=Altura del trapecio [m]; L= Longitud [m]

La transformación de cargas en esfuerzos, se realizó con el uso de la siguiente formula:

Donde: D= Densidad del material [kgf/m^3]

$$\sigma = \frac{Q}{Aa} \quad (5)$$

Donde: σ= Esfuerzo [kgf/m2]; Q= Carga [kgf]; Aa= Área de aplicación de la carga [m2]

Las solicitaciones sísmicas se determinaron por los lineamientos definidos en la norma COVENIN 1756-1:2019, usando los datos y parámetros recomendados por el informe del IMME (N°312628, 2022), obteniendo así el espectro de respuesta de la zona y la componente sísmica vertical.
La viga en volado tiende a volcar con respecto a su punto de apoyo, originando el tensor posterior que estabiliza la viga. Se determinó la fuerza requerida para evitar el volcamiento del miembro realizando una estática de la estructura, haciendo momento igual a 0 en su apoyo (7), usando el diagrama de la Figura 2:

© 2025 ALCONPAT Internacional

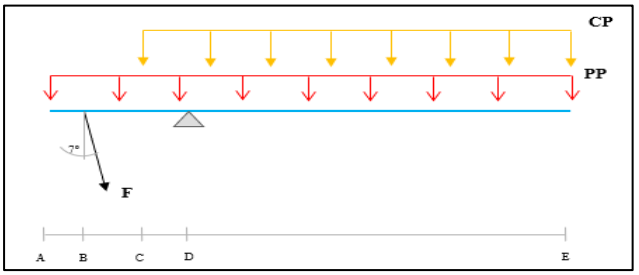


Figura 2. Diagrama de fuerzas de viga en voladizo

$$\sum M_D = 0 = F * cos\ cos\ 7° * B_{BD} + PP * D_{AD} * B_{AD} + CP * D_{CD} * B_{CD} - PP * D_{DE} * B_{DE} - CP * D_{DE} * B_{DE} \quad (7)$$

Donde: M_D= Momento [kgf*cm]; F= Fuerza de equilibrio [kgf]; PP= Peso propio [kgf/cm]; CP= Carga permanente [kgf/cm]; D= Distancia de la carga [cm]; B= Brazo de palanca [cm]

3.1.5 Cálculo del momento de agrietamiento. Se expone la siguiente fórmula para el cálculo del momento de agrietamiento en la sección de un miembro de concreto preesforzado. (Lin, 1984):

$$M_{ag} = F * e + \frac{F*I}{A*c} + \frac{fr*I}{c} \quad (8)$$

Donde: M_{ag}= Momento de agrietamiento [kgf*cm]; F= Preesfuerzo [kgf]; e= Excentricidad de la fuerza al centro de gravedad [cm]; I= Momento de inercia [cm^4]; A= Área [cm^2]; c= Distancia del centro de gravedad a la fibra extrema [cm]; fr= Modulo de rotura [kgf/cm^2]

3.1.6 Cálculo de flecha máxima permisible. De la norma COVENIN 1753:2006, se toma la ecuación del tipo de techo plano con pendiente mínima que no soporta ni está unido a componentes no estructurales susceptibles a ser dañados por grandes flechas:

$$f_{max} = L/180 \quad (9)$$

Donde: f_{max}= Flecha [cm]; L= Longitud del volado [cm]

3.2 Construcción virtual según la filosofía BIM

Con el uso de una plataforma de modelado virtual como Autodesk Revit, se creó un modelo digital 3D con todos los datos recopilados sin las solicitaciones. La filosofía BIM demandó el desarrollo del modelo como un conjunto de todos los datos obtenidos en armonía, de modo que tras finalizar el modelo base, este pueda albergar la mayor cantidad de detalles y características de la estructura en sitio hasta la tercera dimensión, con el fin de generar un entorno de interoperabilidad entre las dimensiones de la filosofía BIM y el cálculo estructural propuesto.

El sistema estructural demuestra una arquitectura única y variable, por lo cual, se requirió hacer procedimientos especiales para modelar los elementos, y se priorizó un orden de diseño en 3 etapas, siguiendo el esquema de la Figura 3:

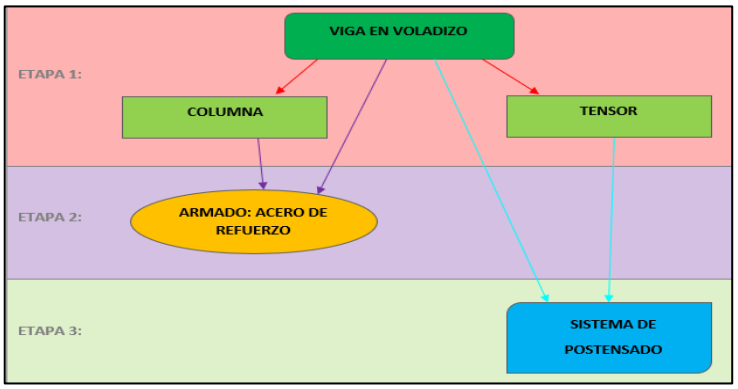


Figura 3. Esquema de modelado 3D en Revit.

3.2.1 Etapa 1: Modelado de elementos complejos. Debido a la variabilidad en la forma del sistema estructural, se requirió un nivel de desarrollo alto que ameritaba mayor confiabilidad y un nivel de modelado superior al de los elementos preestablecidos en la biblioteca de la plataforma. Según el elemento y su grado de complejidad se dividieron en dos grupos: creación de familias; familias preestablecidas (Componentes). Figura 4.

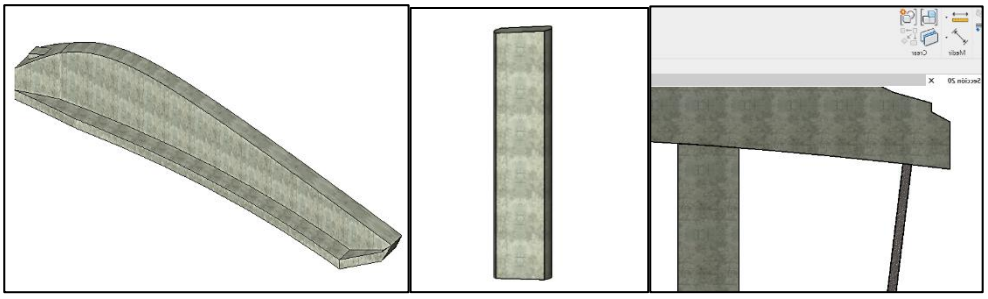


Figura 4. Viga en voladizo de concreto, columna de concreto, tubo relleno de mortero del tensor.

3.2.2 Etapa 2: Acero de refuerzo.Para el modelado del acero de refuerzo empezó con las barras longitudinales, ya que le proporcionaron al modelo la guía para crear los estribos. Se requirió extraer la información referente a los recubrimientos variables a lo largo de su cuerpo de los informes generados por el IMME (N°312590, 2021; N°312591, 2021), para los ganchos de las barras de acero, se obtuvieron de los parámetros utilizados en la época indicados por los manuales del MOP. 1970, Figura 5.

© 2025 ALCONPAT Internacional

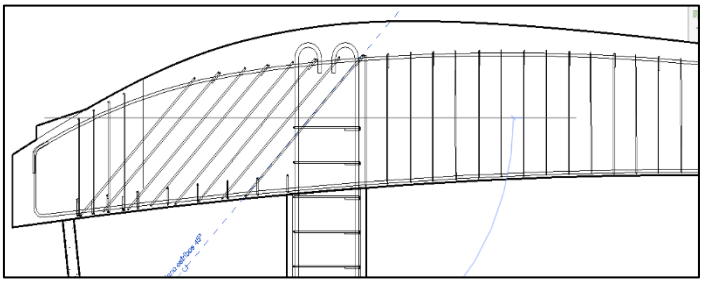


Figura 5. Acero de refuerzo.

3.2.3 Etapa 3: Sistemas de postensado.El sistema de postensado requirió del modelado de elementos especiales y complejos como familias, a su vez se usaron las metodologías de modelado del acero de refuerzo para los alambres del postensado, Figura 6.

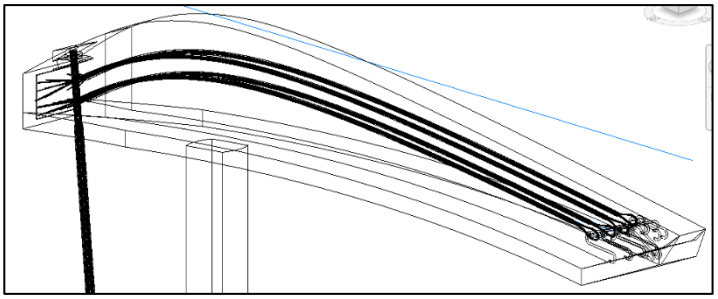


Figura 6. Anclajes y alambres del sistema de postensado.

3.3 Análisis estructural por programa de cálculo especializado.

Se realizó un análisis estructural por medio del programa tipo Sap2000, tomando como base el modelo digital 3D obtenido por el programa Revit. En este punto, se aplican las solicitaciones que interactúan con la estructura, y se evalúan tres modelos que representan: la estructura original; la estructura con las patologías; la estructura con el sistema de refuerzo planteado.

3.3.1 Consideraciones como base del modelo teórico. Se desarrolló un análisis estructural estático elástico simplificado, tomando como enfoque los esfuerzos y deformaciones generadas en los elementos del sistema estructural.

- Se trabajó la carga por inundación y las solicitaciones sísmicas como casos independientes.
- El modelo descarta el acero de refuerzo y se enfocó en el sistema de postensado.
- Los tendones de postensado se modelaron como un elemento individual cuya área de sección transversal fuera equivalente al conjunto de alambres unidos.
- Las solicitaciones sísmicas de la estructura se evaluaron en función de los lineamientos de la norma COVENIN 1756-1:2019.
- Los modelos de la estructura original y con patologías se calcularon con cargas no mayoradas.
- Al modelo con la patología estructural se le asignaron 5 grietas genéricas dispuestas en la parte superior central de la viga.

- Se planteó y calculó un refuerzo enfocado en la patología estructural, que cumpliera con los lineamientos de las normas: COVENIN 1753:2006 y COVENIN 1756-1:2019.
- El sistema estructural de vigas, losas y columnas del Corredor N°5 en la dirección Norte- Sur genera una rigidez significativa como un conjunto, por lo cual se suprimieron los grados de libertad asociados a esa dirección.

3.3.2 Metodología de modelado por sólidos en Sap2000. Se desarrolló un modelo 3D por el método de elementos finitos, esta metodología plantea el modelado de una estructura 3D en el programa de cálculo dividiendo la estructura en pequeños elementos sólidos unidos por nodos. Estos nodos son elementos interconectados entre sí transmitiendo las características y solicitaciones que se generen entre ellos. Las cargas se aplicaron como esfuerzos en las caras de los elementos solidos correspondientes. Figura 7.

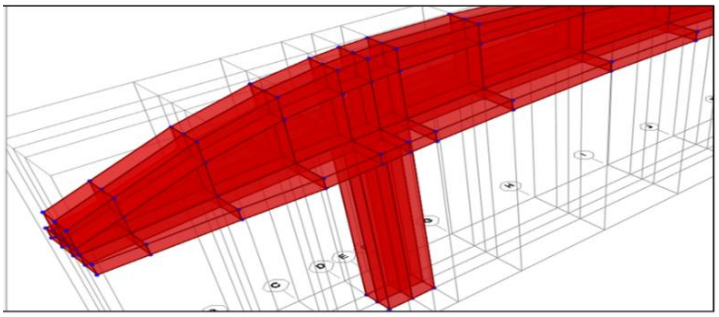


Figura 7. Modelado de estructura con elementos Solido en Sap2000.

3.3.3 Modelado de los sistemas de postensado

Se modelaron como tendones de segmentos rectos con coordenadas de los nodos según los ejes globales X, Y y Z. Para el postensado de la viga, la memoria de cálculo encontrada de la época acerca de un corredor cubierto de la CUC, explica el procedimiento de cálculo aplicado para el preesfuerzo de sus vigas; en base a este documento, se le aplicó al tendón de la viga el preesfuerzo con sus pérdidas hasta los 9.400 kgf/cm2 y se designó el punto inicial del tendón para la aplicación de la fuerza. Para el postensado del tendón, se designó la parte articulada al piso como punto de tracción y se le asignó la fuerza calculada para el equilibrio de la viga ante el volcamiento.

T. Y. Lin comenta acerca de los tipos de pérdidas originadas en el preesfuerzo por pretensado o postensado de una estructura, presentando la Tabla 1 de porcentajes promedios. (Lin, 1984):

Tabla 1. Pérdidas promedio en el preesfuerzo

Tipo de pérdida	Pretensado (%)	Postensado (%)
Acortamiento elástico y flexión del concreto	3	1
Deformación plástica del concreto	6	5
Contracción del concreto	7	6
Deformación plástica del acero	2	3
Pérdida total	**18**	**15**

Fuente: T. Y. Lin. (1984).

© 2025 ALCONPAT Internacional

3.3.4 Combinaciones de carga

La estructura original se estudió con las cargas no mayoradas, ya que se buscó evaluar la condición actual de la estructura. Para la incorporación de las solicitaciones sísmicas, se insertó el espectro de respuesta inelástico de la zona en el programa, permitiendo así generar la componente sísmica horizontal que, en conjunto con la componente sísmica vertical, fueron integradas respectivamente en las combinaciones de carga según la metodología de la norma COVENIN 1756-1:2019.

3.4 Incorporación de la patología estructural

En el modelo original, se plantearon 5 grietas hasta los tubos del sistema de postensado en la zona superior central de la viga que es el área de mayor momento y esfuerzo a tracción. Primero se modelaron en la estructura alámbrica en AutoCAD para ser importadas al Sap2000 como guía, en el que se evidencia una discontinuidad en los nodos superiores, generando una separación de los sólidos. Las grietas se pueden observar en la Figura 8.

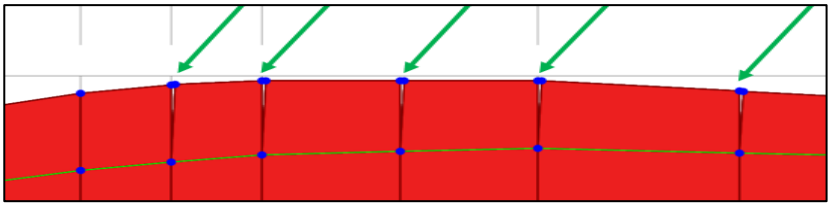


Figura 8. Modelo de la viga con grietas en la zona superior

3.5 Sistema de refuerzo estructural

Principalmente se buscó solucionar la patología estructural de las grietas, por lo que se optó por aplicar un epóxico líquido y altamente permeable, con propiedades especiales para unir el concreto. Éste se aplicó por medio de inyección en el área interna de las grietas, para luego levantar la viga cerrándolas y así unir los elementos de concreto y recuperar la continuidad de los esfuerzos que interactúan en la estructura. El refuerzo estructural se planteó para corregir el momento de agrietamiento y la flecha generada en el extremo del volado. Se basa en un sistema de postensado adicional en la cara superior de la viga, el cual fue embutido por medio de un corte en el recubrimiento en forma de canal con un disco punta de diamante. Se removió el concreto de la viga en el punto inicial y final donde se incorporan las planchas de anclaje en forma de “T” diseñadas para el nuevo postensado. Por último, se encofra, se aplica una capa de aditivo epóxico para unir el concreto existente con el nuevo y se vacía una capa de 5 cm de concreto de iguales propiedades. Al ser un refuerzo estructural, se usaron las combinaciones de cargas mayoradas que están definidas en la norma COVENIN 1753:2006. Figura 9.

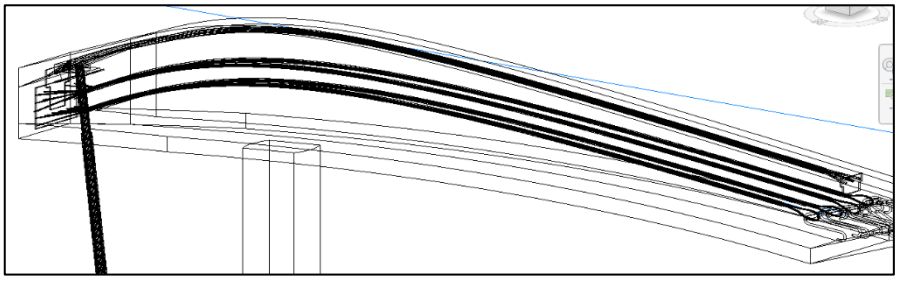


Figura 9. Modelo 3D de la estructura reforzada en REVIT.

4 RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Propiedades y características de los materiales

Tras la recopilación de datos, se organizaron en una tabla por elemento estructural. Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades de los materiales

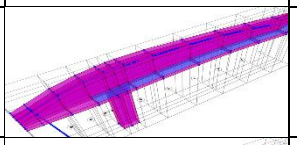
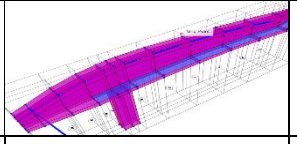
Concreto de viga	
F'c	538 kgf/cm2
Densidad	2,325 Kgf/cm3
Ec	364.043,80 kgf/cm2
μ	0,20
Concreto de columna	
F'c	355 kgf/cm2
Densidad	2,344 Kgf/cm3
Ec	299.349,56 kgf/cm2
μ	0,20
Acero de refuerzo A28	
Fy	2800 kgf/cm2
Fu	4600 kgf/cm2
Densidad	7,849 Kgf/cm3
Es	2.100.000 kgf/cm2
μ	0,30
Alambre de postensado	
Fy	13.732 kgf/cm2
0,85 Fy	11.672 kgf/cm2
Densidad	7,849 x10^{-3} kgf/cm3
Es	2.100.000 kgf/cm2
μ	0,30
A1 (d=5mm)	0,196 cm2
A2 (d=6mm)	0,283 cm2

4.2 Solicitaciones influyentes

Todas las cargas que inciden en la estructura se transformaron en esfuerzos de acuerdo a la metodología de modelado para el análisis estructural; además, se clasificaron según su tipo y área de aplicación como se puede observar en la Tabla 3

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 3. Descripción de solicitaciones en el sistema estructural.

Descripción	Tipo de carga	Carga (kgf)	Área de aplicación (m^2)		Esfuerzo (kgf/m^2)
Peso propio viga	Permanente	5.273,07	-	-	-
Peso propio losa	Permanente	25.429,60	3,69		6.876,58
Inundación de losas	Variable inundación	10.500,00	3,69		2.839,37
Postensado en viga	Preesfuerzo	132.916,0	14,14	72 alambres de 5mm	9.400,00
Postensado en tensor	Preesfuerzo	43.635,65	3,39	12 alambres de 6mm	12.871,87
Color fucsia hace referencia al cuerpo del sistema estructural Color azul hace referencia al área de aplicación del esfuerzo					

Se destaca la solicitación por inundación en las losas que corresponde a una carga extraordinaria del 30% de la totalidad.
Siguiendo los parámetros expuestos en la norma COVENIN 1756-1:2019 se determinaron los datos para las solicitaciones sísmicas. se calcularon los espectros de respuesta elastico e inelastico para un período de 4 segundos, originando el gráfico de la Figura 10.

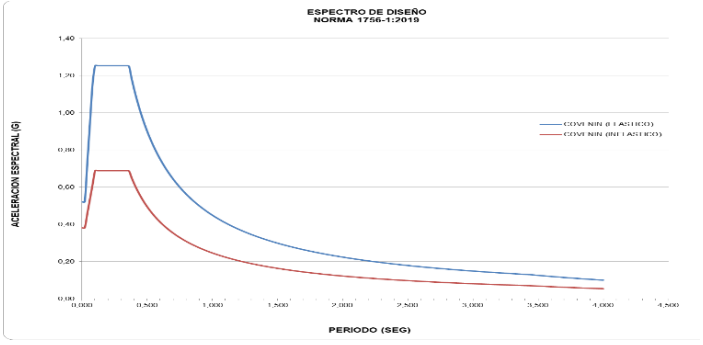


Figura 10. Espectros de respuesta elástico e inelástico.

4.3 Comparación de modelos estructurales y verificación con norma COVENIN 1753:2006 y COVENIN 1756-1:2019

Como resultado final se presentan las Tablas 4 y 5 que comparan los valores de momento de agrietamiento y flechas entre el modelo original y el modelo reforzado en función de las combinaciones de carga planteadas; así como la Figura 11 que demuestra el cambio en el comportamiento de los esfuerzos.

Tabla 4. Comparación de momentos de agrietamiento entre modelo original y modelo reforzado

Sistema estructural	Original		Reforzado	
Momento de agrietamiento (kgf*cm)	8.476.956		15.309.880	
Combinación	**Momento de la sección a la fibra superior (kgf*cm)**	**Comparación**	**Momento de la sección a la fibra superior (kgf*cm)**	**Comparación**
CP	6.597.873	$M_{ag} > M$	6.656.354	$M_{ag} > M$
CP + CV	9.166.065	$M_{ag} < M$	8.977.970	$M_{ag} > M$
CP + S	13.275.737	$M_{ag} < M$	13.474.154	$M_{ag} > M$
COVENIN: Comb 1	9.237.023	$M_{ag} < M$	9.318.825	$M_{ag} > M$
COVENIN: Comb 2	11.756.401	$M_{ag} < M$	11.824.944	$M_{ag} > M$
COVENIN: Comb 3	10.632.997	$M_{ag} < M$	10.702.068	$M_{ag} > M$
COVENIN: Comb 4	14.574.910	$M_{ag} < M$	14.784.995	$M_{ag} > M$
COVENIN: Comb 5	5.415.740	$M_{ag} > M$	5.543.566	$M_{ag} > M$

Los momentos en la sección estudiada se mantienen similares en ambas estructuras.
Al incrementar el momento de agrietamiento, se observa en la estructura reforzada que los valores de momento de la sección no exceden el nuevo límite.

Tabla 5. Comparación de flechas entre el modelo original y el modelo reforzado

Sistema estructural	Original		Reforzado	
Flecha máxima permisible (cm)	3,16		3,16	
Combinación	**Flecha (cm)**	**Comparación**	**Flecha (cm)**	**Comparación**
CP	0,30	$f_{max} > f$	-0,39	$f_{max} > f$
CP + CV	1,93	$f_{max} > f$	1,05	$f_{max} > f$
CP + S	4,00	$f_{max} < f$	3,28	$f_{max} < f$
COVENIN: Comb 1	1,96	$f_{max} > f$	1,72	$f_{max} > f$
COVENIN: Comb 2	3,57	$f_{max} < f$	2,79	$f_{max} > f$
COVENIN: Comb 3	2,85	$f_{max} > f$	2,10	$f_{max} > f$
COVENIN: Comb 4	4,83	$f_{max} < f$	4,09	$f_{max} < f$
COVENIN: Comb 5	-3,81	$f_{max} > f$	-4,46	$f_{max} > f$

Las flechas en la estructura reforzada se redujeron considerablemente, se destaca que las flechas generadas por las combinaciones que no poseen acciones sísmicas no exceden el límite a pesar de que la norma COVENIN 1753:2006 no lo considere para los estancamientos en las losas de techo.

© 2025 ALCONPAT Internacional

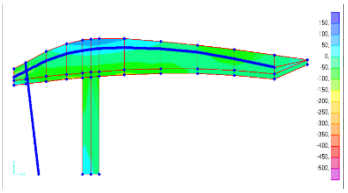
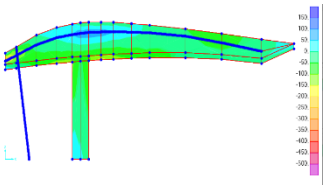
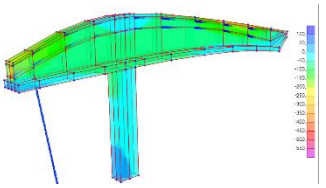
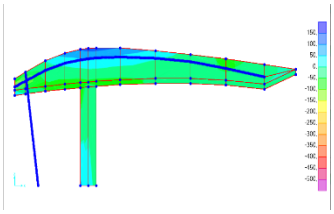
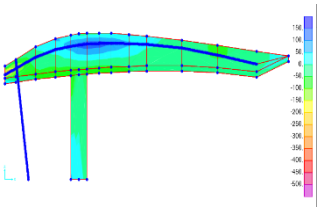
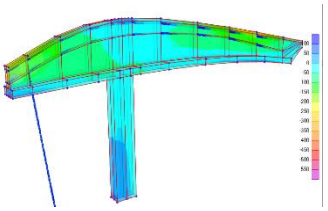
Modelo original	Modelo agrietado	Modelo reforzado
COVENIN: Comb 2 	COVENIN: Comb 2 	COVENIN: Comb 2 
COVENIN: Comb 4 	COVENIN: Comb 4 	COVENIN: Comb 4 
Tonalidades azuladas= Esfuerzos a tracción Tonalidades verdes= Esfuerzos a compresión leve Tonalidades rojizas= Esfuerzos a compresión máxima		

Figura 11. Comparación de distribución de esfuerzos en modelos analíticos.

El sistema de refuerzo ocasionó una redistribución de esfuerzos, disminuyendo las zonas de la parte superior de la viga en las que el concreto se encontraba a tracción.

5 CONCLUSIONES

Se infiere que el relajamiento y pérdidas del sistema de postensado existente, la sobrecarga por inundación y las acciones sísmicas, ocasionaron las grietas al sobrepasar el momento de agrietamiento. Arquitectónicamente, el sistema de refuerzo propuesto intervino internamente la estructura original, alterando ínfimamente el patrimonio cultural. Estructuralmente, el sistema de refuerzo planteado demostró que la estructura se desempeña eficientemente con las combinaciones de cargas de las normas COVENIN 1753:2006 y 1756-1:2019; incrementó el momento de agrietamiento; mejoró el comportamiento de la viga, disminuyendo las zonas de esfuerzos a tracción; y las flechas se redujeron considerablemente.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1988). COVENIN 2002:88: *Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones*. Venezuela.

Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2006). COVENIN 1753:2006: *Proyecto y construcción de obras en concreto estructural*. Venezuela.

Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2019) COVENIN 1756-1:2019: *Construcciones sismorresistentes.* Venezuela.

Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. (2020). IMME informe N°312527: *Inspección técnica techo corredor del corredor N°5 de la Ciudad Universitaria de Caracas*. Venezuela.

Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. (2020). IMME informe N°312528: *Propuesta de apuntamiento del techo del corredor N°5 de la Ciudad Universitaria de Caracas*. Venezuela.

Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. (2021). IMME informe N°312590: *Evaluación de Materiales del techo del corredor N°5 colapsado el 17/06/2020 en la Ciudad Universitaria de Caracas*. Venezuela.

Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. (2021). IMME informe N°312591: *Inspección de las vigas de los corredores N° 5, 7, 8 y 9 de la Ciudad Universitaria de Caracas.* Venezuela.

Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. (2022). IMME informe N°312628: *Clasificación Geotécnica de sitios, determinación de compacidad del suelo y Vs30 mediante sondeos sísmicos de refracción y dispersión MASW en los laterales del corredor N°5 de la Ciudad Universitaria de Caracas*. Venezuela.

Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. (2021). IMME informe N°312668-B: *Registro de la demolición controlada de la viga del techo del corredor N°5 colapsada el 17/06/2020 en la Ciudad Universitaria de Caracas*. Venezuela.

Lin, Tung-Yen. (1984). "*Diseño de Estructuras de Concreto Presforzado*". Edit. México Continental. México.

Ministerio de Obras Públicas. (1970). MOP: *Instrucciones para la elaboración de planos para edificios*. Primera y segunda parte. Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Estudio del techo ondulado del Corredor Nº 5 de la Ciudad Universitaria de Caracas

A. Marinilli[1]*, R. Torres[1], J. Romero[1], L. Videla[1], F. Garcés[1], S. Morales[1], M. Pereira[1] y N. Camacho[1]

*Autor de Contacto: angelomarinilli@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presentan los estudios realizados por el IMME-FIUCV a raíz del colapso parcial del techo del Corredor No. 5 de la Ciudad Universitaria de Caracas, ocurrido el 17/06/2020. Estos comprenden inspecciones técnicas, demolición controlada de miembros estructurales colapsados, exploración con escáner, evaluación de materiales estructurales, ensayos dinámicos, estudio geotécnico y estudio geofísico, realizados considerando que la Ciudad Universitaria de Caracas está catalogada como Patrimonio Mundial UNESCO. La falla de la viga se produjo por el debilitamiento progresivo de los alambres de postensado por causa de la corrosión. La información obtenida será de utilidad para la adecuación estructural y sismorresistente del techo del Corredor No. 5, contribuyendo a la preservación del patrimonio construido en Venezuela.

Palabras clave: Ciudad Universitaria de Caracas; construcción patrimonial; concreto presforzado; corrosión; patología.

[1] Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

El 17 de junio de 2020 ocurrió un derrumbe parcial del techo ondulado del Corredor No. 5 de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC), la cual está catalogada como Patrimonio Mundial UNESCO. El derrumbe ocurrió por la falla de la viga No. 13 y afectó los tramos de losa ondulada No. 12-13 y 13-14 del techo, cuya ubicación relativa se observa en la Figura 1.

En este trabajo se presentan los resultados más importantes de una serie de estudios realizados por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (FI-UCV), que comprende los siguientes: inspección visual, demolición controlada de miembros estructurales colapsados, exploración con escáner, evaluación de materiales estructurales, ensayos dinámicos, estudio geotécnico y estudio geofísico. Los resultados de cada estudio fueron presentados en sendos informes técnicos, según se reporta en IMME (2022).

La información obtenida será de utilidad para la adecuación estructural y sismorresistente del techo del Corredor No. 5, contribuyendo de esta manera a la preservación del patrimonio construido en Venezuela.



Figura 1. Ubicación relativa del Corredor No. 5 y de los elementos colapsados el 17/06/2020 (imagen tomada de *Google Maps*).

2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

El sistema portante del techo ondulado del Corredor No. 5 consta de 17 pórticos, cuya configuración se observa en la Figura 2. Cada pórtico consta de una viga en voladizo de concreto postensado, que está soportada en uno de sus extremos por una columna de concreto reforzado y un tensor vertical conformado por alambres de acero. La columna y el tensor se conectan excéntricamente a una zapata de concreto reforzado que se extiende por debajo del pórtico. Las losas onduladas son de concreto postensado, de espesor pequeño y están simplemente apoyadas en ménsulas ubicadas en la parte inferior de las vigas.

El sistema portante descrito es muy eficiente para soportar las cargas verticales provenientes de las cargas permanentes y variables que actúan sobre el techo. Sin embargo, se trata de un sistema esencialmente isostático, donde la falla de uno de sus componentes conduce a la falla del sistema

sin posibilidad alguna de redistribuir las solicitaciones a los componentes restantes, tal como se observó en los colapsos parciales ocurridos en 1965 y 2020. En 1965 ocurrió el colapso del pórtico No. 12 debido a la falla del tensor de acero, afectando en esa ocasión la columna No. 12 y los tramos de losa ondulada No. 11-12 y 12-13 del techo (IMME, 1965).

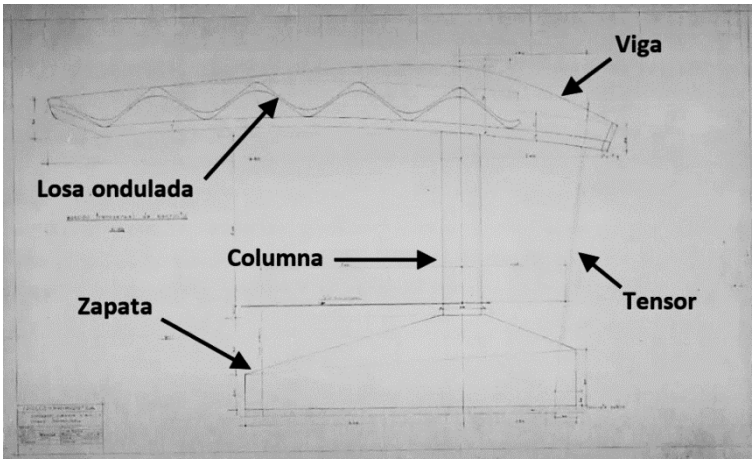


Figura 2. Configuración estructural del techo ondulado y su soporte
(plano suministrado por el Consejo de Preservación y Desarrollo de la UCV).

3 INSPECCIONES TÉCNICAS

La primera inspección técnica fue realizada el 18/06/2020 con el objeto de constatar el estado de daño del techo del Corredor No. 5, tal como se observa en la Figura 3, y formular una serie de recomendaciones para atender el problema desde el punto de vista estructural y patológico.



Figura 3. Colapso de la viga No. 13 y daño en los tramos de losa No. 12-13 y 13-14 del techo del Corredor No. 5 (izquierda) y detalle del daño en la viga (derecha).

3.1 Inspección de las vigas del Corredor No. 5

Este estudio se realizó en dos fases. La primera fase consistió de la inspección visual y la segunda fase de la exploración con escáner de algunas vigas. Las vigas No. 12 a 23 presentaron un estado de agrietamiento similar al observado en la viga No. 13 que colapsó el 17/06/2020, tal como se observa en la Figura 4 (izquierda). Las vigas No. 7 a 11 fueron reforzadas con anterioridad

© 2025 ALCONPAT Internacional

mediante la colocación de fibra en su parte superior; esta técnica de reforzamiento se mostró efectiva para mantener las grietas cerradas bajo la acción de las cargas actuales, tal como se observa en la Figura 4 (derecha). Este estudio fue extendido a las vigas de los Corredores No. 7, 8 y 9 de la CUC, cuyos resultados se reportan en IMME (2022).



Figura 4. Agrietamiento en la viga No. 22 (izquierda) y viga No. 7 reforzada con fibra (derecha).

3.2 Exploración con escáner de las vigas del Corredor No. 5

Esta fase del estudio fue realizada con un escáner *Ferroscan Hilti modelo FS200*, con la finalidad de determinar la disposición del acero de refuerzo y –eventualmente– los tubos del sistema de postensado en los elementos estructurales, tal como se observa en la Figura 5.

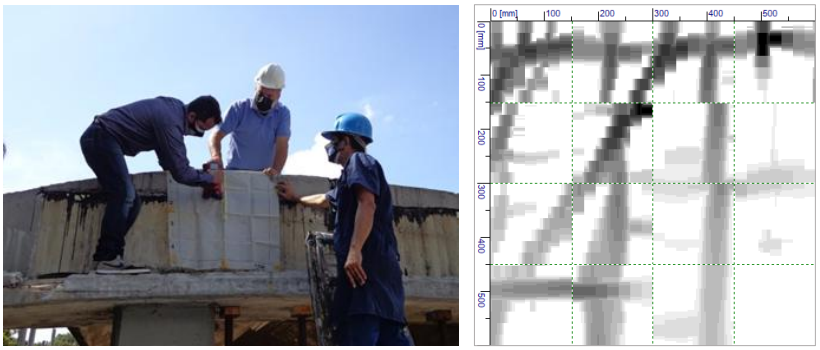


Figura 5. Escaneo de la viga No. 12 (izquierda) e imagen obtenida (derecha).

El detallado del refuerzo longitudinal, del refuerzo transversal y del sistema de postensado de las vigas es conceptualmente similar al previsto en el plano de detalles elaborado por Precomprimido C.A., mostrado en la Figura 6. Sin embargo, se observaron algunas diferencias en el espesor del recubrimiento de concreto en la parte superior de la viga y en la profundidad en que ubican los tubos del sistema de postensado, que resultaron ser mayores que los indicados en el citado plano de detalles.

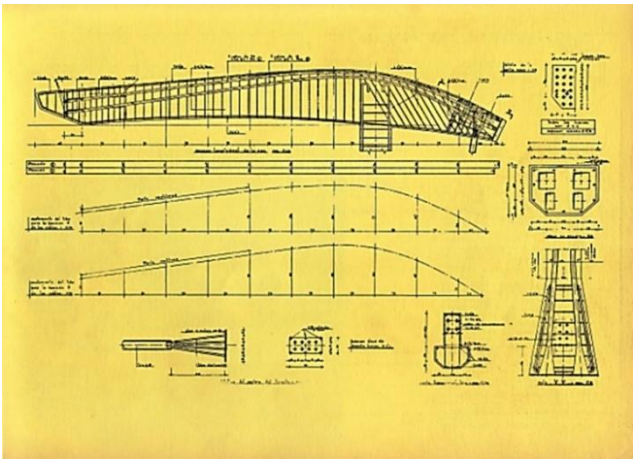


Figura 6. Plano de detalles de las vigas en voladizo de los corredores de la CUC (tomado de Otaola y Benedetti, 1955).

4 DEMOLICIÓN CONTROLADA DE MIEMBROS ESTRUCTURALES COLAPSADOS

El objeto de este estudio fue documentar el estado de daño, la disposición del acero de refuerzo y las características del sistema de postensado de la viga No. 13 y de los tramos de losa ondulada No. 12-13 y 13-14.

4.1 Demolición de la viga No. 13

Durante la demolición se observaron algunas diferencias con respecto el plano de detalles elaborado por Precomprimido C.A., específicamente en la ubicación de los ductos del sistema de postensado en la cara de la columna y en el anclaje de los alambres de acero en los extremos de la viga, tal como se muestra en la Figura 7.

La corrosión observada en la superficie de falla de la viga sugiere que la activación de este proceso ocurrió por la percolación de agua a través de las grietas preexistentes. Dicha corrosión fue observada en el acero de refuerzo, en los ductos y en algunos alambres del sistema de postensado de la viga, como se observa en la Figura 7 (izquierda). No se observó corrosión u otro tipo de patología en los ductos y en los alambres de acero del sistema de postensado en el extremo anterior del voladizo, como se observa en la Figura 7 (derecha). Se observó pérdida de sección de los alambres del sistema de postensado debido a la corrosión del acero y evidencias de falla a tracción de los mismos en el extremo posterior de la viga, tal como se observa en la Figura 8. Este fenómeno explica una disminución progresiva de la resistencia a flexión de la viga que condujo a su falla.

4.2 Demolición de los tramos de losa No. 12-13 y 13-14

Se observaron algunas diferencias constructivas en el sistema de postensado y en el tipo y diámetro de las barras de acero de refuerzo de los dos tramos de losa ondulada, posiblemente asociadas a la reconstrucción de uno de los tramos después del colapso ocurrido en 1965. La Figura 9 muestra algunas características del tramo de losa ondulada No. 12-13.

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 7. Superficie de falla de la viga No. 13 (izquierda) y anclaje de los alambres de postensado en la parte anterior de la viga (derecha).



Figura 8. Evidencias de corrosión y falla a tracción de alambres de postensado de la viga No. 13.



Figura 9. Sección transversal de la losa ondulada No. 12-13 (izquierda) y anclaje de los alambres de postensado (derecha).

5 EVALUACIÓN DE MATERIALES ESTRUCTURALES

El objeto de este estudio fue evaluar los materiales estructurales de la viga No. 13, la columna No. 13 y los tramos No. 12-13 y 13-14 de la losa ondulada del techo. Para ello se realizaron las siguientes actividades: extracción y ensayo de compresión hasta la rotura de núcleos de concreto, determinación del perfil de carbonatación de los núcleos de concreto, medición de la velocidad de

transmisión de ondas ultrasónicas en el concreto y ensayo a tracción del acero de refuerzo y de los alambres de postensado.

5.1 Evaluación del concreto

Se extrajeron 11 núcleos de concreto de los elementos estructurales estudiados, de acuerdo con los lineamientos de la Norma Venezolana Covenin 345-80 (1980). Los valores medios de las resistencias fueron 365 kgf/cm^2 (36 MPa) para la columna, 529 kgf/cm^2 (52 MPa) para la viga y 416 kgf/cm^2 (41 MPa) para las losas; los coeficientes de variación fueron menores al 10% en todos los casos. Los ensayos a compresión de los núcleos se realizaron siguiendo los lineamientos generales de la Norma Venezolana Covenin 338-2002 (2002). La Figura 10 muestra el proceso de extracción de los núcleos en los elementos estudiados.



Figura 10. Extracción de núcleos.

Se realizaron 140 lecturas de velocidad de transmisión de ondas ultrasónicas en el concreto de los elementos estructurales estudiados y los núcleos extraídos, según los lineamientos de la Norma Venezolana Covenin 1681-80 (1980). Las velocidades resultaron en todos los casos mayores a 4000 m/s; los coeficientes de variación resultaron menores al 10% dentro de cada elemento. La Figura 11 muestra el proceso de toma de lecturas ultrasónicas en los elementos estudiados.



Figura 11. Medición de la velocidad de transmisión de ondas ultrasónicas en el concreto.

Previo a los ensayos de compresión de los núcleos de concreto, se verificó el perfil de carbonatación empleando un método colorimétrico basado en la aplicación de una solución de fenolftaleína diluida en 1% de alcohol. La carbonatación produce una disminución del pH del concreto, cuya

© 2025 ALCONPAT Internacional

profundidad se detecta por un cambio de coloración al aplicar la solución de fenolftaleína a lo largo del núcleo. Las profundidades de carbonatación no superaron en ningún caso 20 mm, lo que supone que en la profundidad donde se encuentra el acero de refuerzo se mantiene pasivado el proceso de corrosión en todos los elementos evaluados.
Los resultados obtenidos indican que el concreto es de alto desempeño, compacto, con gran contenido de cemento y baja relación agua/cemento, diseñado para durabilidad prolongada y adecuada protección contra acciones ambientales. Los resultados también sugieren que el concreto es homogéneo dentro de cada grupo de elementos estudiado de acuerdo con los criterios establecidos en Porrero *et al*. (2004).

5.2 Evaluación del acero

Se extrajeron 4 barras de acero de refuerzo de los elementos estructurales estudiados y fueron ensayadas según los lineamientos de la Norma Venezolana Covenin 299-89 (1989). La Figura 12 ilustra el proceso de extracción de las barras de acero de refuerzo. Los valores medios de las tensiones a la cedencia fueron 2.942 kgf/cm^2 (289 MPa) para las losas y 3.127 kgf/cm^2 (307 MPa) para la viga; los coeficientes de variación fueron menores al 5% en ambos casos. El acero de refuerzo colocado en los elementos estructurales clasifica como S-40 de acuerdo con la Norma Venezolana Covenin 316:2000 (2000), con un fy de 2.800 kgf/cm^2.



Figura 12. Obtención de barras de acero de refuerzo.

Se ensayaron 2 alambres de postensado de 5 mm de diámetro según los lineamientos de la norma ASTM A370-15 (2015). La resistencia media fue 14.740 kgf/cm^2 (1.446 MPa), la desviación estándar fue 504 kgf/cm^2 (53 MPa) y el coeficiente de variación fue 3%. La Figura 13 muestra los alambres de acero que, debido a su falla, fueron recuperados manualmente de la viga colapsada.



Figura 13. Recuperación de los alambres de acero del sistema de postensado.

6 ENSAYOS DINÁMICOS

Se realizaron ensayos de vibración ambiental y de vibración libre sobre algunas vigas y losas onduladas del techo del Corredor No. 5 de la CUC, con la finalidad de determinar sus propiedades dinámicas (Allemang and Avitabile, 2022). La información obtenida de estos ensayos –de carácter no destructivo– servirá para monitorear la salud estructural de los elementos estructurales y como elemento de priorización, puesto que las diferencias que se observen en las propiedades dinámicas de elementos de características similares pueden ser interpretadas como un indicativo de la presencia de alguna patología visible u oculta. Las Figuras 14 y 15 muestran la ejecución de un ensayo de vibración libre y los espectros de respuesta obtenidos, respectivamente.



Figura 14. Ejecución de un ensayo de vibración libre en un tramo de losa ondulada.

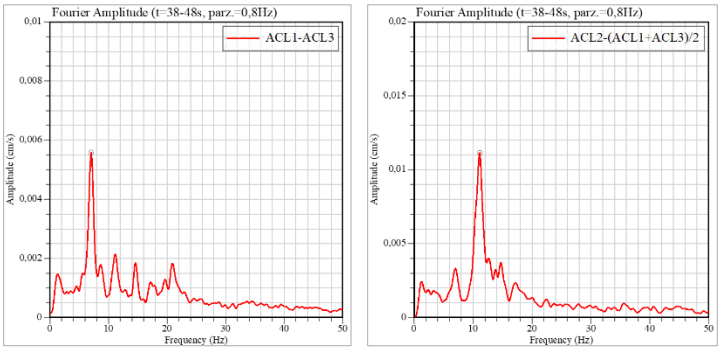


Figura 15. Espectros de potencia de una viga (izquierda) y de un tramo de losa (derecha).

7 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y ESTUDIO GEOFÍSICO

Los estudios geotécnico y geofísico tuvieron como finalidad definir el perfil litológico, clase de sitio, parámetros para determinar la amenaza sísmica y parámetros para verificar la capacidad portante de las cimentaciones. El trabajo de campo, procesamiento e interpretación de los datos del estudio geotécnico fueron coordinados por el Prof. Duilio Marcial del IMME-FIUCV. El trabajo de campo, procesamiento e interpretación de los datos del estudio geofísico fueron coordinados por el Prof. Antonio Ughi de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la FI-UCV. La Figura 16 muestra las actividades de campo realizadas durante los estudios.

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 16. Ejecución del estudio geotécnico (izquierda) y estudio geofísico (centro y derecha).

El estudio geotécnico fue realizado mediante 3 sondeos ejecutados por percusión y lavado con Ensayo de Penetración Estándar. La Figura 17 muestra el perfil litológico del eje del Corredor No. 5 obtenido del estudio. La presión admisible del suelo recomendada para verificar las fundaciones directas fue q_{adm} = 150 kN/m^2. El estudio geofísico fue realizado mediante el método de refracción de ondas y el método de dispersión de ondas MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*). El valor de la velocidad de onda de corte promedio ponderado en los 30 m superficiales fue Vs30 = 435 m/s para todo el sitio.

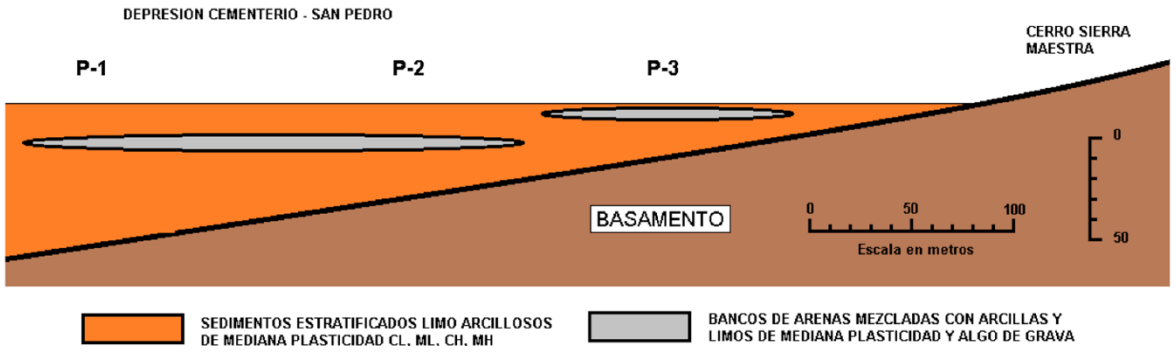


Figura 17. Perfil litológico simplificado del eje del Corredor No. 5.

Los parámetros sísmicos básicos recomendados para el sitio con base en la Norma Venezolana Covenin 1756-1:2019 (2019) y la Microzonificación Sísmica de Caracas (Funvisis, 2009) fueron los siguientes: coeficiente de aceleración horizontal A_0 = 0,29; coeficiente de aceleración espectral horizontal A_1 = 0,245 y período de transición entre períodos intermedios y largos T_L = 3,90 s. Considerando la incertidumbre propia de los estudios realizados, se recomendó clasificar al perfil geotécnico como clase de sitio CD. La profundidad máxima al basamento rocoso osciló entre 50 m y 60 m; aunque tiende a reducirse hacia el Norte del Corredor No. 5, donde se detectó esquisto descompuesto a partir de 23 m de profundidad. La condición topográfica del sitio estudiado se definió como leve, sin la existencia de cimas o laderas pronunciadas en los alrededores a distancias inferiores a 30 m.

8 CONCLUSIONES

Los materiales estructurales del techo de Corredor No. 5 de la Ciudad Universitaria de Caracas son de buena calidad. El concreto tiene una resistencia a la compresión mayor que f´c = 350 kgf/cm^2 (34 MPa), el acero de refuerzo clasifica como S-40 de acuerdo con la Norma Venezolana Covenin 316:2000 (2000) con tensión a la cedencia fy = 2.800 kgf/cm^2 (275 MPa) y los alambres de acero del sistema de postensado tienen fy = 13.732 kgf/cm^2 (1.347 MPa).

El detallado del acero de refuerzo y las características del sistema de postensado son consistentes con los requisitos normativos y la práctica constructiva de la época de construcción de la Ciudad Universitaria de Caracas.

Se observó pérdida de sección de los alambres del sistema de postensado debido a la corrosión del acero y evidencias de falla a tracción de los mismos en el extremo posterior de la viga No. 13, lo que explica una disminución progresiva de la resistencia a flexión de la viga que condujo a su falla y –en consecuencia– al colapso parcial del techo del Corredor No. 5.

Los resultados de los ensayos dinámicos serán utilidad para monitorear la salud estructural y para priorizar la adecuación de los elementos estructurales del Corredor No. 5.

Los estudios geotécnico y geofísico permitieron definir el perfil litológico, clase de sitio, parámetros para determinar la amenaza sísmica y parámetros para verificar la capacidad portante de las cimentaciones.

La amenaza sísmica, el detallado del acero de refuerzo, el agrietamiento observado en las vigas y la posibilidad que exista corrosión no detectada, apuntan a la necesidad de una adecuación estructural y sismorresistente del techo del Corredor No. 5; la información generada en este estudio será de suma utilidad para ello, contribuyendo de esta manera a la preservación del patrimonio construido en Venezuela.

9 AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Facultad de Ingeniería, al Consejo de Preservación de Desarrollo y a la Dirección de Mantenimiento de la UCV por el soporte para el adecuado desarrollo de estos estudios. De igual manera, se agradece a la Subcomisión de Infraestructura de la Comisión Presidencial para la Recuperación de la UCV, en especial a los Ing. José Gregorio y Humberto Rengel, por todo el apoyo prestado.

10 REFERENCIAS

Allemang, R. and Avitabile P. (Ed.) (2022), *Handbook of Experimental Structural Dynamics*. Springer, New York, pp. 1426.

ASTM A370-15 (2015). *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*. American Society of Testing Materials International, West Conshohocken, USA, pp. 14.

Funvisis (2009). *Informe Técnico Final. Volumen 1 Caracas. Proyecto de microzonificación sísmica en las ciudades Caracas y Barquisimeto*. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Caracas, pp. 978.

© 2025 ALCONPAT Internacional

IMME (1965). *Informe sobre las posibles causas de falla de un tensor en corredor de la Ciudad Universitaria adyacente a la Facultad de Humanidades. Informe Especial No. 149310*. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, pp. 8.

IMME (2022). *Resumen de actividades realizadas para la evaluación del techo del Corredor No. 5 de la Ciudad Universitaria de Caracas. Informe No. 312595*. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, pp. 15.

Norma Venezolana Covenin 1681-80 (1980). *Método de Ensayo para Determinar la Velocidad de Propagación de Ondas en el Concreto*. Comisión Venezolana de Normas Industriales, Caracas, pp. 11.

Norma Venezolana Covenin 1756-1:2019 (2019). *Construcciones Sismorresistentes. Parte 1: Requisitos (2da. Revisión)*. Comisión Venezolana de Normas Industriales, Caracas, pp. 146.

Norma Venezolana Covenin 299-89 (1989). *Materiales Metálicos. Ensayo de Tracción. (1ra. Revisión)*. Comisión Venezolana de Normas Industriales, Caracas, pp. 37.

Norma Venezolana Covenin 316:2000 (2000). *Barras y Rollos de Acero con Resaltes para Uso como Refuerzo Estructural (4ta. Revisión)*. Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad, Caracas, pp. 19.

Norma Venezolana Covenin 338-2002 (2002). *Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto*. Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad, Caracas, pp. 9.

Norma Venezolana Covenin 345-80 (1980). *Método para la Extracción de Probetas Cilíndricas y Viguetas de Concreto Endurecido*. Comisión Venezolana de Normas Industriales, Caracas, pp. 14.

Otaola, J. y Benedetti, O. (1955). *Ensayos sobre estructuras* en Revista Integral No. 1, Arquitectura y Urbanismo, C.A., Caracas, pp. 61-66.

Porrero, J., Ramos, C., Grases, J. y Velazco, G. (2004). *Manual del Concreto Estructural*. Siderúrgica del Turbio, C.A., Caracas, pp. 503.

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Estudio de patología del muro lindero de la futura estación 12 del metro de Bogotá.

C. Chinome[1*]

*Camilo Andres Chinome Giraldo: administracion@caisaningenieria.com

RESUMEN

La ciudad de Bogotá planificó realizar un proyecto de metro que requiere de la construcción de estaciones; para ello se adquirieron bienes privados en los que se demolió la estructura existente. En el proceso de demolición se pueden encontrar anomalías en las uniones con estructuras de predios colindantes. En el caso específico, se evidenció que existe un riesgo estructural en el proceso de demolición de un muro colindante el cual cuenta con la categoría de patrimonio histórico. Por dicho riesgo, se formuló una consultoría de patología, en donde se desarrolló un plan de inspección y ensayos (destructivos y no destructivos), plan de gran utilidad para emitir el diagnóstico y tomar decisiones para el proceso de intervención.

Palabras clave: Concreto; patología; pórtico; resistencia; diagnostico.

[1] departamento de proyectos CAISAN Ingeniería SAS, Bogotá, Colombia.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la ciudad de Bogotá tiene planificado realizar una red intermodal, que se interconectara con un proyecto de metro. Para que el proyecto pueda ejecutarse se debe realizar la construcción de una red de estaciones; para lo cual se adquirieron bienes de particulares, estructuras las cuales han sido demolidas.

En el proceso de demolición se pueden encontrar anomalías en las uniones con estructuras de predios vecinos. En el caso especificó del lote de la futura estación 12 del metro de Bogotá ubicado en la Av. Jiménez de Quesada con calle 13, se evidenció que existe un riesgo estructural en el proceso de demolición del muro colindante a la Estación Mayorista de Tecnología Metro 13, edificación la cual cuenta con la categoría de bien de interés histórico y patrimonial.

Por la situación de riesgo existente en la estructura que es caso de estudio, el consorcio metro de Bogotá de forma responsable decidió formular el proyecto de consultoría de estudio interdisciplinar para diagnosticar el estado de la estructura y buscar una alternativa de solución de la problemática que es caso de estudio.

Uno de los estudios fundamentales para direccionar el caso en mención, es el componente de patología estructural y el mismo se proyectó en las siguientes fases:

- **Etapa 1. Plan de inspección y ensayos:** En esta etapa se desarrolló en campo una campaña de extracción de ensayos para caracterizar resistencia y morfología de los materiales que constituyen el sistema estructural y desempeño del material por durabilidad.

- **Etapa 2. Caracterización de lesiones:** Se realizó por medio de inspección visual en campo una verificación de las lesiones que serán plasmadas mediante una tabla de lesiones que indique el levantamiento de daños.

- **Etapa 3. Diagnóstico:** Se emitió un dictamen en el que se indicó la calificación de la estructura y se indicó cual fue el mecanismo de falla o deterioro (según el caso concreto).

- **Etapa 4. Recomendaciones:** Se indicaron las recomendaciones y labores de intervención si aplican demolición, (según el caso concreto).

2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

La estructura en mención se construyó hace más de 70 años, aproximadamente. La estructura que conforma el muro lindero se identifica con un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado resistente a momentos con muros de cerramiento en mampostería de perforación horizontal y en ladrillo tolete macizo. Actualmente, la funcionalidad de la estructura es soportar su propio peso y conformar el lindero del lote.

Se tiene la hipótesis que la estructura ayuda a soportar cargas del muro del bien de interés cultural (en adelante, BIC), también conocido como bien de interés histórico. Sin embargo, este

planteamiento validara en el desarrollo del estudio. En el estudio de la estructura no se realizó verificación de diseños dado que no se encontraron memoria de cálculo y planos de estructura para ser analizados.

Con el fin de tener un parámetro de contraste de resistencia se verifica en el “TITULO C: CONCRETO ESTRUCTURAL DEL REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR10, numeral C.1.1.1 que indica que la resistencia a la compresión de un concreto estructural debe ser de mínimo f´c=17 MPa (AIS,100).

Para la mampostería se verifica lo contenido en la NTC 4205: UNIDADES DE MAMPOSTERA DE ARCILLA COCIDA, LADRILLOS Y BLOQUES CERMICOS, en la tabla 2. Propiedades físicas de la mampostería no estructural. La resistencia a la compresión del ladrillo recocido debe ser mínimo f´m= 14 MPa y para mampostería de perforación horizontal debe ser mínimo f´m= 3 MPa (ICONTEC,2009).



Figura 1. Estructura de pórtico resistente posterior a las demoliciones.
Fuente: Figura propia

3 PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS

El plan se constituye en los siguientes ensayos:

3.1 Ferro-scanner y cala de exploración

Se realizó inspección en puntos distintos, seleccionados de forma intencional en las estructuras con un muestreo de 2 punto ferro-scanner y dos calas en vigas, 7 punto ferro-scaner y cuatro calas en columna y 1 punto de ferro-scanner en una zapata.

El objetivo del ensayo es identificar y dimensionar el acero de refuerzo de las estructuras que son caso de estudio. El detalle de identificación de refuerzo con la cala se puede observar en la figura 2.

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 2. Separación, dimensiones de acero y recubrimientos columna
Fuente: Figura propia

3.2 Compresión de cilindros de concreto

En Colombia, para obtener la resistencia a la compresión de concreto y/o morteros, se realiza el ensayo de compresión de cilindros según lo estipulado en la NTC 673. Los resultados de compresión del concreto se pueden observar en la tabla 1.

Se revisaron los resultados obtenidos y de acuerdo con lo establecido en el numeral C.5.6.5.4 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente NSR10 (AIS 100,2010), establece que el promedio de los ensayos no debe ser inferior al 85% de la resistencia de diseño o la requerida en la norma y ninguno de los resultados de forma individual deben ser inferiores al 75% de la resistencia de diseño o la requerida en la norma. Los resultados obtenidos NO CUMPLEN, los requerimientos normativos para la estructura estudiada.

3.3 Tracción de cilindros de concreto

El concreto, en su generalidad, se estudia en labores a diseño a compresión. Sin embargo, es importante revisar este parámetro para conocer solicitaciones de tracción en el concreto, en especial en los elementos de la cimentación. Para establecer el criterio de aceptación, se revisa literatura que establece que la resistencia a la tracción oscila entre el 10 y 15% de la resistencia a la compresión (Palmieri et al., 2015). Los resultados de tracción del concreto se pueden observar en la tabla 2.

Se revisa los resultados obtenidos y de acuerdo con lo establecido en la investigación de (Palmieri et al., 2015) se revisa la resistencia a la tracción que se estima como el 15% de la resistencia mínima a compresión de un concreto estructural que es de 17 MPa. Se observa que las muestras no cumplen el criterio de aceptación por resistencia a la tracción del concreto.

3.4 Medición de dureza superficial del concreto por medio de esclerómetro

El ensayo de esclerometría se utiliza para revisar la dureza a la compresión del concreto. Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 3.

Se revisa los resultados obtenidos y el promedio de los ensayos realizados por elemento presenta que la resistencia a la compresión del concreto tomada de forma superficial, con respecto a la resistencia mínima de 17 MPa para concreto estructural se observa que el resultado de medición de dureza superficial de la zapata no cumple.

Es importante aclarar que los ensayos de medición de dureza superficial por medio de esclerómetro y ultrasonidos son utilizados para confirmar resultados dudosos como investigaciones adicionales. Sin embargo, se recomienda seguir resistencias de los ensayos no destructivos en los casos que sus tendencias sean de resultados bajos porque el ensayo de medición de dureza por medio de esclerometría mide dureza superficial.

Tabla 1. Resultados resistencia a la compresión del concreto.

Estructura	**Pórtico en lindero BIC estación 12 metro de Bogotá**					
N° de muestra	**Tipo de elemento**	**Tipo de muestra**	**f´c ensayo (MPa)**	**f´c promedio (MPa)**	**f´c MINIMO NSR10 (MPa)**	**Observación**
1	Viga	Cilindro	13,2	12,9	17	NO CUMPLE
2		Cilindro	10,1			
3		Cilindro	15,6			
4		Cilindro	12,8			
5	Columna	Cilindro	15,5	9,8		NO CUMPLE
6		Cilindro	11,3			
7		Cilindro	8,2			
8		Cilindro	9,9			
11		Cubo	4,2			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Resultados resistencia a la tracción del concreto.

Estructura	**Pórtico en lindero BIC estación 12 metro de Bogotá**					
N° de muestra	**Tipo de elemento**	**Tipo de muestra**	**ft ensayo (MPa)**	**ft promedio (MPa)**	**ft permisible**	**Observación**
9	Zapata	Cilindro	2	2	2,15	NO CUMPLE
10	Columna	Cilindro	2,1	2,2		
12	Columna	Cilindro	2,3			

Fuente: Elaboración propia

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 3. Resultados de dureza superficial del concreto por medio de esclerómetro.

Estructura	Pórtico en lindero BIC estación 12 metro de Bogotá						
N° de muestra	Elemento	∠ (°)	I.E	f´c ensayo (MPa)	f´c prom. (MPa)	f´c min. NSR10 (MPa)	Observación
1	Columnas	0	46,6	18,9	20,1	17	CUMPLE
2		0	44,1	19,48			
3		0	47	21,96			
4		0	45	19,93			
5	Zapata	90	33,8	15,25	15,25		NO CUMPLE
6	Viga	0	47	25,96	25,96		CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

3.5 Velocidad de pulso ultrasónico en el concreto

El ensayo de velocidad de pulso ultrasónico es de tipo no destructivo y se utiliza para revisar la homogeneidad del concreto para descartar afectaciones internas como segregaciones y grietas que puedan afectar la resistencia. Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 4.

Se revisaron los resultados obtenidos y, de acuerdo con lo establecido en la publicación de (Matallana, 2019), se estableció que la velocidad mínima en el concreto para considerarse como bueno es de 3.600 m/s. Se observa que las muestras no cumplen el criterio de aceptación y puede tener en su interior segregaciones importantes. En las calas practicadas en columnas en áreas confinadas se observó segregación del concreto, lo cual se puede relacionar con los resultados obtenidos.

3.6 Medición de frente de carbonatación del concreto

Se realizó ensayo de carbonatación al concreto para revisar el riesgo de oxidación del acero de refuerzo por reducción del PH del concreto. Este ensayo destructivo consiste en aplicación de fenolftaleína sobre la muestra, y en los puntos donde no se presenta cambio de color rojo violáceo existe carbonatación. Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 5.

3.7 Resistividad eléctrica del concreto

Se realizó ensayo de resistividad eléctrica del concreto como complemento al ensayo de carbonatación para validar el riesgo de corrosión que tiene el acero de refuerzo. Los resultados de resistividad eléctrica en el concreto se pueden observar en la tabla 6.

Según lo establecido en literatura de (CYTED, 2000), se considera que la resistividad eléctrica del concreto para tener bajo riesgo de corrosión debe ser mayor a 12 KΩ-cm. Los resultados obtenidos evidenciaron que el riesgo de corrosión es bajo en las muestras realizadas.

Tabla 4. Resultados velocidad del pulso ultrasónico en el concreto.

Estructura	Pórtico en lindero BIC estación 12 metro de Bogotá				
N° de muestra	Elemento	Velocidad (m/s)	Velocidad promedio (m /s)	Velocidad promedio mínima (m/s)	Observación
1	Viga	2343	2781	3600	NO CUMPLE
2		3000			
3		3000			
4	Columna	2399	2625		NO CUMPLE
5		2475			
6		3000			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Resultados de medición de frente de carbonatación en el concreto.

Estructura	Pórtico en lindero BIC estación 12 metro de Bogotá				
N° de muestra	Elemento	Profundidad mínima (mm)	Profundidad máxima(mm)	Recubrimiento (mm)	Observación
1	Viga	17,4	27,45	30	Cumple
2	Columna	40,8	47,1	30	No cumple
3		26,8	33,85	30	No cumple
4		26	37,1	30	No cumple
5		25,1	37,35	30	No cumple
6	Zapata	16,3	29,7	30	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Resultados de medición de resistividad eléctrica del concreto.

Estructura	Pórtico en lindero BIC estación 12 metro de Bogotá			
N° de muestra	Elemento	Resistividad (KΩ-cm)	Resistividad permisible (KΩ-cm)	Observación
1	Columna	338,5	>12	Cumple
2	Columna	302,5		Cumple
3	Viga	117		Cumple
4	Viga	193,8		Cumple

Fuente: Elaboración propia

3.8 Potencial de corrosión del acero de refuerzo

Se realizó ensayo de potencial de corrosión del acero como complemento al ensayo de carbonatación para validar el riesgo de corrosión que tiene el acero de refuerzo. Los resultados de potencial de corrosión del acero de refuerzo se pueden observar en la tabla 7.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Según lo establecido en literatura de (CYTED, 2000), se considera que el potencial de corrosión para que sea un riesgo bajo debe encontrarse en el rango de 200 a -150 mV. Los resultados obtenidos evidencian que el riesgo de corrosión es bajo en las muestras realizadas.

3.9 Compresión de unidades de mampostería

Se realizaron ensayos de compresión de unidades de mampostería para evaluar resistencia a la compresión. Se ensayaron 4 unidades de mampostería recocida y 2 unidades de mampostería de perforación horizontal. Los resultados de compresión de unidades de mampostería se pueden observar en la tabla 8.

Según lo establecido en la Norma Técnica Colombiana 4205, se observa que la resistencia mínima a la compresión de unidades de mampostería para elementos no estructurales en unidades de ladrillo tolete es de minimo14 MPa y para unidades de mampostería de perforación horizontal es de mínimo 3 MPa. Los resultados obtenidos indican que las unidades de mampostería de ladrillo tolete cumplen y de las unidades de mampostería de perforación horizontal no cumple.

Tabla 7. Resultados de potencial de corrosión del concreto.

Estructura	**Pórtico en lindero BIC estación 12 metro de Bogotá**			
N° de muestra	**Elemento**	**Potencial de corrosión (mv)**	**Potencial de corrosión permisible (mv)**	**Observación**
1	Columna	-156,7	200 a -150	Cumple
2	Columna	-138,1		Cumple
3	Viga	-127,9		Cumple
4	Viga	-121,4		Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Resultados de compresión de unidades de mampostería

Estructura	**Pórtico en lindero BIC estación 12 metro de Bogotá**				
N° de muestra	**Tipo de elemento**	**f´c (Mpa)**	**f´c promedio (Mpa)**	**f´c norma (Mpa)**	**Observación**
1	Ladrillo tolete	15,1	24,2	14	CUMPLE
2	Ladrillo tolete	36,8			NO CUMPLE
3	Ladrillo tolete	25,4			NO CUMPLE
4	Ladrillo tolete	19,5			NO CUMPLE
5	Bloque H5	0,9	0,9	3	NO CUMPLE
6	Bloque H5	0,8			CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

4 LEVANTAMIENTO DE LESIONES

Se describen las lesiones encontradas en la tabla 9.

Tabla 9. Inventario de lesiones

Familia de lesiones	Codificación	Lesión	Descripción
Mecánicas	LM1	Desprendimientos	Perdida de adherencia de recubrimientos del concreto producto a los impactos recibidos en los procesos de demolición.
	LM2	Baja resistencia de los materiales	Los materiales que constituyen la estructura no cumplen la resistencia mínima requerida en los códigos de construcción vigentes
Físicas	LF1	Humedad por capilaridad	La humedad por capilaridad ocurre cuando el agua acumulada en el subsuelo asciende primero por la cimentación y luego por los muros y paredes.
	LF2	Humedad por filtración	Entrada o presencia de agua por puntos débiles de una construcción elemento, de forma generalizada
	LF3	Suciedades	Impurezas, polvo o basura sobre el acabado expuesto, producto de las ruinas de la demolición.
Químicas	LQ1	Erosión química	Abrasión del concreto por su exposición a fenómenos climatológicos.
	LQ2	Segregación del concreto	La segregación se define como distribución no homogénea de los componentes del concreto y afecta su resistencia mecánica. Puede producirse por no garantizar la manejabilidad de la mezcla de concreto o errores en el vibrado
	LQ3	Carbonatación	La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio (con alto pH) a carbonato de calcio. Si la profundidad de carbonatación supera el recubrimiento del concreto afecta la capa de pasivación de los aceros y permite inicio de proceso de oxidación

Fuente: Elaboración propia

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 9. Inventario de lesiones (continuación)

Familia de lesiones	Codificación	Lesión	Descripción
Químicas	LQ4	Oxidación	La oxidación se genera cuando el metal entra en contacto con el oxígeno. Por ello, es una reacción superficial que se produce en la superficie, generando manchas de color marrón. La oxidación no es perjudicial siempre y cuando no se vuelva un proceso degenerativo de corrosión en el que exista perdida del diámetro del acero y cambio de las propiedades mecánicas
Antropogénicas	LA1	Carencia de mantenimiento	Se produce envejecimiento de la estructura y obsolescencia de sus elementos, producto de dejarse en estado de ruina.

Fuente: Elaboración propia

5 DIAGNOSTICO

La estructura presenta materialidad de concreto reforzado en donde la resistencia mínima a compresión del reglamento NSR10, NO SE CUMPLE en el concreto, lo cual genera una debilidad considerable en la estructura. Los ensayos de tracción presentados tampoco cumplen los estándares mínimos de criterio aceptación, lo cual indica que la estructura es vulnerable desde el punto de vista de resistencia de los materiales. Las calas realizadas evidencian que el acero de refuerzo encontrado transversal es grado 40 N°4 y acero longitudinal grado 60 N°6.

El ensayo de velocidad de pulso ultrasónico presento una tendencia de resultados que está clasificado entre dudoso a malo. Esto se debe a las múltiples segregaciones que se encontraron en el concreto.

Los ensayos de resistividad eléctrica del concreto y de corrosión obtuvieron resultados que señalan que el riesgo de corrosión en la estructura es bajo, lo que indica que la afectación electroquímica es de oxidación y se infiere que las propiedades mecánicas del acero de refuerzo no se han debilitado. Sin embargo, se observa que la estructura a estar expuesta la intemperie presenta riesgo de tener corrosión en los aceros de refuerzo a través del tiempo (Chinome, 2023).

Las unidades de mampostería de perforación horizontal presentan una resistencia inferior a la permitida, lo que evidencia que los materiales del muro de cerramiento (el cual es un elemento no estructural) presentan bajas resistencias.

Desde el punto de vista de la materialidad, se considera que la estructura tiene un comportamiento MALO, en el que su concreto presenta bajas resistencias, un desempeño ante durabilidad bajo y su acero de refuerzo actualmente no está corroído, pero si podría sufrir de ese tipo de lesión con el tiempo.

Es un agravante que el muro lindero este en las vigas de entrepiso unido al muro del BIC como se observa en la figura 3, esto indica que la estructura del muro colindante al predio BIC dentro de los predios para la futura Estación 12, está sirviendo de apoyo al muro de adobe y ladrillo del BIC.

De forma general, el nivel de gravedad del inmueble se clasifica en estado de PELIGRO. Dicha clasificación se establece cuando se deduce de las deficiencias detectadas sugieren que la capacidad de la estructura es insuficiente para las acciones a las que puede ser sometida en su utilización normal, tales como sobrecargas de uso y acciones naturales (López et al.,2004).

6 RECOMENDACIONES

- Se debe emitir comunicación al BIC en donde se notifique que su muro no cumple condiciones de sismo resistencia del reglamento NSR10 e incumple la ley 400 de 1997. Se recomienda notificarlos para que tengan conocimiento sobre que deben hacer actividades de vulnerabilidad sísmica de acuerdo con el capítulo A.10. del reglamento NSR10.
- El muro colindante al predio BIC dentro de los predios para la futura Estación 12 del Metro, si se demuele y no se genera un sistema de apoyo lateral para el muro del BIC, puede generar afectación y su posterior colapso, lo anterior porque las vigas están sirviendo como sistema de apoyo lateral en las condiciones actualmente evidenciadas. Sin embargo, el muro colindante al predio BIC dentro de los predios para la futura Estación 12 del Metro, presenta bajas resistencias que se consideran desde el componente de patología de la construcción complejas de ser sujetas a reforzamiento y no se podría garantizar su optimo funcionamiento.

  Por lo anteriormente justificado, se recomienda No demoler el muro longitudinalmente y realizar la construcción de una estructura nueva delante de la existente que genere la seguridad estructural necesaria dentro de los predios para la futura Estación 12 del Metro.



Figura 3. Se observa que la viga de entrepiso está generando apoyo al muro de adobe del BIC y sirve como apoyo colaborante al muro.
Fuente: Figura propia

© 2025 ALCONPAT Internacional

7 CONCLUSIONES

- La estructura existente en el Muro colindante al predio BIC dentro de los predios para la futura Estación 12 del Metro, incumple en cuanto resistencia de materiales el reglamento NSR10 y presenta peligro de riesgo y colapso ante solicitaciones de sismo.

- El plan de inspección y ensayos acompañado de un levantamiento de lesiones, es una herramienta muy útil en el campo de la patología de la construcción porque permitirá tener información muy útil para emitir un diagnóstico completo y tomar decisiones para la fase de intervención.

8 AGRADECIMIENTOS

Se reconoce y resalta la colaboración de las firmas INDESCO BIC y CAISAN Ingeniería SAS por permitir el uso de la información del proyecto para fines académicos del congreso.

9 REFERENCIAS

AIS 100, (2010). TÍTULO C – Concreto estructural. NSR-10, TÍTULO C. Colombia.

Chinome, C. (2023). " El agua: Un agente de lesión silencioso en las estructuras de concreto reforzado ". Memorias del XXXVII Congreso Nacional de Ingeniería "retos y paradigmas en la ingeniería", Colombia 2023, 1-5. https://sci.org.co/wp-content/uploads/file/CNI23/Memorias.%20Camilo%20Chinome%20-%207.pdf

CYTED. (2000). Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado. Red durar.

ICONTEC. (2009) NTC 4205: unidades de mampostera de arcilla cocida, ladrillos y bloques cerámicos

López, F., Rodríguez, V., Cruz, J., Torreño, & Ubeda, P. (2004). Manual de patología de la edificación. Tomo 1 El lenguaje de las grietas, patología y recalce de cimentaciones. Universidad Politécnica de Madrid

Matallana, M. (2019). “El Concreto: Fundamentos y Nuevas Tecnologías”.

Editorial corona & conconcreto. https://conconcreto.com/wp-content/uploads/2023/02/EL-CONCRETO-Fundamentos-y-nuevas-tecnologias..pdf

Palmieri, A., Guzman, A. & Catillo, V. (2015). “Evaluación de esfuerzos tangenciales y radiales en cilindros de concreto de paredes gruesas sometidos a presión interna”. REVISTA INGENIERÍA Y DESARROLLO. http://dx.doi.org/10.14482/inde.36.1.10938

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Ampliación, Evaluación y Adecuación de una Edificación Metálica Existente, hacia una nueva Arquitectura de Servicio

A. Yammine Doueihi*, L. Videla

*antonioyammine@gmail.com

RESUMEN

Actualmente, recuperar y ampliar estructuras existentes cobra significado en las economías protectoras del ambiente. Iniciamos el estudio en una edificación preexistente, avanzando con una propuesta atenta al cumplimiento de normas y al proyecto arquitectónico. Ello ajustado a los espacios comerciales requeridos por nuestra sociedad; logrando mitigar la vulnerabilidad sísmica y el cumplimiento de normas constructivas. Este proyecto obtuvo valores de aprovechamiento supeditados a rangos de aceptación en la totalidad de los principales miembros estructurales. Tal transformación se ubica en la Urbanización La Castellana, Caracas, con dos décadas de antigüedad. Se mantuvieron los parámetros de zonificación vigentes y el presupuesto del cliente. La originalidad de las soluciones potencia las características arquitectónicas presentes, permitiendo aseverar la factibilidad del trinomio Ingeniería-Cliente-Arquitectura.

Palabras clave: evaluación estructural; refuerzo estructural; remodelación; adecuación estructural; ampliación; derivas de piso; cruces de San Andrés; rigidez.

[1] Antonio Yammine, Ingeniero Civil, Universidad Santa María, Caracas, Venezuela
[2] Liber Videla, M. Sc. Ingeniero Civil, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

© 2025 ALCONPAT Internacional

Qué pasa cuando la arquitectura caduca, cuando sus usuarios cambian, cuando su espíritu pide transformarse…

1 INTRODUCCIÓN

La discusión sobre la adecuación de edificaciones en nuestro país es recurrente desde finales de los años ochenta. Conforme a los estudios analíticos y experimentales, han aproximado los aspectos a abordar en esta materia, proporcionando las recomendaciones más certeras a fin de garantizar el comportamiento integral de las edificaciones inscritas en los códigos. Se impone cierto consenso internacional en el cumplimiento y observación de las normas constructivas.

En nuestra ciudad capital, los nuevos usos y demandas urbanas son satisfechos a través de la adecuación de las edificaciones. Ello amerita esfuerzos por parte de los profesionales de la ingeniería en cuanto a armonizar las aspiraciones de cliente, la propuesta arquitectónica (incluye aspectos estéticos, funcionales, y técnicos) con las ordenanzas y demás regulaciones existentes. Adicionalmente, la ampliación de los servicios básicos de infraestructura no marcha en paralelo a esta y requiere de mayor atención y promoción.

El caso de estudio que se presenta se refiere a una edificación con estructura metálica a la cual se le adicionó un nivel a los dos preexistentes. Se propuso una estructuración de diagonales resistentes en fachadas, logrando de esta forma la reducción de la vulnerabilidad sísmica a rangos normativos; con especial atención al capítulo 12 de la COVENIN 1756 (COVENIN, 2019) alcance #4 "*Cambios de uso o ampliación de una construcción*". La edificación lograda obedece a nuevos espacios comerciales que demanda nuestra sociedad, así como adecuarse a las aspiraciones de los propietarios y el Arquitecto proyectista, en el cumplimiento de las disposiciones vigentes.

2 OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo es evaluar, adecuar y ampliar una edificación existente.

En cuanto a los objetivos específicos, se señalan los siguientes:

- Considerar las características del suelo como parámetro a tomar en cuenta en el cálculo.
- Evaluar la estructura existente y definir los elementos a conservar u aprovechar.
- Condicionar la solución y conducta de la estructura propuesta al rango de valores permitidos según la normativa vigente.
- Adecuar la solución a la zonificación del emplazamiento en donde se ubica el edificio.
- Conjugar armónicamente la propuesta estructural con el proyecto arquitectónico.

3 METODOLOGÍA

En cuanto al procedimiento metodológico que se siguió para el cumplimiento de los objetivos antes descritos, tanto el principal, como los específicos, se realizó, primeramente, la modelación tridimensional de un sistema estructural considerando diafragma rígido en los entrepisos con tres (3) grados de libertad dinámica por nivel e incluyen los movimientos traslacionales en dos (2) direcciones ortogonales entre sí y la rotación con respecto al eje Z vertical, representando las distribuciones espaciales de masa y rigideces laterales.

Las normas tomadas en cuenta fueron:

Concreto reforzado: ACI 318M (ACI, 2011); COVENIN 1753 (COVENIN, 2006)

Aceros conformados: Eurocódigos 3 y 4 (CEN, 1994)
Aceros laminados y armados: Eurocódigos 3 y 4 (op. cit)
Losas mixtas: Eurocódigo 4 (op. cit)
Acción sísmica: COVENIN 1756 (COVENIN, 2019)
Acciones mínimas: COVENIN 2002 (COVENIN, 1988)
Viento: COVENIN 2003 (COVENIN, 1989)
En cuanto a las acciones consideradas, gravitatorias, viento y sismo, seguidamente se presentan separadamente mediante tablas que resumen las cargas, tales como sobrecarga de uso y acabados. Los efectos debidos al viento se calcularon en forma de franjas de aplicación por niveles.
Las consideraciones sísmicas se presentan detalladamente según el emplazamiento de la obra en cuestión.

3.1 Acciones gravitatorias

Las acciones gravitatorias aplicadas se resumen en la Tabla 1 que se expone seguidamente:

Tabla 1. Acciones gravitatorias

Planta	Sobre carga de uso SCU (kg/m2)	Cargas permanentes acabado (kg/m2)
Planta techo +10.0	400	50
Planta terraza +6.80	500	100
Planta mezzanina +3.20	400	150
Planta baja 0.00	250	100
Fundación -2.00 (sobrecarga equivalente al relleno)	0	2520 kg/m^2

3.2 Viento

Se tomo en consideración la norma COVENIN 2003 (op. cit) antes señalada.
Los parámetros indicadores son:
Categoría B
Tipo exposición A
Tipo respuesta I
Velocidad básica del viento: 78,00 km/h
Los anchos de banda en todas las plantas son: 30 m en dirección X y 20 m en dirección Y
No se realizó análisis de los efectos de segundo orden.
Los coeficientes de carga son: 1,0 en +X y -X igualmente en +Y y -Y.
Seguidamente se incluye, en la Tabla 2 las cargas de viento.

Tabla 2. Cargas horizontales por planta

Cargas de viento por planta		
Planta	Viento X (kg)	Viento Y (kg)

© 2025 ALCONPAT Internacional

Planta Techo +10,00	724,0	446,0
Planta Terraza +6,80	1325,0	804,0
Planta Mezzanina +3,20	1149,0	687,0
Nivel 0,00	0,0	0,0

3.3 Sismo

En este parámetro se consideró la norma COVENIN 1756 (op. cit).
Se exponen los datos generales de sismo y características del emplazamiento:
Aceleración A0=0.30g
Ductilidad global (X), µX=6.0
Ductilidad global (Y), µY=6.0
Factor de excentricidad: 0.05
TaX: Periodo fundamental aproximado de la estructura(X) TaX=0.50 s
TaY: Periodo fundamental aproximado de la estructura(Y), TaY=0.45 s
En los parámetros de cálculo tenemos que el número de modos de vibración que intervienen en el análisis es el de alcanzar el porcentaje de masa participativas (desplazadas) del 90%.
La fracción de sobre carga de uso es 0,50.
Los efectos de la componente vertical del sismo se consideran mediante la aplicación de un coeficiente de modificación igual a 0,15 el cual actúa como sumando del factor de las cargas permanentes en las combinaciones sísmicas de acciones.
Se incorpora en el análisis la verificación de la condición de corte basal, así como los efectos de segundo orden.

3.4 Hipótesis de carga

Seguidamente se listan las hipótesis de carga implementadas.
Peso Propio (PP)
Cargas Permanentes (CP
Sobre Cargas de Uso (SCU)
Sismo en X
Sismo en Y
Viento +X exc.+
Viento +X exc.-
Viento -X exc.+
Viento -X exc.-
Viento +Y exc.+
Viento +Y exc.-
Viento -Y exc.+
Viento -Y exc.-
La estructura preexistente está formada por columnas HEA 220, vigas metálicas IPE 240 e IPE 300, correas IPE 140 y 160. Las losas mixtas son del tipo losa acero, calibre 22.

El sistema de fundaciones superficiales preexistentes son del tipo zapatas cuadradas, cuyas geometrías se presentan en la Tabla 3. Adicionalmente, en la imagen 1 se muestra una vista 3D del nivel fundaciones preexistentes.

Tabla 3. Características dimensionales de Fundaciones Preexistentes

TABLA DE FUNDACIONES PREEXISTENTES		
TIPO	A x B (m^2)	Espesor (m)
F-1	1,50 x 1,50	0,30
F-2	1,80 x 1,80	0,40
F-3	1,80 x 1,10	0.40

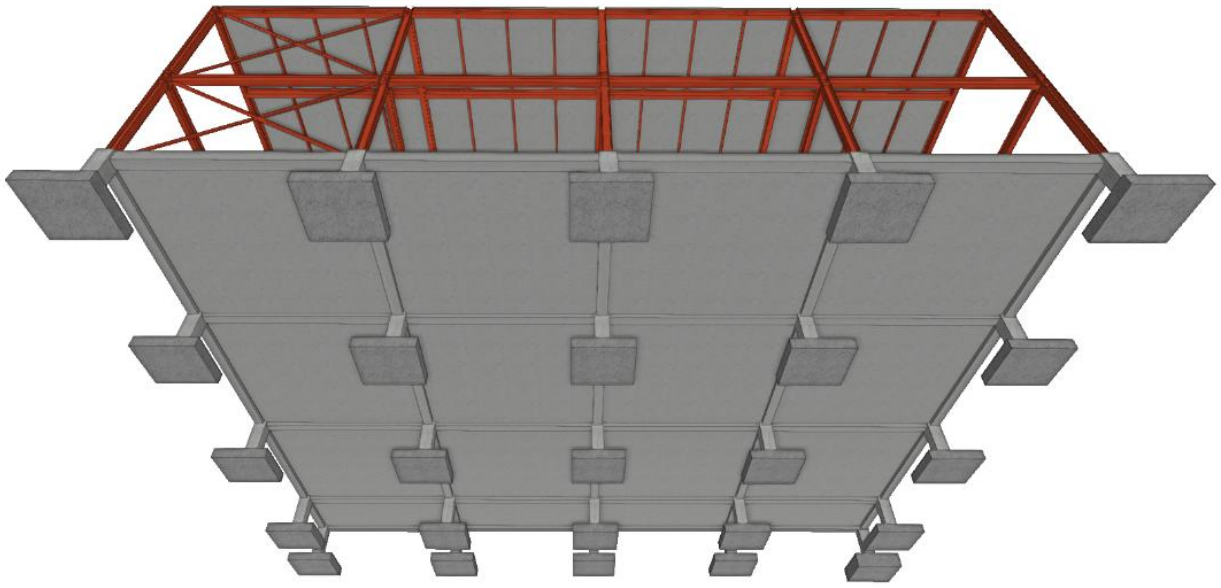


Figura 1. Vista 3D del nivel de fundaciones preexistentes

© 2025 ALCONPAT Internacional

Las columnas preexistentes HEA 220 no cumplen con el régimen de cargas impuestas en las normas precitadas, para ello se propone reforzarlas armando una sección cajón con dos planchas continuas de acero A36 espesor ½ pulgada o 13mm, a través de cordón de soldadura continua, según se indica en Figura 2.

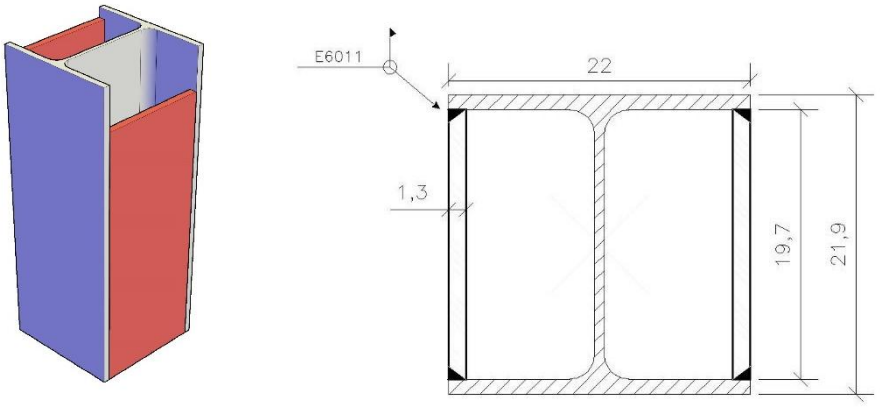


Figura 2. Vista 3D y sección típica

Se incrementa el área de la sección en 79,6% pasando de 62,19cm^2 a 115,5cm^2, la inercia de la sección Ix se incrementa 36%, de 5410cm^4 hasta 7350cm^4. La inercia de sección Iy se incrementa en 277% de 1960cm^4 hasta 5436cm^4. Con esta propuesta los miembros verticales incrementan sus capacidades a flexo-compresión. En el nuevo eje de columnas (eje 6) del lado Noreste se proponen columnas HEA 260.
Las losas se mantienen del tipo mixtas con láminas losaceros de calibre 22 (0,70mm) y de altura 150 milímetros, la longitud de los tramos no excede 125 centímetros. Para un aprovechamiento del 37 % a las cargas impuestas en este trabajo.

3.5 Predimensionado

En la propuesta de adecuación de miembros estructurales existentes, las vigas de carga del tipo IPE300 cumplen satisfactoriamente con el actual régimen de cargas según las combinaciones de las normas impuestas. La viga de carga más exigida alcanza un aprovechamiento del 83% de su capacidad. Las correas del tipo IPE 140 y IPE 160 cumplen satisfactoriamente; las correas más exigidas alcanzan un aprovechamiento del 79% de su capacidad. La gran mayoría su eficiencia no excedió el 50%. El área a ampliar y el nivel a agregar sus losas serán mixtas con conectores de corte h=12cm y diámetro de 16mm y separación a tenor de los requerimientos del cálculo.
La soldadura seleccionada corresponde al tipo E70XX en los miembros estructurales y E60XX para los conectores de corte en losas mixtas.

3.6 Evaluación de condiciones del sitio y suelo

Avanzando con el proceso metodológico, se señala que en el análisis del sitio y del suelo se practicaron calicatas en las cercanías de las fundaciones superficiales. Se verificó el estado continuo del suelo libre de nivel freático; con suficiente rigidez y resistencia para ampliar las zapatas existentes a fin, de proveer de la superficie requerida. Ver figura 3.

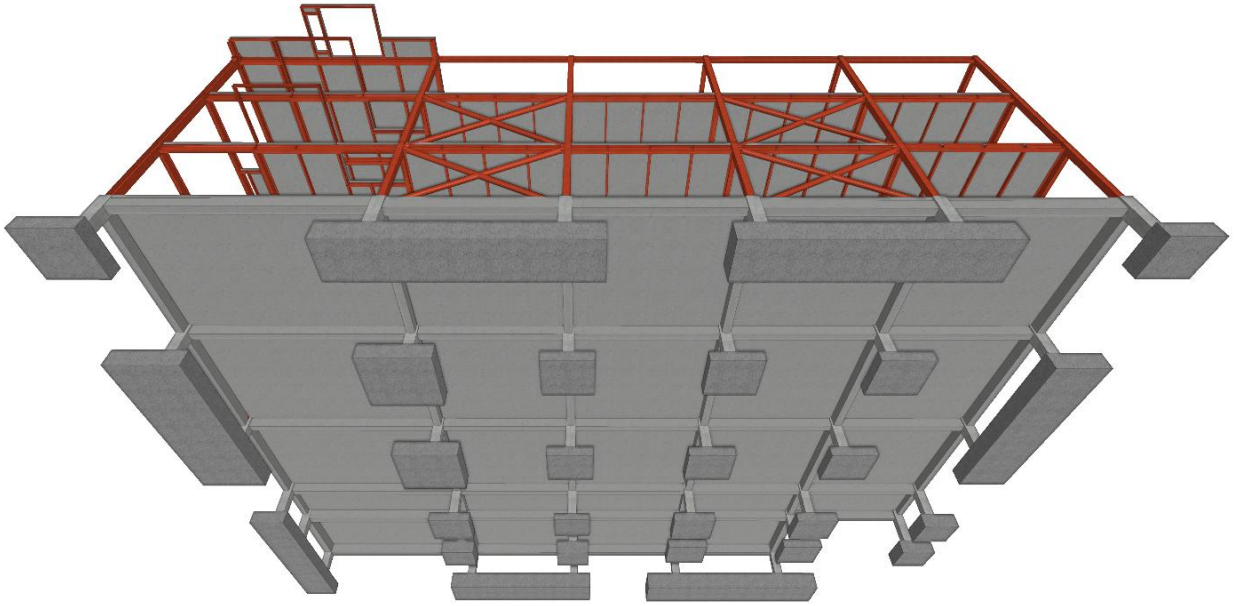


Figura 3. Vista 3D de Planta de fundaciones propuestas

Las características dimensionales de las fundaciones propuestas se muestran en la Tabla 4, que se presenta de seguidas.

Tabla 4. Fundaciones propuestas

TABLA DE FUNDACIONES PROPUESTAS		
TIPO	AxB (m^2)	Espesor (m)
F-1	1,50x1,50	0.30
F-2	1,80x1,80	0,40
F-3	1,80x1,10	0.40
F-4	7,50x1,50	0.75
F-5	7,50x1,80	0.65
F-6	7,50x2,50	0.65
F-7	8,20x1,50	0.55

La propuesta de estructuración contempla una distribución regular de diagonales resistentes en ambos sentidos de las fachadas. En tal sentido, se incorporó un sistema de diagonales formado por perfiles estructurales ECO CONDUVEN sección circular D=8 5/8” o 219mm. La elevada rigidez que caracteriza estas fachadas resistentes logra atraer el flujo de esfuerzos axiles y cortantes

© 2025 ALCONPAT Internacional

resultantes, manteniendo de esta forma un rango de esfuerzos aplicados sobre las fundaciones dentro de las capacidades de las mismas, no requiriendo ampliaciones en sus áreas. Se propone incrementar el espesor de estas zapatas a fin de garantizar la conducta de zapatas rígidas y una distribución de esfuerzos rectangulares bajo las zapatas.

4 LIMITACIONES

En cuanto a las limitaciones estructurales, este trabajo se inscribe en una edificación existente, con una tipología propia a continuar, sujeta a las normas vigentes. Por lo tanto, en la ampliación y crecimiento vertical se mantuvo esta premisa.
Otra limitación fue la imposibilidad de variar el tipo de fundaciones. A tal fin, se mantuvo el criterio existente.
La fecha prevista para la culminación de la obra, también condicionó la propuesta estructural en cuanto a selección de perfiles.

5 RESULTADOS

Los resultados obtenidos se señalan a continuación.

5.1 Ubicación de centros de masas y centros de rigidez

Los entrepisos presentan una particular excentricidad de los centros de masa respecto a los centros de rigidez, según se destaca en la Tabla 5.

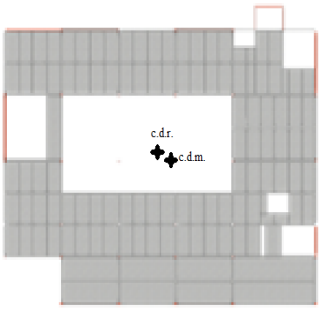
Tabla 5. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_X (m)	e_Y (m)
Planta Techo	(19.23, 4.82)	(25.51, -2.05)	-6.28	6.87
Planta Terraza	(14.97, 7.51)	(18.98, 3.95)	-4.01	3.56
Planta Mezzanina	(15.74, 6.93)	(14.67, 7.62)	1.07	-0.69
Planta Baja	(15.44, 7.21)	(14.60, 6.94)	0.84	0.27

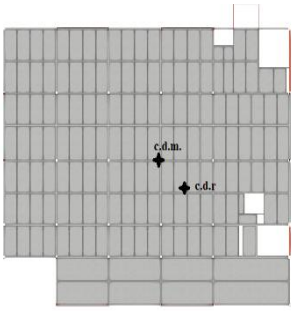
c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X, Y)
c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X, Y)
eX: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)
eY: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

A continuación, se muestra una representación gráfica de los centros de masas y centros de rigidez por planta de la edificación. Ver Figura 4.

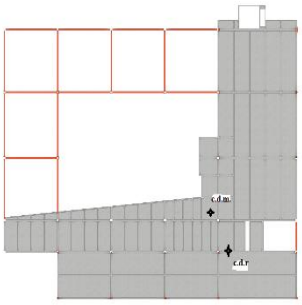
Figura 4. Señalamiento de centros de masas y centros de rigidez por nivel



Mezzanina



Planta Terraza



Planta Techo

Planta

5.2 Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta.

El porcentaje de cortante sísmico por columnas y las diagonales resistentes (incluye el cortante resistido por las cruces de San Andrés) ubicadas en las 4 fachadas se detalla en las Tablas 6 y 7, clasificadas por hipótesis X1 y Y1.

Tabla 6. Porcentaje de Corte Sísmico por tipo de soporte. Hipótesis sísmica: Sismo X1

PLANTA	%Qx		%Qy	
	Columnas	Diagonales Resistentes	Columnas	Diagonales Resistentes
Planta Techo +10.0	48,07	51.93	48,65	51,35
Planta Terraza +6.80	10,03	89,97	34,86	65,14
Planta Mezzanina +3.20	17,34	82,66	29,70	70,30
Planta Baja 0.00	100,0	0,00	100,0	0,00

Tabla 7. Porcentaje de Corte Sísmico por tipo de soporte. Hipótesis sísmica: Sismo Y1

PLANTA	%Qx		%Qy	
	Columnas	Diagonales Resistentes	Columnas	Diagonales Resistentes
Planta Techo +10.0	55,18	44,82	59,25	40,75
Planta Terraza +6.80	21,52	78,48	23,56	76,44
Planta Mezzanina +3.20	11,59	88,41	33,93	66,07
Planta Baja 0.00	100,0	0,00	100,0	0,00

© 2025 ALCONPAT Internacional

5.3 Derivas de pisos

Las derivas laterales totales por entrepisos alcanzadas según COVENIN 1756 (op. cit) son considerablemente menores a los valores limites normativos según se detalla en la Tabla 8, a saber:

Tabla 8. Derivas laterales totales por entrepisos

Niveles (m)	Deriva lateral pisos Δei (cm)	Deriva lateral total ΔTi (cm)	Relación deriva lateral total (x mil)	Valor limite deriva lateral total (x mil)
P Techo +10,0	0,142	0,639	2 x mil	12 x mil
P Terraza +6.8	0,189	0,849	2,4 x mil	12 x mil
P Mezanina +3.2	0,175	0,787	2,5 x mil	12 x mil
P Baja 0.0	0,0	0,0	0,0	

5.4 Fundaciones.

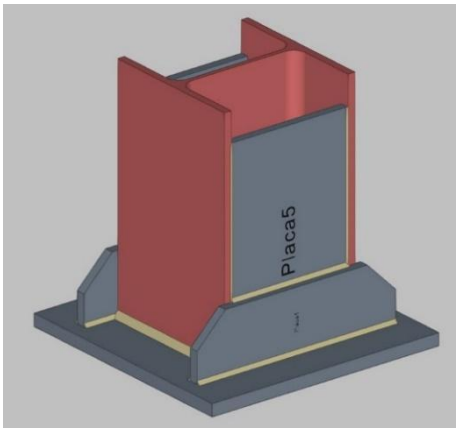
En la adecuación de las fundaciones según la Tabla 4, se estableció un método de trabajo progresivo de excavación perimetral a cada fundación superficial, adición de aceros y conexión mecánica con elementos existentes. Toda vez alcanzadas las actividades necesarias de refuerzo y ampliación, se procedió al relleno y compactación de la zona intervenida.

Se procede a ejecutar las mejoras en la conexión pedestal-columna metálica, a través de la adición de rigidizadores de base carentes para la fecha en los apoyos. Ver Figura 5.

5.5 Columnas.

Las columnas reforzadas para esta propuesta de adecuación del tipo HEA 220 en cajón (ver Figura 5) alcanzan una relación de aprovechamiento del 76% para la coordenada más exigida. Para las columnas adicionadas en la nueva etapa ampliada se selecciona al perfil HEA 260 a lo largo del eje 6. Estas nuevas columnas están requeridas al 60% de aprovechamiento.

Figura 5. Conexión tipo, base de columna reforzada



6 CONCLUSIONES

Mediante el trabajo realizado su pudo comprobar lo favorable que resulta adecuar una estructura existente, en términos de tiempo y costos.
El presente trabajo es claro ejemplo de la responsabilidad profesional implementada con acierto por el equipo ingenieril en cuanto a armonizar las aspiraciones de cliente, la propuesta arquitectónica (incluye aspectos estéticos, funcionales, y técnicos), con las ordenanzas y demás regulaciones existentes.
Queda demostrado que la incorporación de fachadas resistentes se convierte en polos atractores de esfuerzos por su elevada rigidez. Es más, pasan a ser elementos que resaltan la arquitectura de la edificación, tal como se logró en el caso que se presenta.
Cortantes
El conjunto de cruces de San Andrés alcanzó un aprovechamiento del 7%, todas en el rango elástico. Lo que garantiza una elevada rigidez que controla las deformaciones del conjunto.
Los principios aplicados en este trabajo pueden servir de referencia para otros casos similares, en donde se busque eficiencia, reforzamiento y adecuación de estructuras en el marco de la normativa.

7 BIBLIOGRAFÍA

Chopra, A. K. (2014), “Dinámica de Estructuras”. Editorial Pearson Education Inc., Prentice Hall, USA.

González Deluca, M. E. (2013), *“Venezuela, la Construcción de un País … una Historia que Continua”.* Cámara Venezolana de la Construcción, Caracas, Venezuela

ASCE/SEI 41. (2013). *Seismic evaluation and retrofit of existing buildings*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers. U.S.A.

COVENIN (2006). 1753: Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural. Editorial Fondonorma. Caracas, Venezuela

COVENIN (2019). 1756: Construcciones Sismorresistentes. Editorial Fodenorca. Caracas, Venezuela.

COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN (CEN). (1993): Eurocódigo 3: Diseño de Estructuras de Acero. AENOR, España

COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN (CEN). (1994): Eurocódigo 4: Diseño de Estructuras Mixtas de Acero y Hormigón. AENOR, España

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Protocolo de rehabilitación de una estructura afectada por incendio: caso de estudio

N. Rodrigues[1]*, A. Urich[1], R. Scannone[1]; J. Beauperthuy[1].

*Autor de Contacto: nelsonrodrigues1998@gmail.com

RESUMEN

En el sótano de un edificio residencial ocurrió un incendio provocado por la combustión de cuatro vehículos estacionados en el área. El caso consistió en evaluar el grado de afectación sobre la estructura de concreto, por medio de un plan de trabajo ejecutado en dos fases: la inspección preliminar, que permitió definir las acciones inmediatas de seguridad para la estructura, mientras se evaluaba la magnitud y extensión de los daños estructurales. La segunda fase de evaluación detallada mediante exploraciones y ensayos determinó que los daños fueron de poca significación, lo que permitió desarrollar el proceso de rehabilitación, manteniendo la habitabilidad de la edificación. Este caso de estudio se presenta como ejemplo del protocolo de acción en casos de patología estructural por incendios.

Palabras clave: Incendio estructural; fuego, patología del concreto; ultrasonido; núcleos de concreto.

[1] B.R.S. Ingenieros, C.A., Caracas, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Se presenta un caso de estudio de una edificación afectada por fuego. El siniestro ocurrió en febrero de 2024, en Caracas, Venezuela y generó mucha inquietud y preocupación entre los propietarios del edificio, por lo cual se solicitó una investigación técnica para evaluar los daños estructurales.

Este trabajo presenta los resultados de la patología estructural por incendio, incluyendo el procedimiento realizado para determinar la magnitud y extensión de los daños, el proyecto de intervención y la obra de rehabilitación de los miembros estructurales afectados.

Se empleó el protocolo de evaluación de las guías (ACI 364.1R, 2019) y (SEI/ASCE 11, 1999); para el proyecto de rehabilitación se consideraron las recomendaciones del documento (ACI 562, 2019) y las guías del Instituto Internacional de Reparación del Concreto, haciendo énfasis en una adecuada selección de materiales según (ICRI 320.2R, 2018) y la importancia de la preparación previa de superficies según (ICRI 310.2R, 2013).

Se trata de un incendio estructural en una edificación residencial. El siniestro ocurrió en el nivel sótano destinado a estacionamientos y se debió a la combustión de cuatro de los vehículos allí estacionados; el incendio duró más de 4 horas, hasta que el cuerpo de bomberos logró extinguirlo, esto provocó que esta estructura quedara expuesta a la acción del fuego por un tiempo prolongado.

La estructura consta de un sistema tradicional de pórticos de concreto reforzado con losas nervadas; además, en la zona afectada existen unos muros de concreto en el contorno que confinan el perímetro del sótano. El incendio se concentró en una porción de este sótano, la cual se encontraba a su vez confinada por paredes de mampostería.

2 PROCEDIMIENTO

Se realizó la evaluación en dos fases: una evaluación preliminar con el objetivo de emitir un prediagnóstico de la afectación y las medidas de emergencia a adoptar en el corto plazo; una evaluación detallada que comprendió la realización de ensayos para emitir un diagnóstico y un proyecto de reparación de los daños. Finalmente, se realizó una primera etapa de la obra para lograr la rehabilitación de la estructura, quedando a la fecha de este trabajo la segunda etapa de obra.

3 RESULTADOS

3.1 Evaluación preliminar

A raíz de la ocurrencia del incendio, se realizó inmediatamente una evaluación preliminar de los daños, con el objetivo de asesorar al condominio sobre las acciones pertinentes para la identificación de los daños y la rehabilitación de la estructura, así como una estimación preliminar de los costos de estudios y obras requeridas para completar el proceso de rehabilitación.

3.1.1 Actividades realizadas

Se realizó una inspección visual de la estructura, apoyada en calas exploratorias y la auscultación táctil con piquetas de acero, a fin de identificar síntomas característicos de daños directos e indirectos por fuego en la estructura de concreto.

3.1.2 Daños directos

Se observaron síntomas de afectación que indican que la estructura estuvo expuesta a temperaturas superiores a los 250 °C, tales como cambio de coloración del concreto, fisuración tipo “piel de cocodrilo”, delaminación del concreto con varias porciones desprendidas y acero de refuerzo expuesto (Figura #1). Las losas nervadas presentaban rotura y desprendimiento de los bloques huecos de arcilla (Figura #2). Fuera del área de exposición se apreciaron superficies ahumadas, las cuales no representan una afectación estructural en los miembros involucrados (Figura #3).

Se clasificaron los daños estructurales según su magnitud, extensión y teniendo en cuenta su ubicación dentro de la configuración estructural del sector; se establecieron tres categorías:

- **Daño severo:** lesiones que involucran una porción significativa del miembro estructural afectado y que reducen considerablemente su capacidad ante cargas gravitacionales de servicio.
- **Daño moderado:** lesiones profundas, pero que no representan peligro ante las cargas gravitacionales de servicio dada la configuración estructural del miembro afectado, o porque se trata de daños aislados de dimensiones poco significativas.
- **Daño leve:** corresponde al resto de miembros dentro de la zona afectada, cuyo nivel de afectación es bajo, principalmente deshidratación y focos puntuales de concreto delaminado.



Figura 1. Síntomas de daños directos por fuego en muros de concreto reforzado

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 2. Daños directos por fuego en nervios de losas nervadas



Figura 3. Zonas ahumadas fuera del área de influencia

3.1.3 Daños indirectos

Los daños indirectos corresponden principalmente a lesiones en la estructura debidas a las dilataciones térmicas diferenciales y acumuladas, ocasionadas por los cambios bruscos de temperatura en los miembros de concreto, los cuales pueden manifestarse incluso fuera del área de influencia del incendio.

Se observaron fisuras en diagonal en una de las columnas del sector incendiado, con anchura de apenas 0,1 mm (Figura #4). En el resto de los miembros estructurales del entrepiso afectado no se detectaron este tipo de grietas en diagonal.

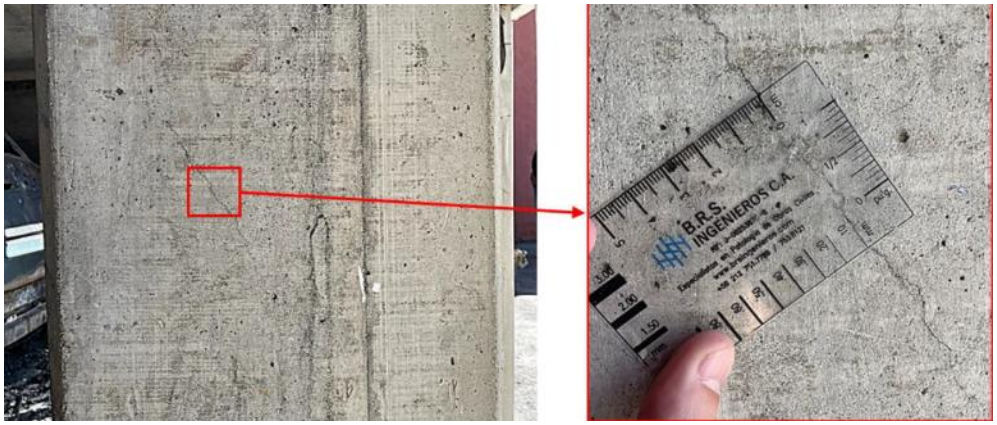


Figura 4. Fisuras en diagonal debidas a daños indirectos por fuego en columna de concreto reforzado

3.1.4 Prediagnóstico

El incendio ocasionó lesiones estructurales severas en una columna, una viga y un paño de losa del sector, requiriendo un apuntalamiento preventivo para asegurar la estabilidad y seguridad de la estructura.

El resto de la estructura presentaba daños de moderados a leves, que podían ser atendidos en un segundo nivel de prioridad.

3.1.5 Recomendaciones preliminares

3.1.6 Apuntalamiento preventivo

Se consideró la instalación de un apuntalamiento preventivo en los miembros afectados severamente, el apuntalamiento consistió en la instalación de dos torres PAL (dispuestas de forma triangular con tres tornillos regulables) en la viga de carga y cuatro puntales tipo ACROW en el paño de losa más afectada. Este apuntalamiento se instaló inmediatamente después de haberse entregado el resultado de la evaluación preliminar.

3.1.7 Estudio complementario requerido

En virtud que los daños fueron evaluados sólo de forma preliminar mediante inspección visual, era necesario realizar adicionalmente una serie de ensayos para precisar el grado de afectación interno en los miembros estructurales, detectar grietas o fisuraciones no visibles a simple vista, además de verificar la profundidad de las fisuras diagonales por acción indirecta para descartar una afectación severa.

3.2 Evaluación detallada

Gracias a la realización de una evaluación preliminar, se definió el alcance de las exploraciones adicionales requeridas para evaluar con precisión el grado de afectación de la estructura de concreto reforzado.

Esta fase de evaluación contempló la realización de exploraciones y ensayos, tales como remoción de los frisos de las losas nervadas, extracción de núcleos de concreto, ensayos de ultrasonido y ensayo a tracción de muestras de acero de refuerzo.

© 2025 ALCONPAT Internacional

3.2.1 Remoción de frisos en losas nervadas

Se procedió a la remoción completa de los frisos en los nervios de las losas nervadas del sector afectado (Figura #5), con la finalidad de tener acceso pleno a la estructura y poder realizar la prueba táctil – auditiva y reducir la incertidumbre en la estimación de los daños directos en las losas.



Figura 5. Demolición del friso en los nervios de losas nervadas

3.2.2 Auscultación (prueba táctil – auditiva)

Gracias a la actividad anterior, se pudo realizar la prueba táctil – auditiva en una mayor extensión que durante la fase de evaluación preliminar; esta prueba consiste en golpear la superficie mediante una piqueta de acero, la cual emite un sonido característico (opaco) en las zonas con delaminación (vacíos); esto permite detectar daños no identificables a simple vista (Figura #6).



Figura 6. Auscultación en miembros de concreto reforzado

3.2.3 Ensayo de ultrasonido

Se realizó el ensayo de ultrasonido en una serie de miembros estructurales del área afectada por el fuego, tanto de forma directa como indirecta (Figura #7). El método consiste en determinar la velocidad del pulso ultrasónico del concreto sano (miembros no afectados por el fuego) y contrastarlo con los valores de la velocidad del pulso determinado en diferentes sectores de los

miembros afectados por el fuego. Posteriormente, se estima la profundidad del daño mediante relaciones analíticas de los distintos parámetros y medidas realizadas en sitio.



Figura 7. Ensayo de ultrasonido en miembros de concreto reforzado

Este ensayo permite también detectar y ubicar grietas, vacíos u otros daños internos no visibles en el concreto. La información obtenida, manejada conjuntamente con los resultados de la inspección visual y extracción de núcleos, permite definir con mayor precisión la magnitud (profundidad) del daño y su extensión en los miembros estructurales.

Por otra parte, se realizó un barrido con el ensayo de ultrasonido en la columna que presentaba fisuras diagonales, a fin de determinar si estas eran profundas y, por tanto, había afectación en la capacidad estructural de este miembro. El resultado de este ensayo fue que había una disminución de alrededor del 10% de la velocidad del pulso ultrasónico al atravesar las fisuras, lo cual no representa una reducción significativa en su capacidad estructural, por tanto, se determinó que este daño indirecto en la columna no requiere reparación estructural.

Con el apoyo de los ensayos de ultrasonido realizados en sectores con daños directos, se determinó que en la mayoría de los casos se trataba de daños superficiales, salvo la columna afectada severamente, la cual tenía profundidades de afectación en promedio superiores a los 9 cm, superando el recubrimiento al acero de refuerzo.

3.2.4 Extracción de núcleos de concreto

Se extrajeron cuatro (4) núcleos de concreto (coredrill) de diámetro 3” convenientemente localizados a fin de evaluar los espesores de concreto afectados por el fuego (Figura #8), detectar la presencia de grietas internas y confirmar los resultados obtenidos con el ensayo de ultrasonido.

Con estos núcleos de concreto se confirmó que la afectación térmica del concreto en general es superficial (menores a 5 cm). No obstante, se confirmaron grietas y delaminación en algunos miembros estructurales. Estos resultados fueron consistentes con las mediciones previas con ultrasonido.

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 8. Extracción de núcleos de concreto (coredrill)

3.2.5 Ensayo a tracción de muestras de acero de refuerzo

Se extrajo una muestra de acero de refuerzo en uno de los muros perimetrales de concreto reforzado. La muestra se tomó en el sector más desfavorable visualmente y se comparó con una muestra similar sana de este mismo acero (Figura #9).

Los resultados del ensayo confirmaron que hubo afectación por el fuego en la barra de acero, pero la merma en sus propiedades tensión-deformación eran poco significativas (menos del 15% de reducción del límite elástico convencional), manteniendo una deformación plástica similar a la de la barra sana.

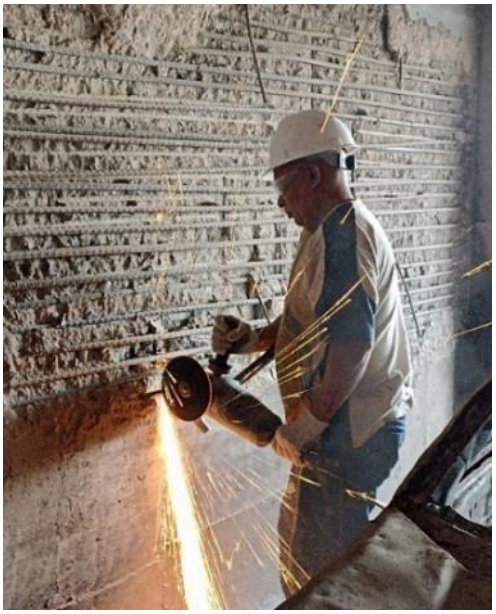


Figura 9. Extracción de muestras de acero de refuerzo en muro de concreto reforzado

3.2.6 Diagnóstico

El incendio causó daños estructurales solamente en el sector de ocurrencia del siniestro; el resto de la estructura no sufrió daños ni directos ni indirectos, a excepción de sectores ahumados que no representan peligro para la estructura.

Dentro del área de influencia del incendio existen algunas zonas que se mantuvieron aisladas de la acción directa de las llamas, gracias a la presencia de tabiquerías construidas con bloques de arcilla que funcionaron como barreras aislantes del fuego; esta condición fue decisiva para evitar que el incendio se propagara hacia el resto de la edificación.

La presencia de frisos de buena calidad y bien adheridos en las losas nervadas contribuyó a la protección de la estructura y a reducir los daños, ya que los mismos actuaron como material aislante y refractario.

3.3 Obra de rehabilitación

En vista de que los daños en los miembros estructurales son superficiales, la metodología de reparación planteada en líneas generales consistió en el siguiente procedimiento: remoción del concreto afectado, preparación de superficies remanentes del concreto, encofrado de la sección a ser restituida y reposición del concreto removido mediante morteros fluidos vaciables preparados en sitio con alto contenido de cemento, morteros predosificados vaciables (grout) o morteros tixotrópicos de retracción compensada aplicados a mano.

Además de los criterios de reparación anteriormente expuestos, para facilitar el flujo de caja del condominio para atender las reparaciones, se le planteó la obra de rehabilitación en dos etapas de intervención: la primera, contempló la rehabilitación de los miembros estructurales afectados severamente, con la finalidad de retirar el apuntalamiento preventivo instalado en la evaluación preliminar; a la fecha de realización de este trabajo, esta fase fue ejecutada y concluida con éxito. La segunda prioridad contempla la rehabilitación del resto de miembros estructurales afectados, además de un tratamiento de realcanilización como protección para las zonas sin afectación estructural.

3.3.1 Remoción del concreto afectado

Previamente a la remoción del concreto afectado se procedió a verificar la necesidad de apuntalamiento, ya que el proceso de escarificación conlleva la remoción de gran parte de la sección útil de los miembros intervenidos, lo que afecta considerablemente su capacidad estructural. Una vez verificada la necesidad de apuntalamiento y su instalación en caso de requerirse, se procede a la remoción del concreto.

La remoción del concreto afectado se realizó mediante escarificación usando martillos eléctricos de baja energía (<12 J), hasta lograr pasar al menos 2 cm por detrás del acero de refuerzo o hasta conseguir concreto sano (Figura #10).

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 10. Escarificación del concreto en los miembros estructurales afectados

3.3.2 Preparación de superficies de concreto remanente

Posterior a la remoción del concreto afectado mediante la escarificación, se procedió a realizar la limpieza y acondicionamiento de toda la superficie de concreto expuesta, mediante el repaso manual con piqueta y cincel a fin de eliminar porciones de concreto débil o fracturado que persistan; a continuación, se aplicó chorro de agua a alta presión (>3000 psi) (Figura #11).

Con este proceso de preparación de superficies se logra un sustrato de concreto sano, firme, limpio y rugoso, con un perfil de rugosidad superior al CSP 7 y en condición saturada con superficie seca. Este acondicionamiento garantiza una adherencia plena del sustrato de concreto existente con el material de reposición a colocar posteriormente, sin la necesidad de utilizar adhesivos epóxicos.



Figura 11. Preparación de superficies de las áreas de concreto expuesto

3.3.3 Encofrado

Para reponer las secciones de concreto escarificado, se instalaron encofrados de madera estancos, garantizando un recubrimiento mínimo de 2,5 cm por criterios de durabilidad (Figura #12); esto representó la necesidad de recrecidos de algunas de las secciones intervenidas, debido al mal posicionamiento original de las armaduras en los miembros estructurales reparados.

3.3.4 Reposición del concreto

La reposición del concreto se realizó mediante tres sistemas de morteros según las condiciones de vaciado:

- Mortero fluido preparado en sitio: se utilizó en casos de vaciados de mayor volumen (≥40 litros), este mortero cuenta con una serie de adiciones a su composición para lograr un alto rendimiento (>350 kgf/cm2). (Figura #12).
- Mortero fluido predosificado vaciable (grout): utilizado en vaciados de menor volumen (<40 litros), o cuando se requiere finalizar los acoples entre la porción superior de los miembros intervenidos con la estructura adyacente.
- Mortero tixotrópico aplicado a mano: utilizado principalmente para la restitución de la sección en los nervios de losa nervada; sólo en este caso de restitución es requerida la aplicación previa de puente de adherencia con adhesivos epóxicos. También fue utilizado como acople de la porción superior de los miembros intervenidos con los miembros estructurales adyacentes (Figura #13).



Figura 12. Encofrado y vaciado de morteros fluidos



Figura 13. Reposición del concreto mediante mortero tixotrópico aplicado a mano

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 14. Miembros estructurales intervenidos al culminar primera etapa de rehabilitación

4 CONCLUSIONES

Se presentó un caso práctico de patología por incendio en un edificio residencial como ejemplo del protocolo de acción para la evaluación, diagnóstico y rehabilitación de daños por fuego en estructuras de concreto reforzado.

Una inspección preliminar permitió, por una parte, determinar la necesidad de apuntalamiento, el cual fue instalado de inmediato; y por la otra, definir el alcance de los estudios complementarios requeridos. Luego, se desarrolló la evaluación detallada, apoyada en auscultación con piqueta, ensayo de ultrasonido y núcleos, para completar el diagnóstico y el proyecto de reparación.

Las pruebas y ensayos permitieron detectar daños que no eran apreciables a simple vista, los cuales habían sido subestimados por varios profesionales que el condominio había consultado previamente. Se identificaron daños moderados a severos por efecto directo del fuego, con degradación del concreto a profundidades superiores al recubrimiento del acero de refuerzo.

Para la reparación se especificó escarificar el concreto según las profundidades de afectación detectadas mediante ensayos y la restitución con morteros de base cementicia, fluidos o tixotrópicos según las facilidades de aplicación en cada miembro estructural.

Un diagnóstico amplio permitió lograr un proyecto de reparación bien justificado, con procedimientos, especificaciones constructivas y de materiales, partidas de obra y cómputos métricos. La estimación de costos fue acertada y el condominio pudo rehabilitar la obra con una buena planificación financiera, minimizando los imprevistos y retornando a la estructura sus condiciones nominales.

5 REFERENCIAS

American Concrete Institute. (2019). ACI 364.R1-2019: *Guide for Evaluation of Concrete Structures before rehabilitation*. Indiana, USA.

American Concrete Institute. (2019). ACI 562-19: *Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures*. Indiana, USA.

American Society of Civil Engineers. (1999). SEI/ASCE 11-99: *Guideline for Structural Condition Assessment of Existing Buildings*. Virginia, USA.

International Concrete Repair Institute. (2013). ICRI 310.2R–2013: *Selecting and Specifying Concrete Surface Preparation for Sealers, Coatings, Polymer Overlays, and Concrete Repair*. Illinois, USA.

International Concrete Repair Institute. (2018). ICRI 320.2R–2018: *Guide for Selecting and Specifying Materials for Repair of Concrete Surfaces*. Illinois, USA.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

6) Restauración de obras patrimoniales

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

La Casona Ibarra de la Ciudad Universitaria de Caracas: Una Muestra Integral de Conservación

F. Velasco Pérez[1*], A. Olivares Garcés[2]

Autor de contacto: fabiolavelascop.aula@gmail.com

RESUMEN

La Casona Ibarra es una obra representativa de arquitectura rural colonial de Caracas, ubicada actualmente dentro del conjunto de la Ciudad Universitaria de la Universidad Central de Venezuela. Se estima que su construcción es de mediados del siglo XVIII, con componentes estructurales y constructivos tradicionales de tierra cruda y techos de pares de madera con cubiertas de tejas, que fueron degradándose al pasar del tiempo. En el año 2022 se iniciaron intervenciones conservativas para su recuperación donde dominaron los criterios de la integralidad y reversibilidad de las acciones restaurativas. Los resultados se reflejan en la recuperación total de su estructura física y de sus espacios que, son ahora usados para sustentar actividades culturales y de investigación dentro del campus universitario.

Palabras clave: Patrimonio cultural; restauración; patologías en tierra cruda; conservación

[1] Dirección de Sociopolítica y Cultura de la Fundación Instituto de Estudios Avanzados (IDEA). Escuela Superior Internacional (ESI). Red de Patrimonio Cultural de Venezuela (REDpatrimonio.VE)

[2] Comisión Presidencial para el Rescate de la UCV. Profesor Invitado para la materia de Tecnología en la Maestría de Conservación y Restauración de Monumentos. FAU-UCV

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

La ciudad de Caracas, resguarda y muchas veces oculta sus tesoros, únicos e irrepetibles desde esa certeza de representar con orgullo que somos diversidad que cruza el pasado en un perdurable regreso al futuro, donde la arquitectura hace frente desde su propia interpretación de tiempo y de mundo. La Casona Ibarra es huella material y testigo de la historia venezolana desde su dimensión arquitectónica y patrimonial.

Se estima que esta edificación fue construida a mediados del siglo XVIII (1745 aproximadamente), para cubrir las labores de producción de caña de la hacienda que perteneció a la familia caraqueña de los Ibarra. En 1943 el lote es vendido al gobierno nacional para dar paso a la construcción de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC), quedando solo en pie la vieja casa del trapiche como un testigo más de la arquitectura rural de la Caracas colonial. Fue declarada Monumento Histórico Nacional según Gaceta Oficial N.º 29.313 del 24 de agosto de 1970.

Entre 1943 y 2022, albergó usos de mucho impacto, por lo que sufrió graves daños en su integridad estructural y espacial. A partir del año 2022 se inician los trabajos para su rescate, con el manejo de criterios integrales que garantizaron el restablecimiento de su funcionabilidad desde su instancia histórica y estética, dirigido por un equipo de trabajo transdisciplinar y donde las nuevas intervenciones son reconocibles y reversibles, guardando la armonía del conjunto.

Las acciones vitales de la obra se enfocaron en la estabilización del sistema constructivo original, de muros autoportantes de tierra cruda y la reconstrucción de los techos y cubiertas de pares de madera y tejas. Se dispuso para un uso mixto cultural y un centro de investigación, porque ella alberga la colección documental de los planos originales del conjunto construido de la CUC, con más de 13.500 ejemplares catalogados.

2 LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS Y LA VIEJA CASA DE LA HACIENDA IBARRA

Se tiene la idea mítica que Caracas no existe desde lo patrimonial, porque ha borrado las huellas de su pasado, pero lo que hay que vislumbrar es que “los caraqueños vivimos en una vitrina de sucedáneos, absolutamente irrepetible. Somos la maqueta de una ciudad universal (…). En el fondo somos la literatura de una ciudad que debe existir a trocitos en el resto del planeta” (Cabrujas, 1999).

Goza Caracas, el tener una ciudad dentro de la ciudad, pues posee la obra icónica del conjunto de la CUC, reconocida desde el año 2000 como patrimonio del mundo, por ser una muestra representativa de integración de las artes y la arquitectura de mediados del siglo XX.

La CUC fue proyectada por el arquitecto venezolano Carlos Raúl Villanueva, en “búsqueda de lo sublime”, en una interpretación y materialización que ha sido capaz de establecer “una comunión con lo social y con la historia que evidencia el talento de su autor y sus logros formales de elevada grandeza” (Hernández, 2006).

La CUC se funda sobre los terrenos de la Hacienda Ibarra, una de las propiedades rurales productoras de la época colonial del valle de Caracas, ubicada a solo 2 kilómetros del centro fundacional de la ciudad. “Esta ciudad en miniatura puede verse no solo como un monumento que debe ser protegido, sino también como la depositaria de más de medio siglo de historia de la arquitectura venezolana” (Hernández, 2006).

La infraestructura con la que contaba la hacienda para 1943, año en que es comprada por el gobierno nacional a la familia Ibarra, fue demolida casi en su totalidad para dar paso a la propuesta urbana de la CUC, concebida desde la idea de una ciudad jardín, quedando como muestra tres construcciones en pie: "la vieja casa" mejor conocida como La Casona, el torreón del trapiche y la "casa del vigía" (construida a principios del siglo XX), ubicadas en una de las elevaciones circundantes hacia el noreste del conjunto. Desde el inicio del proyecto de la CUC, se tuvo previsto la inclusión de estas edificaciones, como parte de los servicios protocolares de la nueva sede de la universidad.

2.1. La Casona Ibarra en el tiempo

La gran propiedad de los Ibarra, datada desde la época colonial, conocida como Hacienda Bello Monte, Hacienda Ibarra, Hacienda de Valle Abajo, El Trapiche o Hacienda San Diego, en cada uno de sus diferentes tiempos históricos, en un principio ocupó una extensión de tierra que abarcaba desde Valle Abajo hasta la zona de Bello Monte. Al seguir los rastros de la evolución urbana de la ciudad, se halla que la casa principal originaria de la gran hacienda de los Ibarra, antes de la primera división sucesoral en 1840, no existe. Esta fue una magnífica edificación que se encontraba en el lado norte de la actual urbanización caraqueña conocida como Bello Monte, la cual fue visitada en muchas ocasiones por Alexander Von Humboldt (1769-1859) durante su estadía en Caracas entre 1799 y 1800.

En segunda generación, Vicente y Diego Ibarra, edecanes de Simón Bolívar, heredaron el lote que posteriormente fue vendido para la construcción de la CUC, con una extensión de 164 hectáreas incluyendo los cerros circundantes, donde se ubica la antigua casa, eje de esta investigación, declarada Monumento Histórico Nacional. También es importante destacar que en La Casona Ibarra existente permaneció Simón Bolívar en 1827, antes de partir definitivamente a Colombia y fue escenario, el 24 de junio de ese mismo año, del acuerdo y firma de los Estatutos Republicanos que rigen a la UCV, refrendados entre Simón Bolívar y José María Vargas, como una universidad de acceso público, más dinámica, tolerante y científica. En este sentido La Casona Ibarra desde su representación arquitectónica permanente en el tiempo, ha construido, reconstruido y deconstruido su propia historia dentro de la historia nacional, como se demuestra en las investigaciones que sucesivamente se han realizado sobre ella.

Para los efectos de este artículo se han tomado como referencias, los aportes y resultados de la investigación titulada "Valoración y Conservación de los Elementos Significativos de la Casa Grande de la Antigua Hacienda Ibarra, hoy Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Mundial" (Velasco, 2004), presentada inicialmente como Trabajo de Grado de la Maestría en Conservación y Restauración de Monumentos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela y publicada posteriormente con el nombre "Casona Ibarra" (Velasco y Del Castillo, 2009), en donde se desarrolla ampliamente la evolución histórico constructiva de esta edificación.

© 2025 ALCONPAT Internacional

La Casona Ibarra se destaca, por haber sido testigo de hechos históricos importantes del contexto nacional: en lo político y en lo económico como unidad de producción de azucares y alcoholes. Su recorrer por la historia se demarca en cuatro períodos determinantes descritos según Velasco (2007) como: Primer tiempo desde finales del siglo XVI hasta 1827, cuando la hacienda surge y se destaca en su esplendor productivo en caña y café; Segundo tiempo entre 1830 y 1942, definido por la repartición de la sucesión de las propiedades de la familia Ibarra, dentro del contexto de post guerra de la independencia y el posterior renacer y activación de la producción de caña de azúcar para la elaboración del afamado aguardiente "Ybarra". Tercer tiempo desde 1943 hasta 2022, que inicia al momento de la venta de la hacienda al gobierno nacional, para dar paso a la construcción de la CUC, con el resultado del deterioro progresivo de la edificación y un Cuarto tiempo definido entre 2022 y 2024, donde se logra después de varios intentos la intervención del inmueble para su recuperación, de la mano de acciones técnicas de conservación patrimonial.

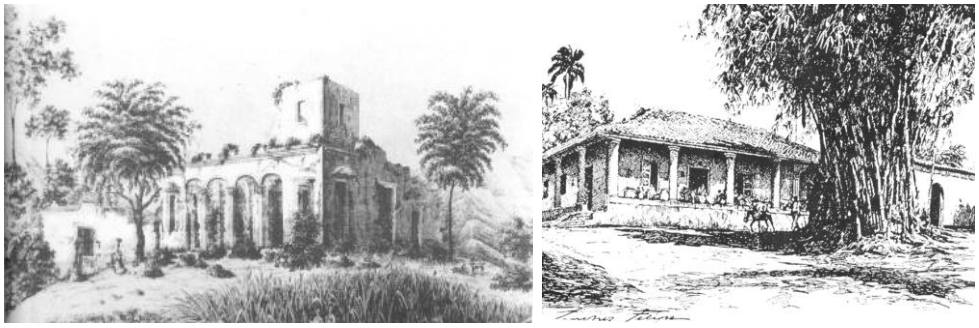


Figura 1.
Primer Tiempo: La Hacienda Ibarra tuvo dos vidas y dos “casas grandes”, la inicial representada por la conocida casa de la Hacienda Bello Monte (izq.) que producía café y las que todos conocemos e identificamos como “La Casona” de la Hacienda Ibarra (der.), productora de caña de azúcar y aguardiente. (Velasco, 2004)

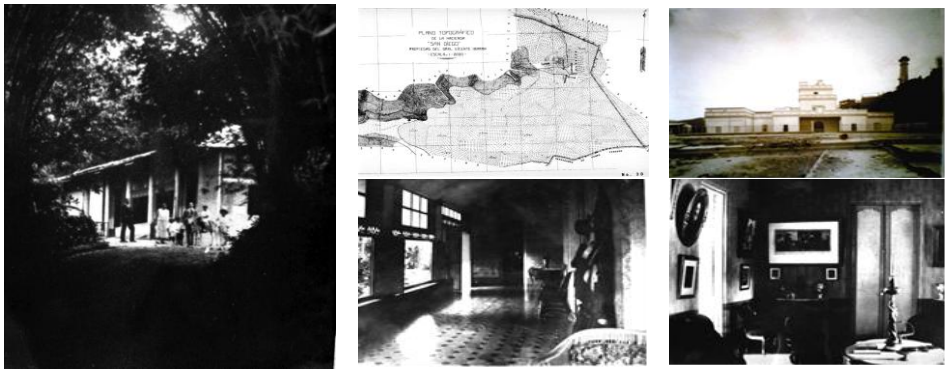


Figura 2.
Segundo Tiempo: La Casona Ibarra transforma su uso de casa de trabajo a casa de residencia familiar y moderniza sus instalaciones productivas, construyendo un moderno laboratorio y destilería de aguardiente. Circa 1920-30. (Velasco, 2007)



Figura 3.
Tercer Tiempo: Después de la venta de la hacienda al gobierno nacional en 1943, La Casona inicia un proceso continuo de afectaciones y deterioro de todos sus componentes formales, estructurales y espaciales que solo se logran mitigar con las acciones de intervención de conservación integral iniciadas en el año 2022. Imágenes: de los autores (2022)

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 4.
Cuarto tiempo: entre el año 2022 al 2024, bajo la gestión de la Comisión Presidencial para el Rescate de a UCV, se interviene La Casona Ibarra. Se logra la recuperación integral de todo el inmueble patrimonial, seguido por las acciones conservativas correspondientes a estructuras portantes de tierra y techos de madera y tejas. En las imágenes la casa totalmente habilitada.
Imágenes: de los autores (2024)

3 EL CUARTO TIEMPO HISTÓRICO DE LA CASONA IBARRA: TRIUNFO DE UNA GESTIÓN

La gestión del patrimonio cultural debe ser llevada de la mano de toma de decisiones precisas, seguras y negociadas entre las partes y los actores sociales involucrados. De esta manera a partir del año 2022, se rompe la inercia de la inacción recurrente en el tiempo, donde la coyuntura de intervención para el rescate de la estructura física de la CUC, de la mano guía de la Comisión Presidencial para el Rescate de la UCV, delegada para tal fin, muestra su voluntad política y económica para la recuperación de esta casa vencida.

A los efectos se crea un equipo de trabajo de especialistas, en restauración, patología estructural y de materiales, como también profesionales de la arqueología y de las ingenierías para la actualiación de las instalaciones de electricidad, sanitarias y mecánicas que, de manera conjuntan a partir de la definitoria de criterios asociados a la conservación del patrimonio edificado, elaboran los proyectos pertinentes que se fundan en la consolidación de las obra de rescuperación de de cada uno de los componentes estructurales y no estructurales del conjunto edificado.

3.1. Criterios de intervención:

Nos dice la Carta de Burra (1979) que, "Los sitios de significación cultural deben ser conservados para el presente y futuras generaciones", por lo tanto los criterios establecidos se definieron en función del disfrute del bien conservado para todas y todos los venezolanos. De igual modo se tomó como referencia, "que el tiempo no es reversible, por lo que el presente histórico, se plantea como un momento único, donde la conciencia observadora legitima la acción restaurativa" (Brandi, 1988). Sobre la base ya definida por Velasco (2004), se establecieron los siguientes criterios:

1. Restablecer la funcionalidad del bien en sus instancias históricas y estéticas.
2. Intervenir de manera metódica e interdisciplinariamente.
3. Concebir la integralidad del proyecto.
4. Lograr la unidad potencial o unidad del todo sin cometer falsificaciones de estilo o históricas.
5. Las nuevas intervenciones deben ser reconocibles y reversibles, guardando la armonía del conjunto.
6. La legitimidad de conservar o eliminar los añadidos se considerarán en función de la instancia histórica, independientemente del juicio estético.

La declaratoria la Casona Ibarra como Monumento Histórico Nacional en 1970, contempló la casa, el torreón del trapiche y sus jardines circundantes. En este sentido, las acciones se asumieron bajo el juicio de la integralidad del conjunto, como se manifiesta en el criterio N°3, ya expuesto. Esto también nos señala la relación indisoluble construida en el tiempo, de los espacios originales de la antigua Hacienda Ibarra, en toda su extensión y la moderna CUC patrimonio del mundo. Aunque en la lectura del conjunto urbano-arquitectónico parezcan disociadas, la Casona Ibarra contiene a la CUC y la CUC contiene a la Casona Ibarra. Es una relación dialógica y dialéctica, de valores patrimoniales asociados.

Esta reflexión sustenta las bases de cada una de las propuestas y toma de decisiones, que el equipo consultor de expertos llevó adelante, durante todo el proceso de intervención y obra integral de recuperación de La Casona Ibarra.

3.2. Protocolo de intervenciones:

El protocolo de intervenciones para la estructura física de La Casona Ibarra se organizó en:

- Intervenciones de acción inmediata, en función de la vulnerabilidad de algunos de sus componentes, especialmente los techos y muros de tierra portantes, tapiales, mampuestos, adobes y otros.
- Intervenciones de adecuación de espacios que fungen como ordenadoras de la intervenciones futuras, orientando el uso de los mismos.
- Intervenciones no programadas (imprevistas), que exigieron una respuesta inmediata, debido a su importancia y valor.
- Intervenciones restaurativas programadas, sobre elementos arquitectónicos significativos, como puertas, ventanas, molduras entre otros.

De acuerdo a estas orientaciones se demarcó lo siguiente:

3.2.1. Vulnerabilidades encontradas:

La Casona y su conjunto está emplazado en un terreno de moderada pendiente, que se destaca en altura del resto del conjunto de la CUC. Esta condición le proporciona un excelente resguardo en relación a los ríos circundantes, pero no de igual manera de las escorrentías de aguas de lluvia y drenajes en sus cauces naturales del propio terreno donde está ubicada. En este sentido, se determinó que el lado oeste de la edificación, contiguo al muro de tierra, fuese intervenido en orden de prioridad, no solo por la estabilidad del terreno, sino por la necesaria canalización de los drenajes

© 2025 ALCONPAT Internacional

naturales, que en su caída afectan la estructura de los muros de tapia. Estas acciones tuvieron en cuenta la rápida proyección de una solución hidráulica de esta zona en particular, integrada al resto del conjunto: casa y jardines.

Otra de vulnerabilidad evidentciada fue la exposición directa a la intemperie de la estructura de muros de tierra, la cual fue desprovista de todos los frisos sin la prevención de su pronta reposición. De manera paliativa se accionaron medidas urgentes de protección, con la colocación inicialmente, de cubiertas de plástico sobre los caballetes de los muros, especialmente en la zona norte o de las caballerizas, como también la construcción de una media caña provisional en la base de cada uno de los muros expuestos.

Como tercer punto de consideración de riesgo, se reveló el avanzado deterioro de todos los techos y cubiertas, pero especialmente los ubicados en la cara suroeste de la edificación y todos los de sector de las caballerizas, en sus intersecciones noroeste y noreste. A estos efectos se procedió a su demolición y desmontaje, para ser canalizada esta zona, como la primera fase de intervención.

3.2.2. Intervenciones ordenadoras:

La misma definición del uso y la disposición de los mismos, requirió determinar las prioridades de intervención. En este sentido de acuerdo a las realidades del momento se propuso defender el uso cultural y reorganizar el espacio para albergar la colección de los planos de la CUC durante la gestión del ICU y épocas posteriores, debido a que no se vio la posibilidad de movilizar esta colección a otro espacio dentro de la misma universidad.

Como criterio se estableció:

1.Acondicionar el cuerpo norte del edificio (las caballerizas) como bóveda para el resguardo de la Colección de Planos de la CUC y sus dependencias para la digitalización y conservación de los mismos, incluyendo la climatización necesaria del espacio.

2.Destinar el cuerpo central de la casa para usos culturales, pensando siempre en actividades acorde a la vocación original de sus espacios.

3.Minimizar el impacto de los servicios básicos dentro de la estructura original de la casa, tales como sanitarios, limpieza, entre otros, como las instalaciones eléctricas, a través del diseño de intervenciones sobre soportes nuevos que no comprometan la estabilidad estructural de los muros portantes de tierra cruda.

3.2.3. Intervenciones imprevistas:

Como parte de la adecuación de los espacios de las caballerizas para el resguardo de los planos de la colección ICU, se desarrolló la construcción de una plataforma metálica, tipo puente, elevada a 2.00 mts del nivel de piso, con el objeto de maximizar el uso del espacio. Es así como, durante el proceso de excavaciones para la construcción de la fundaciones de la referida plataforma, se evidenció la presencia de un sistema de acequias o canales de ladrillos y un nivel de piso, por debajo de estas, de losetas de arcilla cocidas.

Como procedimiento, se realizó el registro arqueológico de cada uno de estos elementos y, se propuso la musealización de los mismos de manera externa, en conjunto con otros hallazgos. Esta aproximación se realizó sobre la base reflexiva de las prioridades que el proyecto y las intervenciones fueron generando, tales como: la necesidad de movilidad y cuidado de la colección de planos del ICU; la garantía de no interrumpir los avances de obra y de no modificar sobre lo ya ejecutado, el presupuesto estimado.

3.2.4. Intervenciones conservativas programadas:

Limpieza y estabilizaciones: como bien lo refiere el informe prediagnóstico (Herrera, 2022), las obras se inician a principios del año 2022, con la limpieza, bote escombros, basura y la estabilización de techos en los sectores más vulnerables, considerados principalmente los del sector suroeste, como también toda la zona de la caballeriza. De igual forma, se acciónó sobre la presencia masiva de insectos xilofagos (termitas) y la eliminación de varios arboles de la especie frutal del Mamón (*Melicoccus bijugatus),* como habitat de estos insectos.

Estructura de techos y muros de tapia: la principal gravedad de deterioro de la edificación se concentraba en el mal estado de su estructura de techos y cubiertas, bien sea por exposición en tiempo prolongado a la acción del agua de lluvias y al ataque de xilófagos, sin la debida o casi ninguna atención por largo tiempo. En este sentido las primeras recomendaciones de intervención se pautaron dentro del criterio de la reconstrucción total de todo el sistema estructural de techos y cubiertas, con modificaciones importantes para la recuperación de las pendientes originales y el diseño de nuevos detalles constructivos, para optimizar el desplazamiento y concentración de cargas en los focos mas afectados.

Igualmente dentro de estas prioridades se intervinieron los muros portantes de tierra pisada o tapiales de toda la edificación. Primeramente se procedió a la estabilización de las superficies, consolidación y resane de grietas y faltantes, nivelación de la rasante y construcción de viga de corona como parte del refuerzo estructural necesario. (Olivares, 2022).

Reconstrucciones: desde la misma especificidad de la intervención de los muros portantes, fue necesario la reconstrucción de los mismos, en sectores identificados de importancia estructural. En estos casos puntuales, los muros se encontraban meteorizados y derrumbados, por lo que se recomendó la reconstrucción total de los mismos, con el levantamiento de muros nuevo realizados de ladrillos macizos, en doble espesor y rellenos con argamasa a base de cal en su centro, conforme a la práctica constructiva “romana” de muros de mamposteria de ladrillos. (Heyman, 1995).

Restauraciones: las restauraciones estuvieron dirigidas a la recuperación de aquellos elementos significativos existentes originales, tales como puertas, ventanas, ornamentos, algunos pavimentos y espacialidades.

Nuevas intervenciones: las nuevas intervenciones se proyectaron con el propósito de lograr un óptimo funcionamiento del conjunto de la casa y su entorno directo. Dentro de estas categorías se consideraron:

Instalaciones Eléctricas; Instalaciones Sanitarias; Climatización del espacio ICU; Estabilización del talud oeste, obra hidráulica y drenajes de aguas de lluvia y Pavimentos interiores y exteriores.

Obras exteriores: la Casona, el torreón del trapiche y los jardines, como conjunto monumental, requiere de la atención integral e integrada de sus intervenciones. A partir de esta afirmación se desarrolló la idea de proceder con: la demolición de los galpones ubicados hacia el ala este de la casa y la conclusión de una propuesta integral de obras hidráulicas y paisajismo, esta última hasta ahora pendiente.

© 2025 ALCONPAT Internacional

4 ATRIBUTOS ESTRUCTURALES DE LA CASONA IBARRA Y SU INTERVENCIÓN CONSERVATIVA.

Como ya se ha descrito, la falta de atención al inmueble, prácticamente abandonado y sometido a un uso inadecuado, se contradice con el haber mantenido su condición formal, identificable. Esa situación en que llegó hasta el año 2022 solo es explicable por las condiciones estructurales incorporadas en cada uno de tres los momentos constructivos identificados, que se pueden observar en la Figura 5 que se muestra a continuación:

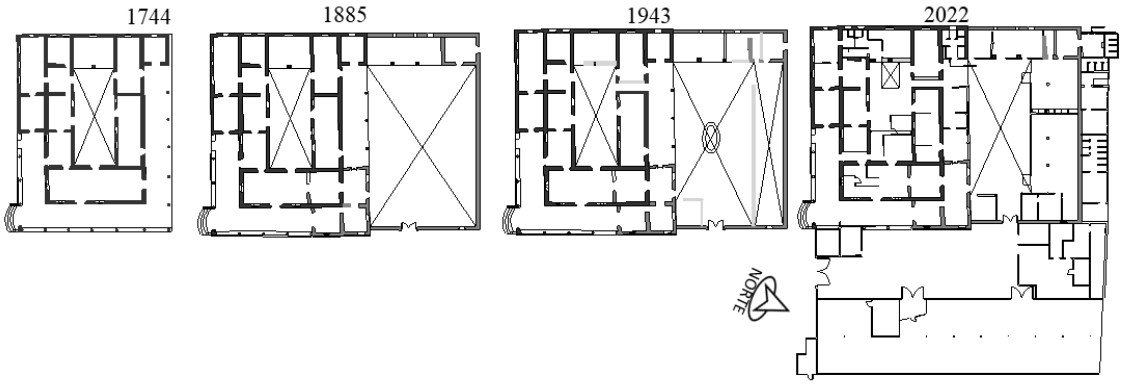


Figura 5.
Secuencia de evolución histórica constructiva de La Casona Ibarra. (Velasco, 2004)

- El núcleo original (1745) con su distribución de ambientes, patio interno y su corredor en forma de “U” (sureste-norte)
- La adecuación de la casa de trabajo a residencia (1885), incorporando el oratorio, algunos ambientes en el sector noreste de la casa, segmentando el corredor en dos: uno en la esquina sureste y el otro al norte.
- Ampliación para la denominada caballeriza creando un patio de labranza de proporciones grandes con su importante portón de acceso.

Desde lo espacial, son identificables las incorporaciones, pero el detalle relevante que unifica estos momentos constructivos es que se mantuvo coherencia en la ejecución de los componentes de la edificación, como son:

Cimientos: elaborados con piedras concertadas de canto rodado, adheridas con mortero grueso de cal. Las piedras probablemente obtenidas del río Guaire y/o de los afluentes cercano que bajaban del Waraira Repano como Canoa o Chacaito. Esta previsión constructiva evita la ascención de humedad por capilaridad (ACIS, 2010).

Sobrecimientos: elaborados con ladrillos de tierra cocida, utilizado donde fue necesario, aparejo doble, a soga y tizón, por el desnivel presentado.

Acera perimetral construida con piedra en lajas: es un elemento multipropósito de protección para las paredes de tapia pisada, evita la invasión de vegetación cercana a los muros, el salpique del agua de lluvia de los techos a las paredes y proporciona una camineria alrededor de la casa, lo que contribuye a su control y mantenimiento.

Muros de tapia pisada: uno de los detalles interesantes que se observaron en la relación de esbeltez, altura/espesor ≥ 10 siempre, lo cual es coincidente con el criterio para el diseño de muros

de tierra cruda (Graham, 1996). Los espesores típicos encontrados, en La Casona, dependiendo de la altura de los muros son de: 0,65cm, 0,55cm y 0,45cm.

Los deterioros encontrados en los muros fueron fundamentalmente de origen antrópico aunado al abandono, tales como: la eliminación de los aleros y su reemplazo por un canal sobre la tapia, para colocar un frontis en una intervención que quiso darle una imagen neoclasica al patio interno de la casa. El resultado, la penetración de agua por los interticios del fondo del canal, el arrastre del material arcilloso de la tapia, lo cual aunado al tiempo, terminó colapsando el muro. Otro caso, en la pared de fondo de la caballeriza, donde se había perforado la tapia para abrir una puerta al exterior de la casa, a poca distancia (menos de 1,20m) originando decohesión del material de tierra cruda de la tapia adherida a la rafa ubicada en la esquina noreste. En esta misma esquina se halló una colmena de termitas de casi 1m de largo y 0,50 m de diametro, siendo el techo de madera de esa zona la despensa alimentaria de esos insectos, la cual colapsó arrastrando parte de la corona del muro, permitiendo que las aguas de lluvia procuraran el deterioro de este componente en ese sector.

4.1. Revestimiento de los muros de tapia pisada: Como lo afirma ACIS (2010): "(…) buena parte de los centros históricos construidos en tierra que se mantienen en pie, la experiencia ha demostrado que son vulnerables a los terremotos y que pueden ser afectados notablemente por eventos sísmicos de magnitudes intermedias o altas. Las intervenciones estructurales en este tipo de edificaciones deben realizarse cuidadosamente manteniendo un adecuado equilibrio que permita la conservación de las características arquitectónicas del bien inmueble y la seguridad de sus ocupantes".

Durante un sismo de magnitud intermedia a alta, la energia del mismo logra decohesionar los bloques de la arcilla compactada, tendiendo a fracturalos y/o disgregarlos, por ello se instaló, una malla envolvente *GEOFTEX TM 112* de polipropileno como refuerzo del muro de tapia, colocado en el revestimiento a reponer en el muro. Esta malla se colocó a ambas caras del muro de tapia y se vincularon con un mecate de polipropileno de ¼" que se instaló mediante perforaciones de ⌀3/8" cada 1m horizontal y 0,50 m vertical en disposición tres (3) bolillos. La norma peruana (MVSP, 2017) hace referencia al reforzamiento de muros de tierra, recomendando materiales no biodegradables, ni oxidables.

En este sentido se llevó adelante el procedimiento con la preparación y aplicación de una base de material adherente acrílico de *Sikatop 80* o el *Adhesitop* en proporción 1:1 con agua, definido como "agua de amasado". Seguidamente se realizó sobre todas las superficies un "puente de adherencia"[i], que recibió el "mortero base", obtenido de la mezcla del agua de amasado para un mortero preparado (1:1:3) con un (1) volumen de cal y tres (3) volúmenes de material de tierra arcillo-arenosa. De igual manera el "salpicado" se agregó "agua de amasado" al mortero base hasta que fuera lo suficientemente fluido para ser usado para este fin. Finalmente se colocaron dos capas de friso, la primera de no mayor de 1,5 cm. y la segunda con un espesor de 1,0 cm., para terminar con una capa de lechada de sellado, aplicada con brocha, a fin de tapar poros y pequeñas oquedades, mediante preparación de agua de amasado agregándole cal en proporción 1:1.

4.2. Viga de corona o de arriostramiento:

"El recurso máximo para garantizar que una estructura actúe de modo redundante es usar la viga de unión (llamada también viga de amarre, de anillo o cadena) (…) es un anillo o cinturón que rodea el edificio cerca el nivel de (…) techo. Se construye con un material capaz de soportar tensión, usualmente de concreto reforzado (…) en resumen, una viga de unión debe ser tan ancha como el espesor del muro para garantizar que las fuerzas de fricción sean adecuadas para transferir cargas en la zona de enlace de la viga y la mampostería". (Graham, 1996)

© 2025 ALCONPAT Internacional

A los efectos, en La Casona Ibarra se usó una viga de corona de ancho igual al muro donde se asienta, con una altura típica de 20cms, armada con acero mínimo 3⌀1/2" longitudinales, con separación entre ellas de máximo 15cms y estribos de ⌀ 3/8" cada 20cms.

4.3. Pilares: en correspondencia con la propuesta arquitectónica tradicional, en los corredores se utilizaron pilares elaborados con piezas tipo semicirculares de arcilla cocida, colocadas con juntas alternadas, de buena estabilidad gravitacional, pero carentes de la transversal, por lo que se requirió garantizar que los efectos producidos por excitación sísmica, cuyo componente horizontal no estaba contrarrestada, debió proveerse de un reforzamiento con el sistema *Fiber Reinforced Polymer* (FRP), consistente en envolverla o encamisarla. Producto de intervenciones aleatorias en el tiempo, se hizo exploración para determinar cuáles pilares fueron reemplazados por elementos de concreto armado. El reforzamiento se hizo en los pilares de mampostería, fundamentalmente en el área de la caballeriza.

La solución fue proporcionar confinamiento externo a los pilares de mampostería, el cual puedo incrementar la resistencia a compresión existente de estos en más de un 100%, pero es mucho más importante para aplicaciones sísmicas, puesto que le permite una deformación, proveyéndolo de ductilidad. [ii]

Otro escenario vulnerable presente en el sector de las caballerizas, fue la carencia de las zapatas de fundación y vigas de riostra en todos los pilares existentes, por lo cual se diseñó y construyó un sistema completo de arriostramiento. Los pilares en su tope superior se amarraron, con vigas de madera conectadas mediante pernos, en los dos sentidos ortogonales.

4.4. Cubierta de Techo: la cubierta original de la casa, elaborada con caña amarga, no se encontró más que la superficie de estas altamente deteriorada en el sector de la caballeriza. El resto de techos de la casa, en la década de los años 70 del siglo pasado, fue remplazado en su totalidad, incorporando madera de pino caribe en pares y tablas; estos elementos para el momento e inicio de la obra estaban muy comprometidos por el ataque de los xilófagos, lo que obligó a reconstruir integralmente todos los techos de la edificación. A los efectos se elaboró el proyecto estructural previniendo la incorporación de nuevo material de madera, específicamente del Tipo A Estructural según la clasificación PADT-REFORT del Grupo Andino, (Algarrobo (*Hymenaea Courbaril*); Puy (*Tabebuia Serratifolia*); Purguo (*Manilkara Bidentata*); Zapatero (*Peltogyne Porphirocardia*).

Otros aspectos a considerar fueron: el secado, fumigación[iii] y corte de la madera, para lo cual se realizó previamente una revisión de cada una de las nuevas piezas suministradas, con el objetivo de evitar que tuviesen deformaciones, rajaduras, cortaduras, nudos y alabeo, después de su instalación. De esta manera durante el proceso de secado previno que, el Contenido de Humedad (CH), fuese cercano al que tendrá una vez puesta en uso; sin embargo, también se tomó en cuenta en el proceso constructivo, que la madera al secarla sufre cambios dimensionales, de manera de garantizar un comportamiento acorde con la función destinada.

Los cortes y desbastados de pares, vigas, soleras, tirantes y canes, pasaron por un proceso de cepillado por cada una de sus caras. Las tablas de cubierta fueron canteadas a 20 cm. de ancho, con bordes preparados a tope lateral, con tapajuntas entre uniones.

Todo el sistema constructivo de pares y tablas de madera, fue impermeabilizado y cubierto con tejas de arcilla tipo criolla de producción nacional, combinándolas en algunos sectores con tejas recuperadas de la preexistentes, sujetas con mortero de arena, cal y cemento en proporción máxima del 20%. con un adhesivo sintético acrílico, aplicado en todas las cuatro juntas de contacto.

Para la impermeabilización se elaboró una secuencia que abordó primeramente el sellado por calafateo de las juntas entre tablas, con mecatillo de fibra natural y resina acrílica (*Sikafill o*

Ipacrill); luego un proceso de imprimación (*Sikafill, Mapei Primer 3296*), para luego recibir dos capas de impermeabilizante: la primera aplicado el producto sin diluir y la segunda con tela o malla de refuerzo. Como remate se ejecutó un *flashing* en los espacios correspondientes a las limahoyas y cumbreras, con láminas galvanizadas de calibre 20, de 30 cm. de ancho y solapes de 15 cm. entre ellas.

5 REFLEXIONES FINALES

- Para la evaluación e intervención de obras patrimoniales es necesario la conformación de equipos de trabajos multidisciplinarios, conducidos principalmente por expertos en del área de la conservación, restauración arquitectónica e ingeniería civil y patología; acompañados por profesionales de la arqueología, historia y otras ramas de la ingeniería tales como electricistas, sanitarios y mecánicos, como fue en este caso de estudio y ejecución de la obra restaurativa.
- El proceso de desarrollo de proyectos de orden patrimonial y la gestión de los mismo, genera nuevos conocimientos del bien intervenido, porque contrasta los datos de las fuentes documentales e históricas con las informaciones recaudadas *"in situ"*, lo que permite consensuar la toma de decisiones sobre la base firme de criterios que van en beneficio de la conservación del bien patrimonial, de una manera científica y adecuada de las intervenciones de la materialidad y esencia misma de los valores patrimoniales que lo sustentan como tal.
- El manejo sobre la base científica de las patologías de materiales puede y debe garantizar intervenciones más estables y perennes en el tiempo, siempre y cuando se tenga presente el origen físico-químico de los componentes en relación a sus comportamientos estructurales y no estructurales, donde cada caso de estudio es único en su especificidad para el abordaje de la problemática puntualizada, tal como se ha demostrado en este estudio en relación al manejo y tratamiento de las estructuras de barro y madera, como de otros elementos históricos de la misma materialidad.

6 REFERENCIAS

Asociación Colombiana de Ingenieria Sismica, ACIS (2010). *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en Adobe y Tapia Pisada.*Presidencia de la Republica de Colombia. Bogotá.

Brandi, C. (1963). *Teoria del restauro*. Einaudi, Torino

Cabrujas, J. (1999). *La ciudad escondida. Caracas en 20 afectos.* Tulio Hernández (compilador). Ediciones Museo Jacobo Borges

De Jesús, I. (2022). *Informe de Hallazgos Arquelógicos*. Disponible en:

https://drive.google.com/file/d/0B9qWMUunBc_PMTJDNEUyMDRCNjM4RTFENTowLjE/view?usp=share_link&resourcekey=0-azGqckH8Hl_o-bLVhMj7sw

Graham, P. Jr. (1996). *Adobe. Como construir facilmente.* Editorial Trillas C.A. Mexico.

Hernández de Lasala, S. (2006). *En Busca de lo sublime.*

Herrera, María Victoria (2022). *Pre- diagnóstico de deterioros de la Casona Ibarra.* Informe disponible en:

© 2025 ALCONPAT Internacional

https://drive.google.com/file/d/1bG9dCfAqh_fwkCnrw2duLEnFzPzpvWCk/view?usp=share_link

Heyman ,J. (1999). *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica.*Instituto Juan de Herrera. Madrid.

Icomos (1999). *Carta del Icomos Australia para sitios de significación cultural. Carta de Burra.* Documento en línea: https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/01/burra1999_spa.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, MVCS. (2007). *Norma E.080. Diseño y construcción con tierra reforzada.* Lima.

Olivares, A. (2022). *Recomendaciones para la Rehabilitación de La Casona Ibarra.* Diponible en: https://drive.google.com/file/d/1yCoJTeTKYQGO1g0PlaDPcwvMNIOHbYB5/view?usp=share_link

Velasco, F. (2004). *Elementos Significativos De La Casona De La Hacienda Ibarra Hoy Ciudad Universitaria De Caracas Patrimonio Mundial.* Trabajo de Grado. Facultad de Arquitectura y Urbanismos de la Universidad Central de Venezuela.

Velasco, F. y Del Castillo, N. (2006). *La Casona*. Instituto Metropolitano del Patrimonio Cultural de Caracas. Serie: Caracas, Historia y Memoria. N° 3. Caracas.

[i] Como lechada de mortero, se mezcló el agua de amasado para un mortero fluido (1:1:1) preparado con un (1) volumen de cal y un (1) volumen de material de tierra arcillo-arenosa (deseable si es material original cernido y recuperado), hasta obtener una consistencia cremosa o la consistencia deseada. Se aplicó la lechada sobre la superficie previamente humedecida, con brocha, cepillo o escoba y se colocó el mortero a adherir, antes de que el puente de adherencia se secara.

[ii] Las ventajas que se obtienen con este tipo de intervención de confinamiento con *Sikawrap* son: aumento en la ductilidad; aumento en la resistencia al cortante; requiere acceso mínimo para su instalación; más económico y menos invasiva que otros métodos convencionales de reparación y/o reforzamiento.

[iii] La fumigación se realizó por inmersión en una primera vez, con el producto Cipermetrina al 40% diluida en *gas-oil*, en una proporción 1:20. Una vez instalada donde hubo, cortes, perforaciones y/o adaptaciones, se fumigó por segunda vez, antes de la colocación de la impermeabilización. La cara expuesta de la madera hacia el interior del recinto, llevó una tercera fumigación por aspersión, una vez concluido todo el trabajo de armado.

ALCONPAT-Ve

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Técnicas y procedimientos utilizados para la rehabilitación y restauración en estatuaria monumental. Caso: Monumento Cristo Rey (patología constructiva, intervención)

R. Acosta

construram2006@gmail.com

RESUMEN

Para cualquier tipo de Intervención en Monumentos de Estatuas a Gran Escala, ya sean de concreto armado, metálicas, madera u otro material, de acuerdo a la zona y condición climática donde se encuentra, siempre se deberá realizar como primera opción un Estudio Patológico Constructivo, que los ayudara a crear un Plan de Intervención Monumental de Emergencia, en donde se evite el colapso total de la estructura y por ende la perdida de la pieza a ser intervenida.
En el presente trabajo de Intervención Monumental, describiremos las técnicas y procedimientos que fueron aplicados en su oportunidad y de acuerdo a su condición de ambiente agresivo marino al Monumento Cristo Rey del Universo, ubicado en Rio Caribe, Municipio Arismendi de Estado Sucre, donde logramos rescatarlo de su colapso, una vez aplicadas todas nuestras técnicas y experiencias en este tipo de casos, logrando con total éxito garantizar un Monumento Patrimonial a las Generaciones del Futuro.

Palabras clave: Patrimonio cultural; restauración; `rehabilitación

Construcciones RAM, C.A., San Juan de los Morros, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Para lograr la total Restauración de Estatuas a Gran Escala, se requiere como primer paso, la ejecución de un Estudio Patológico Constructivo en donde se puede decir que a través de este determinaremos las lesiones o deterioro sufrido en las construcciones por algún elemento material o estructural antes o después de su ejecución, las cuales serán sometidas a su intervención de acuerdo al caso para ser rehabilitadas y restauradas Posteriormente.

En nuestro Caso: Monumento a Cristo Rey del Universo de Rio Caribe, municipio Arismendi del estado Sucre, Explicaremos a continuación las técnicas y procedimientos Utilizados para lograr la total restauración del Monumento el cual estaba en un alto grado de deterioro a punto de colapso.

2 PROCEDIMIENTO

Muy importante antes de realizar un Estudio Patológico Constructivo a una Estatua de Gran Escala, incluir en el informe final la Cronología del Monumento, ayudándonos a saber la edad del mismo, quien la construyo y las distintas modificaciones e intervenciones a través de los años, para determinar en cuál de esas intervenciones se cometió o no un error que ayudo al crecimiento de las lesiones de la tabla que utilizamos en nuestro caso.

Tabla 1. CUADRO GENERAL DE LESIONES

CUADRO GENERAL DE LESIONES		
TIPO	***TIPO DE LESION***	
FISICAS	HUMEDADES	HUMEDAD DE FILTRACION
	SUCIEDAD	SUCIEDAD POR PARTICULAS CONTAMINANTES
		SUCIEDAD POR VIENTO
		SUCIEDAD POR EL AGUA
QUIMICAS	OXIDACION Y CORROSION	OXIDO EN EL ACERO REFUERZO
	ORGANISMOS	BIODETERIORO ANIMAL
		BIODETERIORO VEGETAL
	EROSION	MECANICA
	EFLORESCENCIAS	MANCHAS, DECOLORACIONES Y COSTRAS
MECANICAS	GRIETAS	GRIETAS POR CARGA
		GRIETAS ACTIVAS
		GRIETAS INACTIVAS
	FISURAS	FISURAS POR SOPORTE
		FISURAS POR ACABADO
	DESPRENDIMIENTOS	ACABADO POR ELEMENTO

Una vez identificada todas las lesiones presentes en el Monumento, procedemos los levantamientos del mismo, comenzando con las distintas mediciones, en nuestro caso no existía ninguna.

Se recomienda un levantamiento topográfico de todo el contorno del mismo para así delimitarlo de construcciones cercanas y evitar futuras invasiones

Debido al mal estado en que se encontraba todo el sistema de vigas y columnas, se procedió a realizar un estudio de suelos para poder rediseñar el nuevo sistema estructural que soportaría a nuestro monumento.

Una vez realizado esto e identificado las principales lesiones, antes de proceder a realizar nuestro estudio, se fumigaron y lavaron con materiales no agresivo todo el monumento y sus alrededores, para evitar picaduras de insectos y roedores que se encontraban presentes.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Luego comenzamos con los distintos ensayos del concreto el cual nos ayudaría a la realización de la ficha de registro de deterioro diseñada por nuestra empresa para Estatuas de Gran Escala.(Tabla 2)

Tabla 2. FICHA TECNICA GENERAL DE REGISTRO DE DETERIORO

MONUMENTO: "CRISTO REY"

UBICACION: CERRO "CRISTO REY", RIO CARIBE, EDO SUCRE

LEVANTADO POR: ING. REISETH ACOSTA

ELEMENTO

ELEMENTO *ESTATUA*		**MATERIALES**		**DETERIOROS**																**GRADO DE CONSERVACION**				**REGISTRO FOTOGRAFICO**
				FISICAS					**QUIMICAS**						**MECANICAS**									
		FABRICA	**ACABADO**	**H**	**S**	**A/D**	**Ho**	**E**	**C**	**B/A**	**B/V**	**ER**	**O**		**F**	**D**	**So**	**O**	**1**	**2**	**3**	**4**	
ESTATUA ESTRUCTURA DE SOPORTE	FACHADA ADVERSA	Concreto	Liso - Mold.																				
	FACHADA REVERSA	Concreto	Liso - Mold.																				
	FACHADA LAT. DER.	Concreto	Liso - Mold.																				
	FACHADA LAT. IZQ.	Concreto	Liso - Mold.																				
	PLANTA	Concreto	Liso - Mold.																				
ESTRUCTURA DE SOPORTE	FACHADA PRINCIPAL	Concreto	Liso - Mold.																				
	FACHADA POSTERIOR	Concreto	Liso - Mold.																				
	FACHADA LAT. DER.	Concreto	Liso - Mold.																				
	FACHADA LAT. IZQ.	Concreto	Liso - Mold.																				
	PLANTA	Concreto	Liso - Mold.																				

LEYENDA:

H:Humedad

Ho: Ongos

So: Socavacion

G:Grietas

D:Desplomes

E:Eflorescencias

ER: Erosion

S:Suciedad

C:Corrosion

A/D: Ampollas y Decoloraciones

B/A: Biodeterioro Animal

B/V: Biodeterioro Vegetal

F:Fisuras

O:Otros

DESCRIPCION
Estatuaria Monumental que requiere de la URGENTE intervencion, motivado al alto Cuadro Patologico Constructivo Dañino que acelera su Desplome.

3 RESULTADOS

Una vez obtenido todos nuestros resultados arrojados por los distintos ensayos y pruebas realizadas en sitio se procedió de manera Urgente a la intervención Monumental del Cristo Rey del Universo, obteniendo excelentes resultados en donde se creó un plan de mantenimiento a posterior para preservar la pieza sin que aparezcan nuevamente parte del cuadro patológico constructivo del mismo.



FIGURA 1: Antes



FIGURA 2: Después



FIGURA 3: Antes

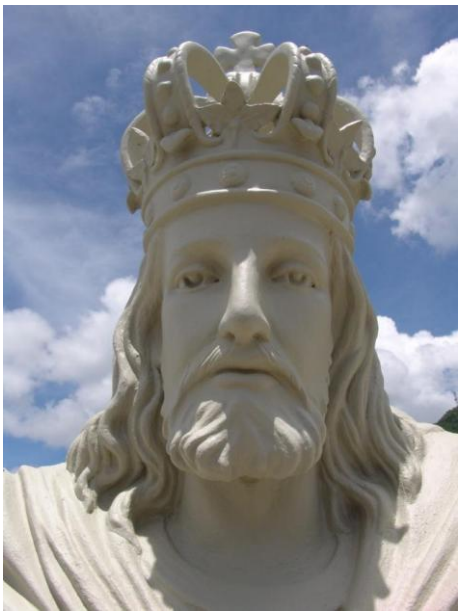


FIGURA 4: Después

© 2025 ALCONPAT Internacional

4 CONCLUSIONES

La importancia de realizar un Estudio Patológico Constructivo antes de restaurar una pieza ayuda mucho al momento de su intervención, motivado a que de esta forma y a través de los diferentes ensayos el Ingeniero o Arquitecto responsable de la obra sabrá en un futuro donde y como aplicar un plan de trabajo en las zonas de alto riesgo para evitar el desplome de la pieza y así realizar una excelente restauración en donde deberá plantear un futuro plan de mantenimiento para preservar la pieza durante muchos años.

.

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Caracterización de fallas del monumento al Sol de Barquisimeto, Estado Lara

M. Olavarrieta[1] *, R. Malave[1], M. Dominguez[1], Y. Roberti[1]

* mariaalice@ucla.edu.ve

RESUMEN

El Monumento al Sol Naciente, del Arquitecto Carlos Cruz Diez está, conformado por 32 paneles metálicos, embutidos en el suelo, y está afectada por la corrosión y vandalismo. El levantamiento sintomatológico y caracterización, realizado a través de la inspección visual, encontró 1416 fallas, de las cuales 22,74% son por picadura, 21,19% de delaminación, 16,95% grietas en los brocales de la fundación, 14,41% de corrosión, 13,84% de pérdida de sección, 5,93% de acero de refuerzo expuesto y 4,94% de manchas de humedad. Ese deterioro fue producto de factores naturales, anarquía de los transeúntes y la falta de atención de los organismos con competencia. Aproximadamente, el 5% del área total presentan un estado avanzado de corrosión, por lo que se recomienda la intervención para su recuperación.

Palabras Clave: Paneles Metálicos, Corrosión, Fallas, Falta de mantenimiento,

[1] Departamento de Ingeniería en Construcción, Decanato de Ingeniería Civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

El metal ha sido de gran utilidad para la representación y comprensión de la histórica humana a través del tiempo, usándose como medio de expresión que transcienda generaciones. La humanidad nace con el deseo de diseñar y crear cosas, no sólo para usos prácticos, sino también por su valor artístico y la necesidad de plasmar por medio de estructuras un legado, memoria, costumbres y tradiciones de una nación, crear esa identidad que transcienda del pasado al presente. El patrimonio cultural, se configura como un concepto amplio, que engloba el patrimonio histórico artístico de aquellos bienes muebles e inmuebles, que se consideran dignos de conservar, para generaciones futuras, porque alcanzan un alto grado de excelencia dentro de las artes: pintura, escultura, artes decorativas. Además, incluye otros objetos no artísticos que conservan las costumbres y que reflejan los valores y creencias de una sociedad. (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO Paris, 2003).
El Monumento al Sol Naciente, ubicado en Barquisimeto, simboliza una expresión artística y cultural diseñada por maestro Carlos Cruz Diez, como representación del atardecer crepuscular de la cuidad. En la actualidad, se encuentra en estado de deterioro por diversos factores que afectan su valor histórico, estético y cultural. (Nieto K., 2020). El deterioro progresivo de los monumentos y obras artísticas que hay en Barquisimeto se debe a la carencia de políticas públicas eficaces, aunado a la inconsciencia ciudadana de quienes destruyen los espacios al rayarlos, ensuciarlos e incluso convertirlos en baños públicos. Artistas, arquitectos y cronistas aseguran que es urgente crear planes de mantenimiento e informativos para que los barquisimetanos comiencen a valorar estas áreas que ayudan a marcar la identidad larense. (Pérez J., La Prensa de Lara 2023).

Barquisimeto como muchas ciudades de Venezuela y del mundo, rica en cultura, ha tenido que enfrentar a través de su formación como ciudad a un sin número de factores físicos y socioculturales que han llegado a complicar grandemente las tareas de conservación de su patrimonio cultural y en cierto modo, también han afectado su autenticidad. (Quintanilla M., 2016). Es preocupante ver como se deterioran cada una de las obras que representan a la ciudad (Nieto K., 2020). El Monumento al sol naciente, una de las obras afectadas, tiene entre sus principales características que, está conformado por 32 paneles metálicos, distribuidos de manera concéntrica con un diámetro en específico, cada panel metálico está fundado mediante zapatas con una porción de los mismos embutidos en el suelo por razones de expresión del creador.

Sus paneles metálicos presentan fallas visibles, como la perdida de adherencia entre el sustrato y la pintura, esto conlleva a que los elementos combatan la oxidación, siendo esta “el ataque del oxígeno en forma de aire o agua”. (Alsimet, 2019), produciendo una tela de color rojiza llamada oxido. En consecuencia, de este fenómeno, se manifiesta la corrosión, o ataque destructivo de un metal por reacción química o electroquímica con su medio ambiente, presentando un deterioro en el cuerpo del material que hace que se degrade hasta desaparecer. “La presencia de corrosión en los perfiles y tornillos de anclaje en algunos elementos está en cuantía menor”, sin embargo, la corrosión no deja de aparecer en todos los cuerpos. Generalmente los metales, se encuentran en la naturaleza formando compuestos estables, como lo son los óxidos y las sales, entonces, para utilizarlos, se requiere, de cierta cantidad de energía, por lo cual, tiende a regresar a su forma estable y es allí donde ocurre la oxidación y la corrosión. Todos los metales tienen su propio potencial de

oxidación, siendo éste la capacidad de liberar electrones y por consecuente, acelerar o desacelerar el proceso de corrosión. (Troconis O., et al, 1997).

En el caso específico del hierro y sus aleaciones, como el acero, la condición principal para que sea posible la oxidación viene dado por la presencia de agua y oxígeno, un ánodo y un cátodo. El grado de corrosión será proporcional al tiempo de exposición a esta condición. Por lo tanto, la solución parece simple, aislando lo mejor posible la superficie de exposición a esta condición de riesgo. En general, se puede resumir que la estrategia para evitar el riesgo de corrosión se deba a instalar una barrera entre el metal y el medio, reduciendo así la acción corrosiva del medio. Siendo una estructura totalmente metálica, el Monumento al Sol Naciente está expuesto a toda esta ineludible realidad. Su deterioro ha sido inminente por las razones ya antes explicadas, pero no solo está expuesto a medios naturales como el agua y el oxígeno, sino que también el sitio donde se ubica el monumento ha sido un punto de encuentro para muchas personas, tanto residentes de la ciudad como turistas, esto se supone que es el fin de tener una obra emblemática, pero lo ha llevado a su condición actual de deterioro, ya que el monumento no recibe el mantenimiento correspondiente adecuado. Los paneles de la obra son usados por las personas que pasan por el lugar para hacer sus necesidades fisiológicas. Estos microorganismos atacan, evidentemente, de manera perjudicial a la obra. También se ha evidenciado daños por vandalismo como grafitis en la mayoría de los paneles cromáticos, que a su vez afectan la pintura protectora y estética. (Malavé R., et al., 2019).

Por la necesidad de conservar un patrimonio cultural que ha otorgado el distinguido artista Carlos Cruz Diez †, y ser un monumento que representa una de las principales referencias artísticas de la ciudad de Barquisimeto que se llevó a cabo este estudio. Para ello se debe puntualizar algunos criterios de la restauración en torno a la preservación de edificaciones arquitectónicas, en el entendido que la restauración, es una herramienta de conservación, en este tipo de monumentos patrimoniales. Definiendo así restauración como “cualquier intervención dirigida a devolver la eficiencia a un producto de la actividad humana” (Brandi, 1995).

2 PROCEDIMIENTO

La caracterización de las fallas, levantadas durante el estudio, se realizó a través de la inspección visual que, mediante el uso de instrumentos de medición como reglas, cinta métrica y fisurómetro, permiten establecer la magnitud de algunos síntomas identificados a simple vista.

Las causas externas a considerar podrían estar estrechamente relacionadas a las temperaturas extremas, a la abrasión, así como al ataque de líquidos, gases naturales o industriales. La extensión dichos agentes dependerá en gran parte de la calidad del acero, al mantenimiento o recubrimiento que conste dicha estructura. (Normalización Española, Instrucción de Acero Estructural UNE-EAE; 1999). Anteriormente se han realizado estudios para aportar soluciones sobre la durabilidad y mantenimiento de las estructuras de acero. Se citarán algunas consultadas para desarrollar este estudio. (Medina 2014), en su publicación **“**Deterioro de la Catedral metropolitana de Barquisimeto”, hace énfasis en el riguroso detrimento de lo que representa un importante templo religioso y un vivo ejemplo de la arquitectura moderna en la región Barquisimetana. Menciona el deterioro de la edificación en el área estructural, así como también, los daños ocasionados por

© 2025 ALCONPAT Internacional

acciones atmosféricas en la fachada, la invasión de la superficie de las columnas, causada por los grafitis; el agrietamiento en la cubierta de la catedral que ya llegó a su vida útil. Estos daños son concernientes a la falta de mantenimiento y rehabilitación a estructuras y obras emblemáticas para la nación. (Castillo R., y Bellido 2013), en la investigación "Valoración patrimonial del paseo de los precursores y Los Procederes Caracas-Venezuela" establecen criterios patrimoniales, formales, estéticos e históricos, con el fin de hacer posible la valoración y el apoyo a la preservación integral de esta obra. Se usaron estrategias propias de la investigación documental y el uso de procedimientos asociados con el método hermenéutico, que fue de utilidad para el análisis parcial y contextual de fuentes informativas, documentos, leyes, planos arquitectónicos, imágenes, entre otros. El trabajo expuesto fue contundente en la especificación del problema que había conllevado al deterioro del paseo como lo fue la dinámica citadina, el uso constante, el descuido gubernamental.

El trabajo especial de grado titulado "Metodología para la restauración del sistema estructural de monumentos o inmuebles históricos del patrimonio cultural en el Salvador", (Caballero y Samayoa 2010), efectuaron una investigación cronológica de las construcciones procedentes a la época colonial del Salvador, usadas como viviendas y templos y que para actualidad aún conservan su edificación, siendo consideradas como monumentos históricos, culturales y patrióticos del país. El caso de estudio de aplicación en la iglesia San Esteban cuyo sistema estructural es de armazón de entramados y con elementos prismáticos, cortos y rectos. La metodología se fundamentó en la observación, inspección visual y levantamientos de daños existentes; físicos, mecánicos y de carácter biológico, para la restauración del sistema estructural, se llevó a cabo a través del programa Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems ETABS 9.5, para modelar y simular el sistema estructural del edificio en condiciones extremas de cargas antes del colapso. Indicando así su potencial de inestabilidad como fue estimado de forma visual al inicio de la investigación. Finalmente se sugirió el necesario mantenimiento periódico de la estructura. (Esquivel C., 2009). En la tesis "Sistema de refuerzo estructural en monumentos históricos de la región Cusco", Cusco, Perú; cuyo objetivo fue determinar los sistemas de refuerzos estructurales en monumentos históricos de la Región Cusco, a través del registro y evaluación de los tipos de refuerzos estructural utilizados en la restauración de una iglesia de adobe, la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales usados en restauración, y evaluación de la efectividad de los refuerzos estructurales.

Existen muchos factores que influyen en el proceso de corrosión, donde se debe de tomar en cuenta tanto las características del material sobre el que incide, así como el medio que lo rodea, entre los que se destacan los de mayor efecto como, la acidez de la solución, sales disueltas, capas protectoras, concentración de oxígeno y temperatura: La velocidad de corrosión tiende a aumentar al incrementar la temperatura, debido a que se acelera la difusión del oxígeno del medio hacia el material afectado, inclusive a través de capas de pasivación, fragilizándolo. Experimentalmente se ha demostrado que un aumento en la temperatura de 2° C, incrementa al doble la tasa de corrosión, aproximadamente (Charng y Lansing, 1982).

Se han analizado diversos factores que pueden dar lugar a la corrosión en superficies de un metal, por lo que es fundamental conocer las diferentes manifestaciones originadas como resultado de los fenómenos corrosivos, En este sentido, la inspección de la obra constituye una etapa muy

importante en la evaluación, ya que ésta permite obtener directa e indirectamente la información para la solución del problema. (Troconis O., et al, 1997), han establecido unas etapas que serán de gran utilidad para la realización del estudio de la estructura del monumento al sol naciente.

2.1.- Inspección preliminar:
Permite la elaboración de un pre-diagnóstico y permitirá tener una idea del contexto que rodea la estructura, podrá estar sustentada en una visita previa y de la necesidad de un análisis más profundo para la elaboración del diagnóstico correspondiente. En esta fase se recopila la información general, la condición de uso, el estado actual de los elementos componentes de la estructura de los sistemas vinculados, se detectan las fallas, para así establecer una primera valoración intuitiva. Este estudio fue sustentado sobre la base de la inspección preliminar y se basa en la realización del levantamiento sintomatológico de fallas, que recopila datos directos del lugar, tras seguir los procedimientos que permiten, pre diagnosticar, comprobar la hipótesis y establecer un diagnostico con su correspondiente proyecto de rehabilitación. En todo proceso de diagnóstico se deben realizar actividades secuenciales que representan la metodología a seguir para el estudio. Para ello se realizará una inspección preliminar donde se realizó una ficha de antecedentes de la obra, del medio donde se encuentra y un examen visual general de la estructura, teniendo así un orden de manera eficiente durante la inspección.

2.2.- Inspección Detallada:
Consiste en la realización de mediciones y ensayos requeridos para obtener datos suficientes en naturaleza y números, confiables, siguiendo los esquemas programados en la inspección preliminar, que permiten una evaluación acertada del problema y eventualmente, definir los sistemas de intervención (pronóstico de vida residual, reparaciones, rehabilitación, etc. Esta fase será posterior y parte de las recomendaciones de esta investigación.

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

El Monumento al Sol Naciente se encuentra al Este de la Ciudad de Barquisimeto, formando parte de una redoma distribuidora del tráfico vehicular adyacente, ubicada específicamente en la intersección de la Av. Los Leones, Av. Libertador y la Av. Herman Garmendia, colindando al norte con el Complejo Ferial, al este con el Centro Comercial Las Trinitarias, al oeste con el Parque del Este y al sur con la Avenida Los Leones. No tiene en sus cercanías, zonas industriales que impliquen altas concentraciones de sulfatos u otro componente en el ambiente que rodee la estructura en forma directa. Ver Figura 1.

El monumento al sol naciente, está conformado por 32 paneles metálicos de 15 metros de largo, 3 metros de ancho y 14 centímetros de espesor, distribuidos concéntricamente, con diámetro de 80 metros. Ver Figura 2. Cada panel tuvo el levantamiento sintomatológico de fallas correspondiente, ya que todos conforman el monumento. Se identificaron algunos paneles más deteriorados que otros. Se tomaron en cuenta informes pre-diagnósticos y análisis estructurales previos, realizados por los especialistas (Malavé R., et al y Morón J., et al. 2019)

Toda esta información complementó la realización de la inspección visual. Se tomó en cuenta el ensayo realizado al acero de los paneles, donde se extrajo un núcleo, para medir espesor, protección

© 2025 ALCONPAT Internacional

y diámetro de elementos de refuerzo. Es recomendable posteriormente, medir el estado de los pernos de fijación embutidos en el concreto de la fundación y del ángulo o elemento que sirven de conexión o vínculo a los paneles para el empotrado a la zapata, con el interés siempre de proporcionar una opinión referente a la necesidad de reposición o reforzamiento. De igual forma, el estudio de las zapatas se debe tomar en cuenta, referente a la calidad de su formación, materiales y resistencia del concreto. Sin embargo, en los estudios previos que se hicieron en el año 2019, se señaló la bondad de estas fundaciones ya que al observar y medir los paneles que mantienen su perfecta geometría se considera una imprudencia excavar para validar la zapata o en su defecto, la extracción de un núcleo.

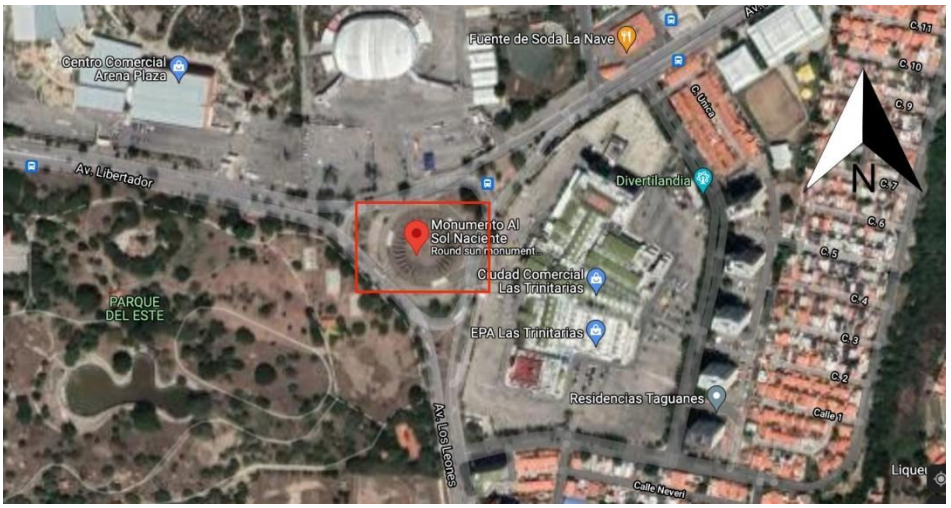


Figura 1. Imagen satelital Monumento al Sol Naciente de Barquisimeto.
Fuente: Google Maps (2022).



Figura 2. Vista aérea del Monumento al Sol.
Fuente: laraenredes/posts/el-monumento-al-sol-naciente-.

Levantamiento planimétrico

En 1932 inicia la construcción de El monumento al Sol Naciente, del artista plástico y Arquitecto Carlos Cruz Diez, culminando en 1989, conformado por 32 paneles dispuestos en forma transversal en el suelo, distribuidos concéntricamente formando una perfecta circunferencia de 80 metros de diámetro, haciendo semejanza a un enorme reloj. Esta obra está inspirada en el astro rey Sol, como una forma de rendir tributo a los increíbles crepúsculos barquisimetanos. Cada panel cromático mide 15m de largo por 3m de ancho, teniendo una profundidad de 15cm, elaborados de hierro, y que según los planos originales deberían ser de acero. Cada panel se ubica con una inclinación de 18 grados con respecto al suelo. Estos paneles están ensamblados con siete (7) pares de tiras de láminas dobladas formando una "C" de 3mm de espesor, dando un peso cercano a las cuatro (4) Toneladas al panel y es donde se traza el arte cromático. Las piezas metálicas están fundadas por medio de zapatas directas de transmisión de esfuerzos al suelo y una porción de los paneles metálicos, está embutida en el suelo por razones de expresión artística del creador. Posee una estructura interna de refuerzo a base de perfiles U para resistir cortes en las cercanías al apoyo y cabillas de 5/8" pasante por las "C" apiladas para rigidizar e inmovilizarlo. Los colores cromáticos fueron proporcionados por Pinturas Montana y bajo la supervisión del Artista Carlos Cruz Diez. La referencia de los colores como Pantone, RGB o semejantes a la cromatología plasmada no se dispone en cualquier establecimiento, pero se conoce que esta información la conserva Industrias Montana y/o la "Cruz-Diez Art-Fundation" creada para preservar el patrimonio del artista. Para poder realizar el inventario de todas las fallas de cada uno de los paneles, denominados "Módulos", se decidió enumerarlos en sentido de las agujas del reloj, empezando con el "Módulo 1" que se encuentra en dirección al norte, como se muestra en la Figura 3. En cuanto a las 7 tiras de láminas que conforman al panel se les llamará "Región", enumerándolas desde la lámina de abajo hacia arriba, como se muestra en la Figura 4.

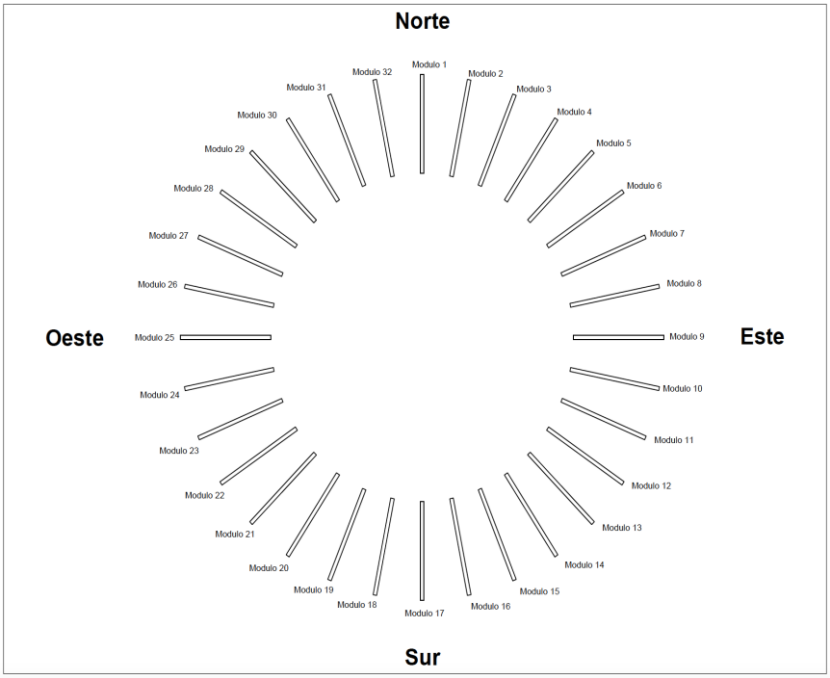


Figura 3. Enumeración de Módulos

© 2025 ALCONPAT Internacional

Cada Módulo fue divido en dos “Caras”. La cara que se encuentra a la izquierda parándose de frente al módulo desde el centro de la circunferencia que forma el monumento, se llamara “Cara A” y su combinación es azul y verde, por consiguiente, la visible a la derecha se identifica como “Cara B” y sus colores son una combinación de azul y amarillo.

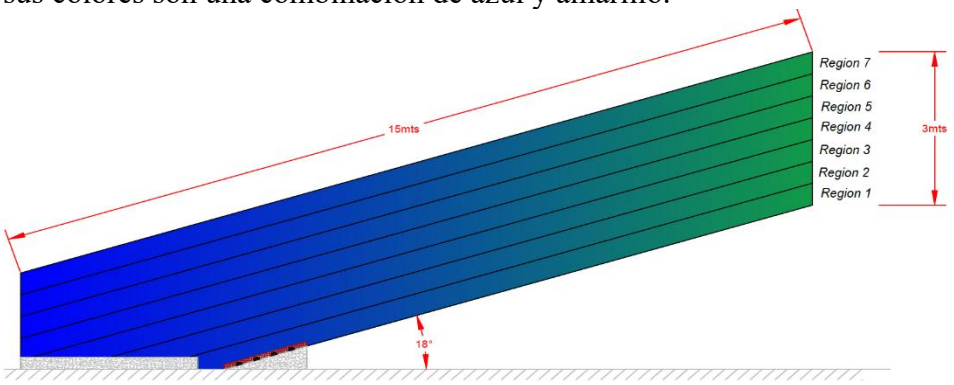


Figura 4. Enumeración de Regiones.

3.2 Levantamiento de sintomatología de fallas

Se realizó usando como referencia, la información tomada durante la inspección y reflejándola en los formatos recomendados por (Troconis O., et al 1997). Se muestra a continuación lo realizado para el módulo, y que fue reproducido para los siguientes 31 módulos del monumento. Empezando por la ficha de descripción y sus antecedentes, ver Figura 5. Seguidamente se realizaron los análisis de las fallas observadas en los módulos, las caras y sus correspondientes regiones, haciendo una descripción detallada de las mismas, ubicándolas en el croquis y estableciendo sus posibles hipótesis de causas. Ver Figura 6 y Figura 7.

Luego de identificar y contabilizar los daños observados, se registra en la planilla resumen como se observa en la Figura 8. En el caso del módulo 1 las fallas presentes fueron Sangrado, Delaminación, Picadura, Grietas en base de concreto y Perdida de sección.

Una vez detalladas las inspecciones y realizado el análisis a los 32 paneles o módulos que conforman el monumento estructural del Sol Naciente de Barquisimeto, en la cual, se dio énfasis a la contabilización de las fallas presentes, su ubicación, magnitud y frecuencia, así mismo como la deducción de posibles hipótesis causantes de la misma. Relacionado a las fallas detectadas y con las características del monumento, es oportuno enfatizar, que la misma tiene una edad de 33 años, por lo tanto, se puede presumir que el deterioro observado es resultado al tiempo de su vida útil, acarreado a esto el abandono por entes encargados y mal uso del espacio por parte de la sociedad.

La protección anticorrosiva en estas estructuras, tiene un papel fundamental frente a los agentes contaminantes presentes en el ambiente, la superficie no preparada antes de la aplicación, acelera estos fenómenos, causando deterioro progresivo del metal, delaminándolo y posteriormente permite la perdida de sección de área, causando el debilitamiento de la estructura y acortando la vida útil de la misma. Todos los paneles presentan esta característica, falta de la pintura en algunas de sus partes, es decir requiere un trabajo de latonería es considerable, para la restauración estética de la obra de arte. Del mismo modo, la ubicación de las fallas, se debe a la presencia de sustancias o desechos provocados por el ser humano. La mayor frecuencia se localiza en la zona inferior de todas las regiones de cada módulo. En el caso de la falla por picadura, su frecuencia ocurre de

forma descendente, pudiendo deducir que las mismas son causadas por la contaminación ambiental, aguas de lluvias, y desechos orgánicos generados por el hombre a través de su orina.
La falla por delaminación, manchas de humedad y acero de refuerzo expuesto, tienen una mayor frecuencia en la región 1, siendo ésta la zona más baja para cada módulo y con la cual se tiene mayor contacto con el suelo, generando a su vez en dicha región la proliferación interna del crecimiento de vida vegetal. La zona superior de las regiones 6 y 7 presentan fallas leves como son: picadura en el acero, desgaste de pintura y presencia de grafitis, pero la falta de instrumentos y el limitado alcance, no permitió realizar las mediciones presentes en esa región.

FICHA DE DESCRIPCIÓN Y ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA	
Nombre de la estructura: Monumento del sol naciente de Barquisimeto	
Sistema Estructural: Acero	**Uso:** Patrimonio Histórico/Cultural **Edad:** 32 años
Ubicación: Av. Libertador Barquisimeto	**Ambiente:** Urbano
Sub-Denominación: Redoma del Sol	**Fecha de Inspección:**
Área de la Estructura:	**Núm. De paneles:** 32
IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	
 Fuente: https://www.venelogia.com/archivos/8141/	

Figura 5. Ficha de descripción y antecedentes de la estructura.

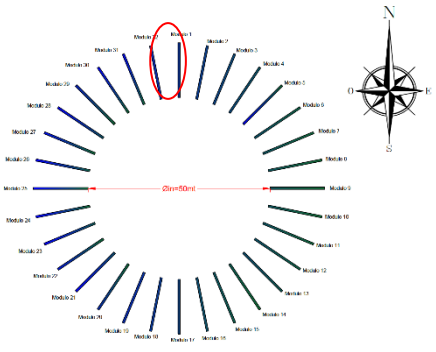
LEVANTAMIENTO DE SINTOMATOLOGÍA DE FALLAS	
Título de la investigación: INVENTARIO DE FALLAS DEL MONUMENTO AL SOL NACIENTE DE BARQUISIMETO, ESTADO LARA	***Planilla:*** *1-32*
Elemento: Módulo 1	
Ubicación: Cara A-B	
CROQUIS DE PLANTA: 	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA: Se observa delaminación del acero en juntas de unión de cada región. Perdida de sección de la lámina metálica. Picadura en varios sectores de la lámina. Corrosión por espacio confinado, en la parte interna del módulo.

Figura 6. Ficha de levantamiento de sintomatología de fallas. Módulo 1.

© 2025 ALCONPAT Internacional

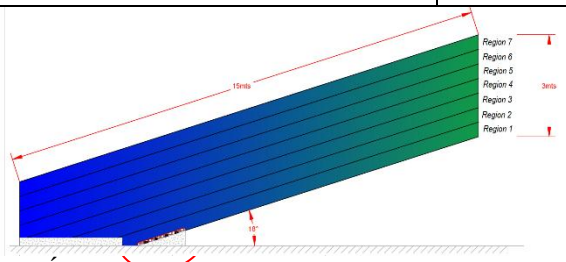
LEVANTAMIENTO DE SINTOMATOLOGÍA DE FALLAS	
Título de la investigación: INVENTARIO DE FALLAS DEL MONUMENTO AL SOL NACIENTE DE BARQUISIMETO, ESTADO LARA	***Planilla:*** *1-32*
Elemento: Módulo 1	
Ubicación: Cara A-B	

Cara A



\





HIPÓTESIS DE FALLA:

Se presume que por la presencia de desechos humanos (orine) en contacto con el metal, provoca el deterioro inminente. También se presume que el agua de lluvia presente estancada internamente en el panel, ha ayudado al desarrollo de la corrosión. La falta de mantenimiento es muy evidente, ya que las fallas se encuentran concentradas en la parte inferior del panel, donde tienen mayor acceso las personas que transcurren por allí, por lo que ésta podría ser la causa principal de deterioro. Se estima que el panel ya no posee protector anti-corrosivo, aumentando la posibilidad de corrosión.

Figura 7. Continuación de la ficha de levantamiento de sintomatología de fallas. Módulo 1.

CUADRO RESUMEN DE FALLAS MODULO 1

Elemento	Ubicación	Tipo de falla	Ubicación falla	Magnitud	Observación
MODULO 1	CARA - A	DELAMINACION	REGION 4-5	L= 37,5 cm; a=10cm	Presenta corrosión por espacios confinados
MODULO 1	CARA - A	PICADURA	REGION 2-3	L= 43cm; a= 11cm	Picadura y perdida de área de acero en la junta de unión de regiones
MODULO 1	CARA - A	PERDIDA DE SECCION	REGION 1-2	L= 43 cm; a=10,5 cm	Exposición del acero de interior (esqueleto de la estructura)
MODULO 1	CARA - A	GRIETAS	BASE DE CONCRETO	e=0,50 cm ; L=10cm	Presencia en dirección perpendicular a la cara del panel
MODULO 1	CARA - A	SANGRADO	ANGULO		Celda galvánica en cada perno
MODULO 1	CARA - B	PICADURA	REGION 4-5	L=46 cm; a=7 cm	Picadura y pérdida de sección en sentido a la junta de unión.
MODULO 1	CARA - B	CORROSION	REGION 3-4	L=79 cm; a=8,50 cm	Presencia de corrosión por espacios confinados en las juntas
MODULO 1	CARA - B	PERDIDA DE SECCION	REGION 1-2	L=27 cm; a=4cm	Presencia de exposición del acero de refuerzo
MODULO 1	CARA - B	DELAMINACION	REGION 1	L=184 cm	De laminación en la parte inferior de la región y en sentido a la base de concreto.
MODULO 1	CARA B	GRIETAS	BASE DE CONCRETO	e=0,50; L=9cm ; e=0,60 ; L=8cm	Presencia en sentido perpendicular al panel
MODULO 1	CARA B	CORROSIÓN	ANGULO		Falta de recubrimiento

Figura 8. Planilla Resumen de fallas del módulo 1.

4 CONCLUSIONES

Se obtuvo que un 5% aproximadamente del área total del monumento al sol, presentan un estado avanzado de corrosión debido al proceso de reacción electroquímica, siendo este la característica de deterioro más notable en la dicha estructura. Los ángulos y pernos que usan de soporte entre el brocal y área de metal de cada módulo, muestran gran avance de corrosión, delaminación y pérdida de área; esto debido a los cloruros presentes en la orina que se deposita en los mismos, siendo estos aniones muy agresivos que causan picadura en el metal de acero como otras aleaciones. En la unión de cada región, se observó la delaminación del metal, que se activa a través de la corrosión causado por los elementos presentes en el ambiente, como el calor (dilata el metal); el agua como conductora de sustancias agresivas; la lluvia como factor erosivo; el viento como conductor de arena, polvo y tierra, mediante el cual actúan como abrasivos. Las picaduras están localizadas principalmente, en la zona inferior de la región 4 de cada módulo, se debe a la ruptura local de la película del óxido, protector que cubre el metal. La pérdida de sección del área, se observa repetidamente en la parte inicial de cada módulo, es decir los primeros 5 metros del panel, afectando a todas las regiones del mismo. Esta falla es el paso posterior a una picadura localizada en el metal. La humedad en la parte de inferior de cada panel, está presente en todas las regiones de los paneles. Dentro de los factores que influyen en el deterioro avanzado del monumento, se encuentra el factor humano, que a través de actos vandálicos como es la pintura inadecuada (grafitis) han conllevado a desmejorar la imagen artística de los colores originales que representan a dicho monumento. La falta de conciencia, pérdida de valor de sentido de pertenencia de parte de los ciudadanos, el uso inadecuado del monumento y sus alrededores han desencadenado el deterioro progresivo a través de excretas y desechos humanos. La falta de mantenimiento preventivo y correctivo, aceleran la carga contaminante hacia la estructura de metal. Se requiere una inmediata, exhaustiva y necesaria planificación de programas sobre el manteamiento de un monumento que está agonizando por falta de cuidados y atención. Con el fin de devolver la estabilidad material de un patrimonio cultural, rescatando consigo todos los valores históricos, estéticos y culturales que representan, además sin duda alguna un legado de la nación y garantizando tu trascendencia a futuras generaciones.

5 AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de desarrollo científico, humano y tecnológico CDCHT de la UCLA, por el apoyo especial en el desarrollo del trabajo y la línea de investigación.

6 REFERENCIAS

ALSIMET (27 de noviembre 2019). *¿Cuáles son las causas de la corrosión en los materiales metálicos?*.http://alsimet.es/es/noticias/causas-corrosionmetal#:~:text=En%20los%20materiales%20met%C3%A1licos%20la,es%20el%20deterioro%20que%20provoca

Brandi C., (1995). Teoría de la Restauración.

Caballero y Samayoa (2010), en su trabajo especial de grado titulado “Metodología para la restauración del sistema estructural de monumentos o inmuebles históricos del patrimonio cultural

© 2025 ALCONPAT Internacional

en el Salvador Cusco", tesis Puno Peru

Castillo Ruiz y Bellido (2013), en la investigación "Valoración patrimonial del paseo de los precursores y Los Procederes Caracas-Venezuela"

Charng T y Lansing F. 1982, Review of corrosion causes and corrosion control in a technical facility. TDA Progress Report

Esquivel Y., 2009. En la tesis, "Sistema de refuerzo estructural en monumentos históricos de la región

Malavé R, et. al., (2019). Informe pre-diagnóstico de la obra Monumento al sol del artista Cruz Diez afectada por corrosión.

Medina C., 2014, en su publicación "Deterioro de la Catedral metropolitana de Barquisimeto", Instituto Santiago Mariño.

Morón J., et al., 2019. Informe Estructural Monumento al sol.

Nieto K., 17 de noviembre 2020. *#Vídeos #Fotos Íconos de Barquisimeto convertidos a Monumentos a la desidia.* El Impulso.com. https://www.elimpulso.com/2020/11/17/video-fotos-iconos-de-barquisimeto-convertidos-en-monumentos-a-la-desidia-17nov. [Consulta: 2023, abril 22].

Olavarrieta M. et al., 2013. "Un enfoque integral. Prevención de Daños y Rehabilitación de Estructuras de Concreto Armado" (Primera edición), Venezuela.

Olavarrieta, M., Domínguez M., Roberti Y., (2023), "Inventario de fallas del monumento al sol naciente de Barquisimeto, Estado Lara" .Trabajo especial de grado, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.

Pérez J., Falta de políticas y conciencia acaba con monumentos y murales. https://www.laprensalara.com.ve/nota/69203/2023/12/falta-de-politicas-y-conciencia-acaba-con-monumentos-y-murales. Publicado 27 – 12-2023

Quintanilla L., (01 de Septiembre 2016). *Fotos Monumentos a la desidia.* El Impulso.com. https://www.elimpulso.com/2016/09/01/fotos-monumento-la-desidia

Troconis O, et al., 1997, DURAR. Red Temática XV.B. Durabilidad de la Armadura, Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado, CYTED ISBN 980-296-541-3. Subprograma XV, Corrosión: Impacto Ambiental sobre Materiales, Maracaibo, Venezuela.

UNE-EAE 1999. Acero Estructural. Editorial AENOR; 1er edición ISBN-10: 8481437441

UNESCO Convención para la salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial, Paris, 2003. https://ich.unesco.org/es/convenci%C3%B3n [Consulta: 2023, noviembre 22].

https://www.facebook.com/laraenredes/posts/el-monumento-al-sol-naciente- [Consulta: 2024, junio 22].

https://www.venelogia.com/archivos/8141/

ALCONPAT-Ve

© 2025 ALCONPAT Internacional

7) Vulnerabilidad de los asentamientos urbanos informales

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

Problemas patológicos en la autoconstrucción de viviendas. La escuela comunitaria de vivienda, como prototipo de enseñanza de la ingeniería fundamentado en la responsabilidad social

L. Arrieta de Bustillo*[1], A. Morón[1], A. Paredes[2]

Autor de Contacto: lianaarrietabustillos@gmail.com

RESUMEN

La población en los Asentamientos Informales de Venezuela vive en viviendas inadecuadas, construidas de manera espontánea y expuestas a riesgos estructurales. Según Payne en URVI98, hasta 1989, el 77% de las viviendas fueron construidas sin asistencia técnica, lo que representa un problema público significativo. Este trabajo busca identificar los problemas estructurales en estas construcciones, sus causas y proponer soluciones educativas, como la experiencia de la Escuela Comunitaria de Vivienda. Se revisaron investigaciones en barrios de Caracas y Barquisimeto, donde millones de viviendas informales enfrentan alto riesgo sísmico. Esta situación plantea un desafío para la ingeniería estructural y para quienes deben garantizar la seguridad de los habitantes de estas áreas vulnerables.

Palabras claves: Asentamientos informales; viviendas inadecuadas; riesgos estructurales; autoconstrucción; seguridad habitacional.

[1] Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, UCLA, Barquisimeto, Venezuela.
[2] Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

La población que vive en los asentamientos informales en Venezuela, Figura 1, reside en su gran mayoría en viviendas inadecuadas, producidas en procesos espontáneos de construcción, expuestas a grandes riesgos desde el punto de vista estructural. La escala de esta problemática es tal que, según Payne, referido por Tipple en URVI98[(1)]: "Hasta el año 1989, el 77 % de las viviendas en Venezuela habían sido construidas por este sector, sin ningún tipo de asistencia técnica"; lo cual representa un problema público de gran importancia.
El Objetivo de este trabajo es identificar por una parte los diferentes problemas patológicos desde el punto de vista estructural presentes en este tipo de construcciones, tanto en el diseño de las mismas, como en la ejecución y en el mantenimiento; Por la otra identificar algunas de las posibles causas que los originan y presentar en base a estos resultados el prototipo de enseñanza de la Escuela Comunitaria de Vivienda de la UCLA, que -al menos para las autoconstrucciones futuras- podría representar una de las alternativas para ayudar a resolver esta problemática;

Se revisaron resultados de investigaciones sobre este tema de diferentes autores tanto relacionados con el tema de los problemas patológicos típicos en estos tipos de construcciones en algunos barrios de Caracas y de Barquisimeto, donde se ubican millones de vivienda del sector informal expuestas a alto riesgo sísmico, entre ellas se refiere el trabajo de: "Retos de la ingeniería Estructural en los asentamientos humanos informales en Venezuela" (2) y el de: "Patologías más comunes en las construcciones espontáneas" (3), como también experiencias educativas que de manera preventiva estén orientadas a capacitar los auto constructores. La gravedad de esta situación constituye un reto tanto para la Ingeniería estructural como para la gobernanza de los que tienen bajo su responsabilidad la seguridad y la vida de los habitantes de esas barriadas.

Esta realidad de la problemática habitacional, ha sido ignorada -casi en su totalidad- no sólo por las Facultades de Ingeniería y de Arquitectura, sino también por las organizaciones gremiales relacionadas con la construcción y también puede afirmarse, por apreciaciones personales, que esta situación no es exclusiva de Venezuela, sino que también es una realidad en otros países latinoamericanos. Sin embargo, a pesar de esta necesidad eminente, -salvo excepciones- existe una ruptura importante entre la naturaleza y objetivos de la investigación, la docencia y la extensión que realizan las universidades venezolanas y las necesidades que tienen las comunidades locales en materia de asistencia tecnológica y social. En el marco de esta realidad se destaca el prototipo de enseñanza de la ingeniería fundamentado en la responsabilidad social, ofertado en el decanato de ingeniería civil de la UCLA, en el periodo comprendido entre el año 2001 y 2011, a través de la Asociación Escuela Comunitaria de Vivienda (ECV), con el propósito de promover un proceso de socialización de los conocimientos y la transferencia de técnicas y metodologías a constructores populares, estudiantes y profesionales, para el desarrollo de proyectos de viviendas sustentables que busquen una mejora en la vida de los habitantes en los barrios.
Investigaciones anteriores relacionadas con los problemas patológicos existentes en estos tipos de construcciones realizadas entre otras por: La Universidad Central de Venezuela, la Universidad Metropolitana y la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA), señalan factores determinantes en la seguridad estructural de estas edificaciones construidas sin las normativas básicas de construcción, que no han sido respetadas y podrían ser las causales de un posible colapso

ante la eventualidad de un sismo. Esta situación presente no solo en nuestro país, sino en otros países de América Latina y de otros continentes, constituye un reto de la ingeniería Estructural, que debe ser afrontado con responsabilidad en el corto y en el mediano plazo. De hecho, es uno de los retos planteado en la Declaración del Milenio, adoptada por las Naciones Unidas: Actuar en estos tipos de asentamientos humanos para mejorar las condiciones de vida de sus residentes; Reto que han tratado de afrontar los gobiernos latinoamericanos, casi desde el momento que estos asentamientos irrumpieron en el escenario urbano, sin logar resultados positivos.

Uno de los desafíos es idear algunas formas de como evaluar e intervenir el grado de vulnerabilidad en el que habitan estas personas en laderas con máximas pendientes en los cerros, principalmente en los de Caracas, sin el menor criterio estructural de protección ante eventos naturales. Se presentan parte de los resultados obtenidos en investigaciones previas realizadas en diferentes Universidades a nivel nacional y adicionalmente se presenta como una referencia de importancia: la opción educativa que durante 10 años ofreció la Escuela Comunitaria de Vivienda de la UCLA, a los constructores populares cuyos resultados podrían ser considerados como alternativa de prevención.

2 PRACTICAS INADECUADAS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DEL SECTOR INFORMAL:

En los resultados de esta investigación se presentan los errores de construcción señalados como practicas inapropiadas utilizadas en los asentamientos informales, destacando principalmente los que afecten la estabilidad estructural de las obras.

Estos practicas se presentan como indicios de irregularidades en el Sistema Estructural:

- Combinación irregular de sistema de mampostería confinada estructural y aporticado en edificaciones hasta de 6 pisos, construidas en diferentes momentos y por personas diferentes.
- Construcciones sin confinamiento, en terrenos con pendientes exageradas.
- Problemas en el replanteo y la configuración.
- Ausencia de definición de los elementos físicos de la estructura: ejes estructurales sin alinear.
- Ausencia de claridad en las formas y una buena organización del sistema estructural:
- Ejes estructurales no alineados (figura 2)
- Vigas entrecruzadas sin ningún apoyo en el cruce y vigas no alineadas con pandeo por falta de apuntalamiento en el vaciado.
- Dimensiones inapropiadas de vigas y columnas: efecto de piso débil.
- Ausencia de diafragma rígido, que reparta las fuerzas sísmicas entre los diversos elementos estructurales.
- Columnas esbeltas fuera de norma.
- Desnivel pronunciado en el terreno sin ser considerado en el cálculo de la estructura.
- Ausencia de uniones y nodos estructurales, especialmente en los amarres sísmicos.
- Ausencia de rutas libres para la conducción de servicios de aguas servidas.
- Falta de iluminación y aireación en las viviendas, que originan enfermedades respiratorias.
- Concreto armado muy pobre.

Muchas de estas practicas inadecuadas son el origen de alta vulnerabilidad en este tipo de construcción de viviendas y motivos de colapso ante eventos naturales no previstos (figura 3)

© 2025 ALCONPAT Internacional



Figura 1. Vista de un barrio en pendiente. Petare Caraas, Venezuela

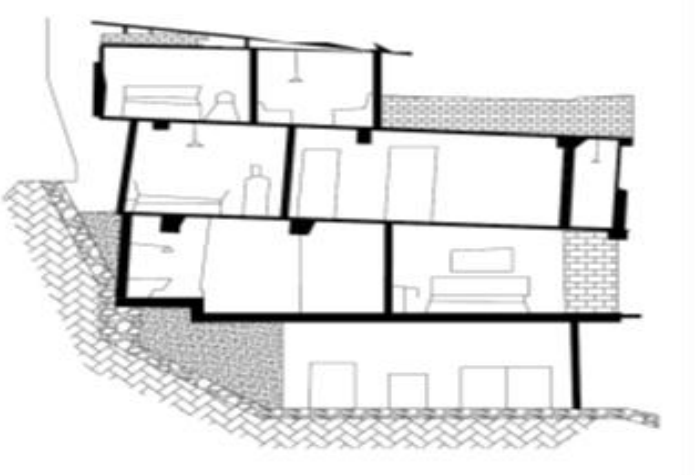


Figura 2. Corte transversal de construcción multifamiliar con irregularidades: Vigas y columnas no alineadas, gran excentricidad en planta. (6)



Figura 3. Efectos por causa de alta Vulnerabilidad. Colapso de viviendas.
Barrio Catuche. Deslave de 1999 Venezuela.

3 EL PROTOTIPO DE ENSEÑANZA:

El prototipo de enseñanza atiende a una estructura matricial y ha sido diseñado con base en una oferta de talleres e instructores seleccionados de la universidad y del sector público y privado, de acuerdo con las necesidades locales en materia habitacional. En el contenido de los cursos se incluye la formación para la vida y el desarrollo humano." *Es una experiencia humana única: El nivel de solidaridad y conciencia cívica que se promueve colabora con la construcción del capital social del estado Lara".* (Testimonio de un beneficiario). La transferencia de tecnología no sólo incluye la información de la técnica a ser transferida, la misma se enmarca en los principios del capital social: "La confianza, la asociatividad, la conciencia cívica, y la ética, son valores esenciales en la educación" (4). El programa puede ser aplicado como terapia para la recuperación de enfermos, tal y como fue aplicado en los centros de rehabilitación "El Pampero" y "El Oasis", en la ciudad de Carora Estado Lara.

Los programas de formación se realizan a través del diseño y facilitación de dieciocho (18) talleres de capacitación teórico-prácticos. Conjuntamente con los estudiantes, los constructores populares participan en la construcción de un módulo-semilla de vivienda quedando éste disponible para inducir procesos de crecimiento colectivo y generación de trabajo. Otra manera de involucrar a los alumnos en la práctica es a través del levantamiento de mensuras de las parcelas del barrio, además con las familias propietarias, los alumnos elaboran un proyecto de vivienda sustentable en sustitución del rancho original en el que actualmente viven. El trabajo realizado se fundamenta en el lema: "aprender-sirviendo aprender-haciendo" que se aplica a través de la construcción de módulos-semilla de viviendas como parte práctica del programa de enseñanza, los cuales son utilizado en locales para el desarrollo de actividades comunitarias.

La estrategia fundamental ha sido incorporar, tanto a docentes como a estudiantes, en proyectos de capacitación y entrenamiento a pobladores de barrios locales en el manejo de técnicas apropiadas

© 2025 ALCONPAT Internacional

de construcción de viviendas sustentables, utilizadas éstas para el incremento del capital social de las comunidades participantes y favoreciendo la interacción social universidad-entorno.
Este prototipo de enseñanza de la ingeniería ha sido aplicado 9 veces en diferentes cohortes de ingeniería civil de la UCLA y 3 grupos de arquitectura de la UCV, lo cual ha permitido evaluar los resultados según lo previsto en el proyecto original y mejorar cada vez más los contenidos y la estructura del modelo actual.

4 LOGROS

Uno de los logros de mayor impacto en la aplicación de este prototipo de enseñanza fue la incorporación en forma electiva durante 5 años, al plan de estudio del Decanato de Ingeniería Civil de la UCLA, a través de la asignatura de "Construcción de vivienda sustentable y capital social" y el seminario ´Escuela Comunitaria de Vivienda´ (5) a nivel del séptimo semestre de la carrera. Se ofrecieron durante 10 años servicios comunitarios y asistencia técnica a pobladores de barrios con microempresas en sus viviendas a través de un convenio con la Fundación Prosperar del Banco Central. El impacto de esta experiencia ha sido valorado cualitativamente por las respuestas de aceptación obtenida de los mismos beneficiarios, a través de encuestas y entrevistas. La fortaleza de esta experiencia es el cambio de paradigma en la enseñanza de la ingeniería y de la arquitectura con la incorporación del capital social como objeto de trabajo por parte de la universidad. Los objetivos y metas propuestas se cumplieron en un setenta por ciento (70%). Se ejecutaron tres trabajos de Investigación inscritos en el CDCHT y se construyeron tres módulos semillas en los barrios seleccionados y el inicio de la construcción del Centro de Servicio Comunitario del Decanato de Ingeniería de la UCLA. Además, se elaboraron y entregaron a los propietarios 20 mensuras de terrenos y 12 proyectos de viviendas sustentables para familias de los barrios Jacinto Lara y San Miguel Arcángel y con el auspicio del CONAVI (2001 y 2002) y FONACIT (proyecto 2102405) se ofrecieron más de cuatro mil (4.000) horas de asistencia técnica y capacitado más de 300 estudiantes de ingeniería, de arquitectura y constructores populares. Adicionalmente se graduaron 7 cohortes de constructores espontáneos, cada una en diferentes barrios del estado Lara: El Rosario, El Coreano, Los Pocitos, San Martín de Porras, La Cuesta Lara, Concha Acústica, El Cementerio, El Manzano y San Miguel Arcángel; trabajadores de la construcción que se han formado por su propia cuenta y construyen parte de la ciudad en forma espontánea. Destacando la labor realizada en barrios del Municipio Torres, Palavecino e Iribarren, a través de convenios con el Centro Jacinto Lara, con la Corporación de desarrollo endógeno y social del Estado Lara, con el Instituto Municipal de la Vivienda, con Fe y Alegría y con la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Más importante aún, se señala como un logro a ser destacado es la proyección de esta experiencia a través de seminarios realizados en el marco de los diferentes congresos internacionales CONPAT, promovidos por ALCONPAT Internacional y con el patrocinio del International Council for the research and building construtions CIB) Entre los países donde se realizaron estos seminarios se destacan:
República Dominicana, Ecuador, México, Paraguay, Uruguay, Indonesia Surabaya, Brasil y Pretoria en Sur África.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

La transferencia tecnológica en la construcción de viviendas sustentables en los barrios debe estar fundamentada en el uso de tecnologías apropiadas de construcción y en el desarrollo de competencias para el manejo de la construcción sustentable. La naturaleza de esta experiencia, su aporte a la formación de estudiantes técnicamente preparados y con responsabilidad social, y la preparación de constructores son logros muy importantes, que deben ser considerados como factores para mejorar la calidad de vida en los barrios y por lo tanto tenerlos en cuenta con mayor fuerza en las reformas curriculares de la enseñanza de la ingeniería y de la arquitectura
Se recomienda:

-Olvidar la vieja cultura de la clase magistral, utilizando para el aprendizaje la construcción de viviendas sustentables en los barrios, propiciando la relación horizontal, sin protagonismos, donde el ciudadano “aprenda a aprender” y a “solucionar problemas” en función de sus necesidades.

-Transformar los pensa de las carreras de Ingeniería Civil en las distintas facultades de las universidades nacionales fomentando el desarrollo de competencias, introduciendo diseños instruccionales que permitan la interconexión del recurso humano docente, de investigación, de extensión, y estudiantil para involucrarse en la solución del problema de vivienda con objetivos claramente definidos y con carácter continuo y permanente hacia la calidad.

-Implementar programas de enseñanza y extensión universitaria con objetivos similares en las otras universidades nacionales para contribuir con la solución del problema de vivienda a nivel nacional.

6 REFERENCIAS

Arrieta de B. l. y Jiménez A. (2005). Propuesta de asignatura obligatoria “Construcción de viviendas sustentables y capital social” Comisión curricular Decanato de ing. civil UCLA. Barquisimeto. Venezuela.

Arrieta de B., L, Moron., A, y Paredes., A. Retos de la ingeniería Estructural en los asentamientos humanos informales en Venezuela. Jornadas de Ingeniería estructural, Puerto Alegre Brasil 2023 y Academia Nacional de Ingeniería, Venezuela 2024.

Arrieta de B., L. (2001) Patologías más comunes en las construcciones espontáneas. Memorias V Congreso de Patología de la Construcción y IV de Control de Calidad CONPAT 01 Santo Domingo. República Dominicana.

Arrieta de B., L. y Bujanda J. (2003). Vulnerabilidad, amenazas y riesgos ante los desastres en los barrios informales urbanos en América Latina y el Caribe. Medios de vida sustentables. VI Congreso de Patología de la Construcción y V de Control de Calidad CONPAT 03 Yucatán. México.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Bolívar, T. Rosas I, Ontiveros T. y De Freitas, J. (1993). Densificación y vivienda en los barrios caraqueños. Contribución a la determinación de problemas y soluciones. Consejo Nacional de la Vivienda. Ministerio de desarrollo urbano. Caracas. Venezuela.

Bujanda, J. y Arrieta de B., L (2004). Riesgo público en los barrios. Caso de estudio barrio "Simón Bolívar". Barquisimeto. Venezuela. Trabajo de Grado de la Maestría de Gerencia de Construcción. UCLA. Barquisimeto. Venezuela.

Kliksberg, B. (2004). La Ética y el capital social cuentan. Facultad de ciencias sociales. Universidad de Carabobo. 1era edición. Venezuela.

Montilla, Alegda; Isea, Andreina y Arrieta de B. (1998). Patologías en Construcción Masiva de Viviendas de Interés Social. Tesis de Grado al título de Ingeniero Civil. N.º 001-IC98. Decanato de ing. civil UCLA. Barquisimeto. Venezuela.

Tipple. G (1998). The changing face of housing development. Congreso Internacional de Urbanismo y Vivienda: URVI 98. Barquisimeto. Venezuela

Toro, G. (2015). Amenaza sísmica sobre viviendas precarias pertenecientes a sectores populares. Caracas, Venezuela

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

Riesgo sísmico en viviendas populares

V. Páez[1*], O. A. López[2]

vpaez.maravilla@email.com

RESUMEN

Se evalúa el desempeño de viviendas populares ante terremotos. Se inspeccionaron 626 viviendas para tipificarlas. Ante cargas gravitatorias, la demanda excede la capacidad. Ante acciones sísmicas, la demanda excede la capacidad, aún con la inclusión de las paredes. Se realizaron análisis estáticos no lineales. Las paredes aumentan la rigidez y resistencia, pero generan modos de falla frágiles. Se desarrollaron curvas de fragilidad. Se estimaron daños esperados ante un sismo similar del 1812, en Caracas y La Güira, resultando que un alto porcentaje de viviendas sufrirían daño completo. Se concluye la necesidad de implementar programas de refuerzo sísmico, o de sustitución en casos críticos. Una limitación es la metodología de indicies de priorización, que se desarrolló con la Covenin 1756: 2001.

Palabras clave: Vivienda popular, Evaluación Sísmica, Fragilidad, Riesgo Sísmico.

[1] Caracas, Venezuela.
[2] IMME, Facultad de Ingeniería, UCV. Asesor de FUNVISIS, Caracas, Venezuela.

© 2025 ALCONPAT Internacional

1 INTRODUCCIÓN

Un porcentaje elevado de la población venezolana habita en viviendas construidas sin el seguimiento y cumplimiento de las normas técnicas de construcción que se encuentran localizadas en zonas de elevada amenaza sísmica. El último censo nacional indica que en Caracas aproximadamente un 70% de las viviendas son de carácter informal (INE, 2011). El terremoto de Haití de 2010 ocasionó unas 250.000 víctimas fatales, la mayoría producto del derrumbe de viviendas populares, poniendo en evidencia la elevada vulnerabilidad de las construcciones hechas sin criterios sismorresistentes. Esta investigación tiene como objetivo identificar las características estructurales y la vulnerabilidad de la vivienda popular en la Gran Caracas. Esta información es fundamental para una determinación posterior de los efectos esperados durante la ocurrencia de terremotos. En este trabajo entendemos por vivienda popular aquellas construcciones concebidas sin el cumplimiento estricto de las normas técnicas nacionales ni el seguimiento y supervisión por parte de un ingeniero ni de los organismos municipales encargados.

2 ANTECEDENTES

2.1 Trabajos de campo

Palladino y Perna (1983) como parte del proyecto iniciado en el IMME-FI-UCV sobre las viviendas de mampostería (López et al., 1986), recopilan algunas características estructurales de viviendas ubicadas en zonas sísmicas en algunos barrios de Caracas. Iris Rosas (1988) identifica las etapas constructivas de las viviendas en los barrios de Caracas. Se caracterizaron tres etapas constructivas, en la primera denominada “Ranchos” se implanta al terreno una vivienda precaria constituida por materiales de desecho. La segunda denominada “Mejora de vivienda” consiste en la adecuación de la vivienda por medio del reemplazo de los materiales precarios por materiales de construcción tales como bloques de arcilla, losa de tabelones y elementos confinantes de concreto armado. En la tercera denominada “Ampliación de vivienda” la estructura crece en planta o elevación según el contexto donde se encuentra ubicada. Bolívar et al. (1994) describe las características estructurales de un conjunto de viviendas populares en el barrio Santa Cruz de las Adjuntas, Parroquia Macarao y en los barrios Carpintero y Valle Alto, Municipio Sucre. Se señala que el sistema predominante es de mampostería estructural confinada, trabada y en pocos casos reforzada, aun cuando también se observó de manera significativa la utilización del sistema aporticado. Cano (2003) caracteriza los problemas estructurales típicos de las viviendas en el barrio de la Quebrada Anauco en Caracas y presenta propuestas de reforzamiento de estas edificaciones. En Rosas et al. (2008) se caracterizaron las tipologías constructivas de las viviendas de los barrios de Caracas, se describieron las técnicas y fases constructivas y los materiales de uso frecuente. Guerrero y Zeoli (2011) estudian las características estructurales de las viviendas populares en el Barrio Telares de Palo Grande en Caracas, determinan vulnerabilidad y riesgo en posibles escenarios sísmicos con na metodología simplificada.

2.2 Pruebas de laboratorio

A partir de la década de 1980 se inició en el IMME de la Facultad de Ingeniería de la UCV un programa de investigación de la vivienda popular de mampostería (López et al., 1986). Castilla (1998) estudió la resistencia a compresión y a corte de 9 muros de bloques de concreto de 15 cm de espesor, confinados por machones y vigas de corona, típicos de viviendas populares. Las

pruebas en pilas y muretes indicaron una resistencia media a compresión de 78 kg/cm² y a corte de 7,6 kg/cm². Se propuso una expresión para calcular resistencia máxima a cortante del muro. Marinilli (2007) determina las propiedades de 4 muros de bloques de concreto de 15 cm de espesor, variando el número de paños (1 a 3) y el número de machones confinantes. De los ensayos de pilas y muretes se obtuvo una resistencia a compresión de 68 kg/cm² y una resistencia al corte de 5,11 kg/cm². Se propone una expresión para determinar la resistencia máxima a corte la cual depende del número de machones presentes. Las propiedades mecánicas de las paredes de mampostería confinada de bloques de arcilla se presentan en Castilla (1994) y Castilla et al. (1995). Se ensayaron 10 muros de 15 cm de espesor, variando la esbeltez y la carga axial. La resistencia media a compresión de la mampostería fue de 17 kg/cm² y la del concreto armado de 210 kg/cm². Se proponen expresiones para determinar la deriva tolerable y la fuerza cortante máxima del muro. El estudio de muros de mampostería confinada de ladrillos de arcilla (piezas sin huecos) de 12 cm de espesor se presenta en (Lafuente y Genatios, 2000). La resistencia media a compresión de las pilas fue de 92,8 kg/cm² y a corte de los muretes fue de 6,6 kg/cm². Se propuso una expresión para determinar la máxima capacidad resistente del muro en función de su esbeltez y en función del nivel de carga axial. En el trabajo de Fernández y Marinilli (2004) se determinó la resistencia en bloques, ladrillos, pilas y muros, tanto de arcilla como de concreto, considerando diversos espesores comerciales. Como parte del Proyecto JICA (2004) se construyeron cuatro viviendas populares en un barrio de Caracas las cuales fueron ensayadas a carga lateral simulando la acción sísmica hasta alcanzar daño estructural considerable. Los ensayos mostraron falla por corte en columnas cortas, por flexocompresión en columnas largas y falla local en las paredes en contacto con las columnas.

2.3 Estudios de vulnerabilidad y riesgo

Mebarki y Valencia (2003) proponen una metodología de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de construcciones informales en mampostería. La probabilidad de falla frente a un sismo no está basada sobre un análisis mecánico sofisticado sino sobre una clasificación de la vulnerabilidad según diversos criterios mecánicos admitidos. El proyecto JICA (2004) evaluó el desempeño sísmico de edificaciones en el área metropolitana de Caracas, incluyendo viviendas populares. La simulación del sismo de Caracas de 1967 indica que un 3,9 % de las viviendas de barrio serían severamente dañadas. Castillo et al. (2011) estudiaron el riesgo sísmico de un asentamiento informal urbano en la ciudad de Mérida mediante el método del Índice de Vulnerabilidad Italiano (IVIM). En un escenario sísmico de intensidad IX, más del 32% de los edificios sufrirán daño extenso o mayor. Bendito et al. (2014) estimaron pérdidas probables para la ciudad de Mérida utilizando el modelo de HAZUS. El tipo de edificación de mampostería no reforzada el cual corresponde al 70% de las construcciones del Estado Mérida es el que presenta mayores daños; el 15% de estos edificios sufre daño completo para un sismo de 0,37 g con periodo de retorno de 475 años y magnitud 7,5. Fuentes y Palacios (2014) como parte del Proyecto SismoCaracas de FUNVISIS. Estudiaron una vivienda popular del barrio Telares de Palo Grande en Caracas y cuantificaron la vulnerabilidad y el riesgo sísmico de la misma. Páez (2016) estudia el desempeño sísmico de viviendas informales en Caracas y desarrolla curvas de fragilidad para tipologías estructurales típicas. En el ámbito internacional, en FEMA-NIBS (2009) se proponen curvas de fragilidad para edificaciones de mampostería sin reforzar y reforzada construidas en diferentes épocas en los Estados Unidos.

© 2025 ALCONPAT Internacional

3 CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS POPULARES

3.1 Metodología para la inspección rápida

Se aplicó el método de inspección rápida de edificaciones descrito en el trabajo de (López, Coronel y Rojas, 2014), particularizándolo para viviendas populares. La información se recopila en campo con una planilla, a partir de la cual se calcula el Índice de Vulnerabilidad (I_V) que se define por:

$$I_V = \sum_{i=1}^{6} \alpha_i . I_i \qquad (1)$$

Donde I_i es el Índice de la Vulnerabilidad específica "i" y $\langle_i$ es su peso relativo. Cada índice I_i tiene una cota superior de 100, por lo que I_V está también acotado a 100.
El índice de Vulnerabilidad I_V dado por la Fórmula 1 se califica como se muestra en la Tabla 1. Los cuatro edificios formales que se derrumbaron en Caracas en 1967 y las dos escuelas derrumbadas en Cariaco en 1997 tenían valores de I_V entre 54 y 69.

Tabla 1. Calificación de la vulnerabilidad.

Calificación de Vulnerabilidad	I_V
Muy Elevada	$60 \leq I_V \leq 100$
Elevada	$40 \leq I_V < 60$
Media Alta	$30 \leq I_V < 40$
Media Baja	$20 \leq I_V < 30$
Baja	$10 \leq I_V < 20$
Muy Baja	$0 \leq I_V < 10$

3.2 Inspecciones realizadas

Se realizaron inspecciones en 626 viviendas de sectores populares de Guarenas-Guatire y la Gran Caracas durante los años 2011 y 2012, que se describen en la Tabla 2. Las inspecciones contaron con el apoyo del grupo de ingenieros del Convenio Cuba-Venezuela y de estudiantes de las universidades UCV y Unefa.

Tabla 2. Cantidad de viviendas inspeccionadas por sector popular, en los años 2011 y 2012.

Guarenas y Guatire		Caracas	
Barrio	**N° de viviendas**	**Barrio**	**N° de viviendas**
Brisas de Campo Alegre	1	Camboya	66
El Jabillo	58	Casco Histórico Central	2
Guacarapa	15	La Candelaria	1
La Guairita	59	La Silsa	89
Las Casitas	84	Los Pajaritos	34
Ochoa	14	Los Telares	63
Ruiz Pineda	8	Maripérez	3
Terrazas del Araguaney	8	Santa Rosa	77
Valle Verde	28	-	-
Zulia	6	-	-
Zumba	10	-	-
Total	291	Total	335

3.3 Tipologías y características estructurales de la vivienda popular

Con base a las inspecciones realizadas, siguiendo la metodología descrita en la Sección 3.1, se identificaron cinco tipos estructurales característicos de las 626 viviendas examinadas los cuales se describen en la Tabla 3 con su porcentaje correspondiente. Se indica allí el Tipo Estructural asociado. La Figura 1 presenta imágenes características de estos tipos estructurales. De la Tabla 3 se aprecia que el tipo estructural predominante es el sistema mixto de pórticos y mampostería de baja calidad constructiva con un 60,4%, seguido de la mampostería no confinada con un 24,6 %.
Se entiende como sistema mixto de pórticos y mampostería de baja calidad constructiva a aquellas estructuras que están constituidas por vigas y columnas de concreto armado y paredes de bloques de arcilla que cumplen una función portante. En ciertos casos se observan bloques de concreto. La baja calidad constructiva se debe al limitado poder adquisitivo de los interesados, al uso de materiales de baja resistencia, a la mala calidad de la mano de obra y a la poca o ninguna supervisión de la construcción. Las viviendas de construcción precaria (8,5 %) y las de bahareque (0,5 %) solo se observaron en Guarenas-Guatire. La distribución porcentual del número de pisos se muestra en la Tabla 4. Predominan las viviendas de un piso con un 44,5 % y las de dos pisos con un 33,4 %. No se observaron viviendas mayores a 6 pisos. Las viviendas de 4, 5 y 6 pisos representan un 3,9 %. Un 58 % de la muestra de viviendas no posee drenajes y un 42 % si cuenta con ellos. Un 72 % se encuentran ubicadas en laderas de las montañas, un 26 % se encuentran en planicie y el 2 % restante en la cima de las montañas.

© 2025 ALCONPAT Internacional

Tabla 3. Descripción y distribución porcentual de tipologías estructurales.

Descripción	%
Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos. (Figura 1f).	47,6
Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos. (Figura 1e).	12,8
Vivienda de mampostería no confinada: Estructura compuesta por muros de bloques trabados y unidos por mortero (Figura 1c).	24,6
Vivienda de construcción precaria: Estructura constituida por materiales de desecho tales como láminas de zinc, madera, cartón piedra, tierra y otros. (Figura 1a).	8,5
Vivienda de mampostería confinada: Estructura compuesta por muros de bloques trabados unidos por mortero, enmarcados por elementos de concreto armado denominados machones (elementos verticales) y vigas de corona (elementos horizontales) (Figura 1d).	6,0
Vivienda de bahareque: Estructura constituida por caña brava entretejida y barro, con paredes frisadas en la mayoría de los casos (Figura 1b).	0,5

Tabla 4. Distribución porcentual del número de pisos.

Número de pisos	1	2	3	4	5	6
%	44,5	33,4	18,0	3,0	0,8	0,1

(a) Construcción precaria.



(b) Bahareque.



(c)Mampostería no confinada.



(d) Mampostería confinada.



(e) Sistema mixto.



(f) Sistema mixto.



Figura 1. Tipologías estructurales típicas de las viviendas populares.

De mediciones efectuadas en un grupo más reducido de viviendas, correspondientes al sector Los Telares, se observó que ellas presentan en general similitudes en la geometría de las secciones de los elementos de concreto armado. La sección típica de las vigas es de 20 cm x 20 cm y la de las columnas es de o de 20 cm x 20 cm en las viviendas de 1 o 2 pisos y de 25 cm x 25 cm en las de mayor altura. La distancia entre ejes de columnas varía entre 1 metro y 5 metros, pero se aprecian valores predominantes alrededor de los 3 metros. La altura característica de entrepiso es de 2,40 m. Predominan las paredes de bloques de acilla, con bloques de 15 cm de espesor, 30 cm de largo y 20 cm de alto. Los bloques de concreto más comunes son de 20 cm de espesor, 30 cm de largo y 20 cm de alto, los cuales son principalmente empleados para la construcción de muros o paredes que estarán en contacto con el terreno.

Las losas de entrepiso generalmente están constituidas por tabelones (bloques de arcilla) con un largo de 80 cm, alto de 8 cm y ancho de 20 cm, con perfiles IPN 80. Sin embargo, se observa en menor proporción el uso de las siguientes losas: a) Placa de entrepiso de tabelones con nervios de concreto con un acero longitudinal de 3/8” y estribos de 3,2 mm cada 20 cm aproximadamente; b) Losa de concreto armado con barras de ½” y de 3/8” entrelazadas, con un vaciado de concreto; c) Losacero, lámina corrugada de acero y un vaciado de concreto armado sobre ella. Las losas de techo son livianas y en caso que se planifique ampliar la vivienda a futuro se emplea una losa de entrepiso. El acero de refuerzo más usado para los elementos estructurales es de un diámetro de 1/2" pero pueden también ser de 1/4” o 5/8”. La superficie de las cabillas generalmente es corrugada. Para los estribos y ligaduras se usan cabillas de superficie lisa de 1/8” de diámetro.

El concreto es usado para construir fundaciones, machones y columnas, vigas de corona y losetas de entrepiso o techo. Para la elaboración de estos elementos la mezcla comúnmente empleada es de un saco de cemento (42,5 Kg), seis latas de arena lavada gris, tres latas de piedra picada N° 1 (o en su defecto N° ¾) y cuatro a cinco latas de agua. En la Tabla 5 se muestran los resultados de ensayos de núcleos extraídos en viviendas existentes del barrio Telares de Palo Grande. La media de los ensayos es de 131 kg/cm^2. La mezcla para el mortero para unir los bloques en las paredes es de medio saco de cemento (21,25 kg aproximadamente), ocho latas de arena y cuatro o cinco latas de agua. Para un saco de cemento (42 kg), se emplean diez latas de arena y cuatro a cinco latas de agua.

Tabla 5. Resistencia del concreto en núcleos de viviendas del Barrio Telares de Palo Grande, determinadas en el año 2013.

Núcleo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Resistencia (kg/cm^2)	107	78	107	210	151

3.4 Índices de vulnerabilidad y riesgo

Se calculó el Índice de Vulnerabilidad (I_V) dado por la Fórmula (1) para cada una de las 626 viviendas inspeccionadas. Los índices de vulnerabilidad varían entre 50 a 93, los cuales de acuerdo a la Tabla 1 se corresponden con una vulnerabilidad elevada (8%) a muy elevada (92%). Como referencia se tiene que el Liceo Raimundo Martínez Centeno y la escuela Valentín Valiente, edificios escolares de construcción formal que se derrumbaron ante el sismo de Cariaco de 1997, poseían índices de vulnerabilidad de 49,7 y 59,7 respectivamente. El edificio Mijagual derrumbado en el sismo de Caracas de 1967 tenía un índice de 67,2 (López et al, 2014). El valor promedio de

© 2025 ALCONPAT Internacional

I_V es de 73, lo cual indica que las viviendas inspeccionadas son muy vulnerables ante acciones sísmicas.

4 MOVIMIENTO SÍSMICO PARA DAÑO ESTRUCTURAL COMPLETO

4.1 Idealización de la estructura y movimiento sísmico

Se seleccionó un pórtico representativo de las viviendas de los barrios, de dos vanos con longitudes de 2,4 m cada uno y 3 niveles con alturas de 2,7 m, los dos primeros con losas de tabelones teniendo el tercer nivel un techo liviano. Para efectos del análisis se modela una estructura de dos niveles y la masa del último entrepiso se añade al segundo nivel. Las columnas son de 20 cm x 20 cm y las vigas de 15 cm x 20 cm. Las paredes de bloques de arcilla son de 15 cm de espesor sin frisar. El acero longitudinal de los elementos estructurales (vigas y columnas) es de 4 ⧵ 1/2" y el acero transversal está constituido por barras de 1/8" separadas cada 20 cm.

Para la asignación de las cargas de gravedad se consideró un área tributaria para el pórtico de 14,58 m² con una carga variable de 175 kg/m^2. La carga permanente incluyendo losa, paredes y estructura es de 746 kg/m^2. El peso sísmico que incluye el 25 % de las cargas variables es de 27,6 toneladas, de las cuales 11,5 corresponden al Nivel 1 y 16,1 al Nivel 2 el cual incluye el peso del Nivel 3. Para los materiales se consideró una resistencia media del concreto de 130 kg/cm^2 y una resistencia cedente media del acero de 5.250 Kg/cm². Se adopta una resistencia a compresión de la mampostería de bloques de arcilla de 12 Kg/cm², una resistencia al corte de 2 Kg/cm^2 y un módulo de elasticidad de 6.000 Kg/cm². Para el análisis se consideró una rigidez efectiva igual al 75 % de la rigidez de las secciones gruesas, juntas rígidas y columnas empotradas a nivel de las fundaciones. Se consideran cuatro estructuras posibles según sea la presencia de las paredes. Las estructuras a ser analizadas se muestran en la Figura 2. Las estructuras típicas son las numeradas 2, 3 y 4 que contienen paredes, pero se añade la Estructura 1 sin paredes para propósitos comparativos. Los periodos de vibración del modo fundamental de cada estructura se muestran en la Figura 2, notándose el aumento significativo de rigidez que introducen las paredes.

La acción sísmica se describe por las formas espectrales de aceleraciones para cuatro condiciones de sitio (Figura 3) correspondientes a la microzonificación sísmica de la ciudad de Caracas: R3-T0 es roca sin efectos topográficos, R3-T2 es roca con pendiente mayor o igual a 37º, con efectos topográficos, 4-2 es un suelo intermedio con VS30 entre 185 m/s y 325 m/s y profundidad entre 60 a 120 metros, y 6-2 es un suelo suave con VS30 menor que 185 m/s y profundidad mayor que 220 metros (FUNVISIS, 2009).

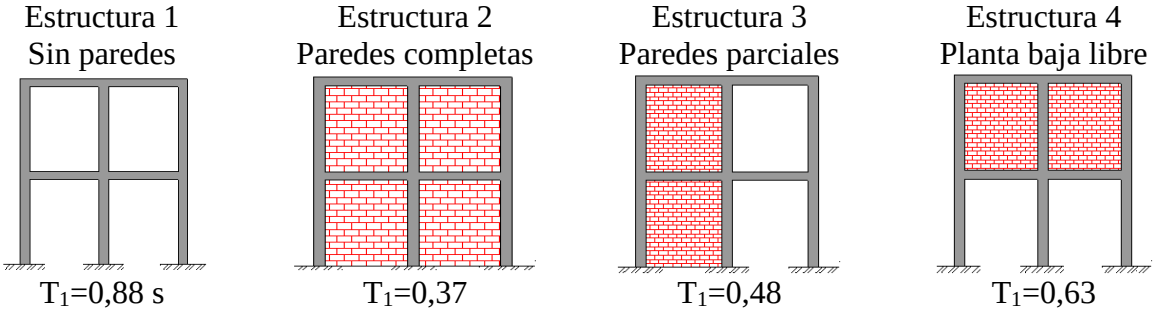


Figura 2. Estructuras consideradas para el análisis.

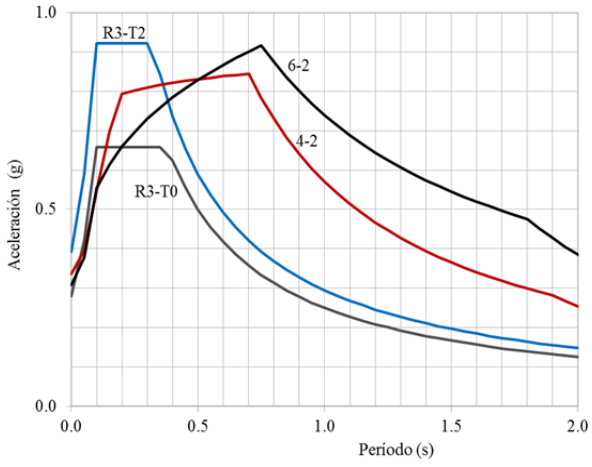
4.2 Capacidad estructural y aceleraciones asociadas a daño completo

Las estructuras fueron analizadas para un empuje lateral progresivo aplicado estáticamente, desde una carga inicial de cero la cual se incrementó progresivamente hasta producir un estado de daño completo. El patrón de carga lateral sigue la forma del primer modo de vibración de cada estructura. Se empleó una biela diagonal equivalente para el modelado de las paredes de la vivienda. Las propiedades, rigidez y resistencia de la biela se determinaron según se recomienda en el ASCE 41-13 (ASCE, 2013). El ancho de la biela equivalente es de 35 cm y su resistencia a compresión es de 3 t.

Para el análisis inelástico se considera un modelo de plasticidad concentrada definiendo rótulas plásticas a flexocompresión en los extremos de columnas, rótulas plásticas a flexión en los extremos de vigas, rótulas frágiles a corte en las columnas y rótulas frágiles a compresión axial en las bielas que representan las paredes. Las deformaciones plásticas máximas en vigas, columnas y paredes se toman del ASCE 41-13 (ASCE, 2013), en donde se consideran como elementos de baja ductilidad. Para las columnas se tiene una rotación plástica máxima de 0,012 radianes y para las vigas de 0,020 radianes, las cuales son seguidas de una caída de resistencia hasta alcanzar una resistencia residual del 20% de la resistencia cedente. El análisis estático no lineal se efectuó con el programa SAP2000 (CSI, 2011).

La Figura 3b muestra la curva de capacidad para cada una de las estructuras; se grafica la relación entre la carga lateral aplicada, dividida entre el peso de la estructura, y la deriva global la cual es igual al desplazamiento lateral del último nivel dividido entre la altura total (4,80 m). La Estructura 1 (Pórtico sin paredes) alcanza una deriva máxima del 20 por mil y una resistencia máxima de aproximadamente 17 % del peso. La presencia de paredes en todos los vanos y en todos los niveles (Estructura 2) aumenta la resistencia hasta un 30 % del peso, pero disminuye la deriva máxima hasta aproximadamente un 10,5 por mil, en relación a la estructura sin paredes. La presencia de paredes en un solo vano (Estructura 3) representa una situación intermedia entre los dos casos descritos de las Estructuras 1 y 2. La presencia de una planta baja libre por la ausencia de paredes en el primer nivel (Estructura 4) da lugar a una conducta más frágil, disminuyendo la capacidad de deformación de la estructura hasta aproximadamente 10 por mil.

a. Espectros de aceleraciones para cada sitio



b. Curvas de capacidad para cada estructura.

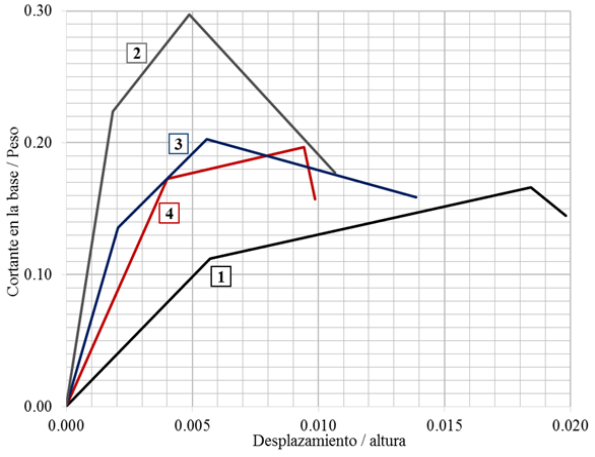


Figura 3. Espectro de aceleraciones y curvas de capacidad para cada estructura.

© 2025 ALCONPAT Internacional

El daño estructural completo se define al alcanzarse el desplazamiento último indicado en las curvas de capacidad de la Figura 3b para cada estructura. Para cada estructura y cada forma espectral, se determinó la aceleración del terreno en roca que ocasiona que se alcance el desplazamiento último, determinada mediante el método de los coeficientes (ASCE, 2013), las cuales se presentan en la Tabla 6. Se aprecia que la incorporación de las paredes conduce a una mayor aceleración y por tanto menor vulnerabilidad, para todos los tipos de suelos, a excepción de la estructura con planta baja libre en donde la inclusión de las paredes reduce notablemente la aceleración que resiste la estructura debido a la activación de mecanismos de falla frágil. Las estructuras más vulnerables son las ubicadas sobre suelo blando (6-2).

Tabla 6. Aceleración (g) en roca para alcanzar el estado de daño completo.

Estructura		Tipo de Suelo			
		R3-T0	R3-T2	4-2	6-2
1	Sin paredes	0,41	0,35	0,18	0,14
2	Paredes completas	0,44	0,36	0,34	0,34
3	Paredes parciales	0,48	0,41	0,29	0,28
4	Planta Baja libre	0,24	0,21	0,11	0,10

5 CONCLUSIONES

De los resultados de la inspección de 626 viviendas populares pertenecientes a 15 barrios de las ciudades de Guarenas y Guatire y Caracas, se infiere que el tipo constructivo más común es el sistema mixto de pórticos y mampostería de baja calidad constructiva (60,4 %) seguido del de mampostería no confinada (24,6 %), construcciones precarias de diversos materiales (8,5 %), mampostería confinada (6 %) y bahareque (0,5 %). El sistema mixto de pórticos y mampostería de baja calidad constructiva se caracteriza por una estructura compuesta por la combinación de dos tipos: 1) pórticos de concreto armado rellenos o no con paredes, y 2) paredes de mampostería sin confinar que cumplen una función portante, ambos tipos de baja calidad de construcción.

En los barrios inspeccionados predominan las viviendas de un piso con un 44,5 % y las de dos pisos con un 33,4 %. No se observaron viviendas mayores a 6 pisos. Las viviendas de 4, 5 y 6 pisos representan un 3,9 %. De inspecciones detalladas hechas en 63 viviendas se aprecian valores predominantes de altura de entrepiso de 2,40 m, secciones de elementos de concreto armado de 20 cm x 20 cm y 25 cm x 25 cm, y distancias entre ejes de columnas con valores predominantes alrededor de los 3 metros. El valor promedio del índice de vulnerabilidad sísmica para la muestra de viviendas inspeccionadas es de 73, el cual se cataloga como muy elevado. Dicho índice supera a los valores de vulnerabilidad obtenidos para el edificio Mijagual el cual se derrumbó en el sismo de Caracas de 1967 y para el Liceo Raimundo Martínez Centeno y la escuela Valentín Valiente derrumbados en el sismo de Cariaco de 1997.

Se estudió analíticamente en detalle una estructura típica de un pórtico plano, considerando cuatro configuraciones distintas variando la distribución de las paredes. El análisis estático no lineal indica que la estructura sin paredes alcanza una deriva máxima del 20 por mil y una resistencia máxima de aproximadamente 17 % del peso. La presencia de paredes en todos los vanos y en todos los

niveles aumenta la resistencia hasta un 30 % del peso, pero disminuye la deriva máxima hasta aproximadamente un 10,5 por mil, en relación a la estructura sin paredes. La presencia de paredes en un solo vano de la estructura da lugar a una resistencia y a una deriva máxima comprendida entre los dos casos anteriores. La presencia de una planta baja libre por la ausencia de paredes en el primer nivel da lugar a una conducta más frágil, disminuyendo la capacidad de deformación de la estructura hasta aproximadamente 10 por mil. Para cada forma espectral se determinó la aceleración del terreno en roca que ocasiona que se alcance el desplazamiento último de la estructura. La inclusión de paredes aumenta la aceleración que resiste la estructura para todos los tipos de suelos, a excepción de la estructura con planta baja libre, en donde se reduce notablemente la aceleración debido a la activación de mecanismos de falla frágil. Las estructuras más vulnerables son las ubicadas sobre suelo blando.

Se recomienda la extensión de esta metodología de evaluación a otros barrios del país, así como el desarrollo de programas de evaluación detallada y eventual reforzamiento estructural de viviendas populares a fin de reducir el riesgo sísmico.

6 AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen el financiamiento aportado por el FONACIT, Proyecto Nº 2011000716, desarrollado en FUNVISIS como Proyecto SismoCaracas, y a los demás miembros del Grupo de Trabajo que participaron en las inspecciones.

7 REFERENCIAS

Informes:

Fernández, N. y Marinilli A. (2004). Evaluación de Muros Portantes del Proyecto de Investigación Desarrollo de Sistema de Muros de Mampostería Estructural Confinada de Rápido Montaje para la Vivienda de Bajo Costo. Informe Nº 209790-A. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Facultad de Ingeniería de la UCV.

JICA (2004). Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas en la República Bolivariana de Venezuela. Informe Final. Pacific Consultants International en asociación con OYO International Corporation.

Rosas I., Marcano I., Machado C. (2008). Clasificación tipológica de estructuras existentes en las viviendas autoproducidas en barrios urbanos. Informe de Avance 2. CRU FAU-UCV.

Revista:

López, O., Coronel, G., Rojas, R. (2014). Índices de Priorización para La Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existente. Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V., Vol. 29, N° 4, pp. 107-126, 2014

Marinilli A. (2007). Muros de Mampostería Confinada con Bloques de Concreto. Boletín Técnico IMME, Vol. 45, Nº 2, 2007.

Mebarki A. y Valencia N. (2003). Vulnerabilidad Sísmica de Construcciones Informales en Mampostería: Riesgos Sísmicos y Mapas SIG. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, Vol. 8, N° 2, 2003.

Rosas I. (1988). Construcción y Calidad de las Viviendas en los Barrios. Revista Tecnología Construcción #4, IDEC, Diciembre 1988.

Libro:

© 2025 ALCONPAT Internacional

Bolívar, T.; Guerrero, M.; Rosas, I.; Ontiveros, T.; De Freitas, J. (1994). Densificación y Vivienda en los Barrios Caraqueños. Contribución a la determinación de problemas y soluciones. Premio Nacional Investigación en Vivienda 1993. Caracas: Conavi-Mindur.
Castilla E. (1994). Recomendaciones para el Diseño Sismorresistente de Paredes de Mampostería Confinada de Bloques Huecos de Arcilla. En: Contribuciones Recientes a la Ingeniería Estructural y Sismorresistente, Editores O. A. López, E. Castilla, M. Lafuente, C. Genatios y M. Cerrolaza. SVMNI. Páginas 333 - 345.
Castillo A., López-Almansa F. y Pujades L. G. (2011). Seismic Risk Analysis of Urban Non-Engineered Buidlings: Application to an Informed Settlement in Merida, Venezuela. NatHazards, 59: 891-916.
Tesis:
Cano P. (2003). Rehabilitación de viviendas en zonas de barrios: Caracterización, diagnóstico y propuestas de Reforzamiento estructural. Aplicación a un caso de estudio en el sector 11 de agosto, Quebrada Anauco, Caracas. Trabajo De Grado Para optar al Título de "Magister Scientiarum" en Desarrollo Tecnológico de la Construcción en Idec-Fau-UCV.
Castilla E. (1998). Evaluación de la Respuesta de Muros Confinados de Bloques de Concreto contra Ciclos Severos de Carga Lateral. Tesis Doctoral presentada ante la Universidad Central de Venezuela. Caracas, Diciembre de 1998.
Fuentes J. y Palacios L. (2014). Evaluación Sísmica de Viviendas Populares del Barrio Los Telares de Palo Grande. Trabajo Especial de Grado de Ingeniero Civil, IMME, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.
Guerrero A. y Zeoli G. (2011). Efectos de los Terremotos sobre las Viviendas Populares de un Sector del Barrio Telares de Palo Grande. Trabajo Especial de Grado de Ingeniero Civil, IMME, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Tutor: Gustavo Coronel.
Paez V. (2016). Trabajo Especial de Grado de Magister Scientiarum en Ingeniería Sismorresistente. IMME, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.
Palladino B. y Perna O. (1983). Características Estructurales de Viviendas de Mampostería Ubicadas en Zonas Sísmicas. Trabajo de Grado. Facultad de Ingeniería UCV.
Memorias en Congresos:
Castilla E., Lafuente M y Genatios C. (1995). Sobre el Comportamiento Sismorresistente de Estructuras de Muros de Mampostería. III Congreso Internacional Energía, Ambiente e Innovación Tecnológica. Caracas 5 al 11 de noviembre de 1995.
López O. A., Castilla E., Genatios C., Lafuente. y Carvajal O. (1986). Estudios en Mampostería Estructural, Vivienda 86, Exposición y Encuentro Venezolano de la Vivienda, Vol. 1, 1- 38, Julio de 1986, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
Lafuente M. y Genatios C. (2000). Experiencias sobre el Comportamiento Sísmico de Estructuras de Muros de Mampostería. En: Desastres Sísmicos en Desarrollo, Seminario 2000, Caracas, Febrero 2000.
Normas:
ASCE (2013). Seismic rehabilitation of existing buildings. ASCE 41-13. American Society of Engineer Civil. Virginia, EEUU.
FEMA-NIBS (2009). Multi-hazard Loss Estimation Methodology Earthquake Model HAZUS-MH MR4, Advance Engineering Building Module, Technical and User's Manual. Federal Emergency Management Agency & National Institute of Building Sciences. Washington D.C.

Referencias web
Bendito A., Rozelle J., Bausch D. (2014). Assessing Potential Earthquake Loss in Mérida State, Venezuela, Using Hazus. Int J Disaster Risk Sci, www.ijdrs.com, www.springer.com/13753.
FUNVISIS (2009). Informe Técnico Final, Volumen 1 Caracas, Proyecto de Microzonificación Sísmica en las Ciudades Caracas y Barquisimeto. Proyecto FONACIT 200400738. Descargable desde http://www.funvisis.gob.ve.
INE (2011). XIV Censo Nacional de Población y Vivienda. Venezuela. https://n9.cl/lurao.

COMENTARIOS FINALES
Esta investigación forma parte de un capítulo de un libro que se editó en el presente año.

© 2025 ALCONPAT Internacional

CONCURSO DE TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

RESULTADOS DEL CONCURSO

En el marco del Congreso se premiaron los tres mejores Trabajos Especiales de Grado en el área del control de calidad, patología y recuperación de la construcción.

La actividad estuvo coordinada por las profesoras María Alice Olavarrieta (UCLA) y Nargelith Gallardo (UNIMET), junto a un comité de siete árbitros pertenecientes al Comité Científico.

Concursaron 12 trabajos de distintas universidades nacionales. El comité evaluador analizó primero los resúmenes que fueron recibidos y seleccionaron tres finalistas, quienes debieron defender su propuesta en una presentación de 15 minutos cada uno. Los ganadores fueron los siguientes:

Primer Lugar:

Validación del proceso de detección de delaminaciones en miembros estructurales de concreto a partir del uso de la termografía infrarroja como método de ensayo no destructivo- Fase I"

Autores: Abdel Kartali, Thayris González (Universidad Católica Andrés Bello)

Finalistas:

Caracterización de fallas y estimación de la vulnerabilidad sísmica cualitativa de dos edificaciones escolares en concreto armado ubicadas en el municipio José Laurencio Silva, estado Falcón.

Autores: Gabriela Andrea Pérez L., Daniela Rojas (Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado)

Propuesta de tablas de predimensionado para vigas y correas en estructuras metálicas sismorresistentes a través de hojas de cálculos aplicando las normas AISC 360-22 y AISC 341-22.

Autores: Isabella Valverde, Muayad Hammoud (Universidad Metropolitana)

¡Felicitaciones a los ganadores!

© 2025 ALCONPAT Internacional

ACUERDO ENTRE ALCONPAT-Ve Y LA ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA Y EL HÁBITAT DE VENEZUELA (ANIH)

)

Reseña sobre el Convenio ALCONPAT-Ve y la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat

1. Este convenio firmado en el mes de Julio del 2024 entre la ANIH y "ALCONPAT-Ve" en su condición de Socio Colectivo Protector de "ALCONPAT Internacional".

2. Los objetivos son: la cooperación y colaboración mancomunada en aspectos relacionados con la formación profesional, el intercambio científico-técnico, el apoyo a proyectos de investigación, el desarrollo tecnológico y la ejecución de asesorías conjuntas en temas generales asociados al Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, con énfasis en concientizar a ingenieros, arquitectos y a la comunidad en general, sobre la importancia de la durabilidad, vida útil y sostenibilidad de las obras civiles en el marco del objetivo N° 11 de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible promovida por la ONU (Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles).

3. Los programas que se desarrollen en el cumplimiento de este convenio marco y regulados por los respectivos convenios específicos, podrán referirse a materias como:

   3.1 La promoción, creación y funcionamiento de grupos de investigación en las áreas de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción.

   3.2 La organización de actividades docentes, programas de formación continua o esporádicos y otros esfuerzos de formación permanente para el desarrollo de competencias profesionales en materia de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción entre actores académicos, institucionales y comunitarios.

   3,3 La organización de foros. congresos, seminarios, jornadas, conferencias y otras actividades de extensión universitaria.

   3.4 La realización de proyectos de cooperación para el asesoramiento a comunidades e instituciones en las áreas de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción.

   3.5 Edición conjunta de textos, revistas, monografías de cualquier tipo, que responden al interés común de ambas instituciones, respetando siempre la normativa vigente en materia de propiedad intelectual.

4.- El encargado de realizar seguimiento y representar a ALCONPAT es el Ing. Carlos Rodríguez en su condición de delegado internacional por Venezuela.

5.- El Conpat 2024 se realizó con el auspicio entre otros de la Academia. Está previsto para este año 2025 en conjunto con la ANIH la realización de un Foro sobre: "Situación actual de la intervención del patrimonio edificado en Venezuela" para el 29 de agosto 2025. Coordinadores: Carlos Rodríguez, Alfredo Urich y María Eugenia Marante.

Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat

ALCONPAT-Ve

CONCLUSIONES

Apreciados colegas, con la publicación de estas memorias del VI CONPAT-Ve 2024, se culmina el evento, cuya organización se inició con mucha motivación hace más de un año y que hoy en día habiendo transcurrido 4 meses después de su realización en el mes de octubre de 2024, se considera un gran logro.

En primer lugar, en nombre del comité organizador y del mío propio, agradecemos a Dios por haber permitido reunirnos de manera presencial, después de tantos años de ausencia, para así contribuir con la integración profesional de ingenieros, arquitectos y afines e impulsar un intercambio técnico, científico y humano, que contribuya al desarrollo de nuestras comunidades, de nuestro país e incluso del mundo.

De igual manera, como organizadores agradecemos a los más de 400 participantes (entre profesionales y estudiantes), 15 conferencistas invitados, 34 ponentes orales y de póster, a más de 20 patrocinadores y aliados institucionales, y por supuesto a la Universidad Católica Andres Bello, UCAB, institución que nos brindó sus maravillosos espacios y cuyo personal se constituyó en excelentes anfitriones.

El congreso contó con la presencia de conferencistas de gran valía nacionales e internacionales de España, México, Colombia, Portugal, Venezuela, y representantes de la asociación ALCONPAT Internacional. También asistieron delegaciones de diversos estados del país, entre ellos: Anzoátegui, Aragua, Bolívar, Carabobo, Distrito Federal, Lara, Mérida y Zulia; siendo las más numerosas, después de la región capital, las de los estados Lara y Carabobo.

Con relación al aspecto técnico, se recibieron 50 trabajos que después de una revisión y arbitraje de al menos 3 especialistas, se aceptaron 36; se abordaron diversas áreas, cuyos trabajos se presentan en estas memorias y que serán de referencia para el ejercicio profesional en el campo de la ingeniería, arquitectura e investigación, en Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, incluyendo aspectos de Sostenibilidad y Ambiente, tan necesarios en estos tiempos.

Las áreas específicas tratadas fueron: Normas y criterios para el control de calidad con 3 trabajos, Materiales de construcción con 9 trabajos, Métodos evaluación y ensayos con 5 trabajos, Corrosión y durabilidad de las construcciones con 8 trabajos, Evaluación y adecuación de estructuras con 6

trabajos, Restauración de obras patrimoniales, con 3 trabajos y finalmente Vulnerabilidad de los asentamientos urbanos informales con 2 trabajos.

Es muy importante destacar que el programa del evento ofreció espacios de discusión e intercambio entre los diversos profesionales, conferencistas, patrocinantes, ponentes y asistentes en general, lo cual se alcanzó de una manera más humana, no sustituible por intercambios a distancia a través de medios digitales. Algunos de ellos fueron, la participación del Colegio de Ingenieros de Venezuela cuyo representante presentó aspectos de ética y la ley del ejercicio de la ingeniería; el conversatorio: "El Rizoma de una Adecuación Patrimonial"; la firma del acuerdo entre la Asociación Venezolana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción - Delegación Venezuela (ALCONPAT-Ve) y la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH); la exposición de diversos productos presentados por los patrocinadores.

Considerando que los estudiantes de ingeniería, arquitectura y afines constituyen la generación de relevo que debe abanderar desde ya los problemas y soluciones del área, el reconocimiento a la masiva representación estudiantil se hizo presente con el concurso de trabajos especiales de grado y la premiación de los tres mejores.

Para finalizar, se destaca la necesidad de velar por la continuidad del evento de manera presencial, el próximo congreso nacional debe celebrarse el año 2026, queda pendiente la selección de la sede, en este caso es un compromiso de la junta directiva la nominación y escogencia lo antes posible, para lo cual exhortamos a cada delegación para organizarse y postularse para el próximo VII CONPAT-Ve 2026.

Muchas gracias por acompañarnos en el 2024 y esperamos contar con la presencia de todos en el próximo.

Atentamente,

Rosa Malave de Corrales
Coordinadora Comité Científico
VI CONPAT-Ve 2024

© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

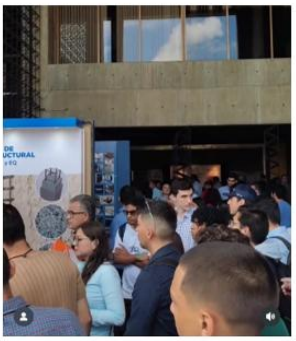
GALERÍA DE FOTOS

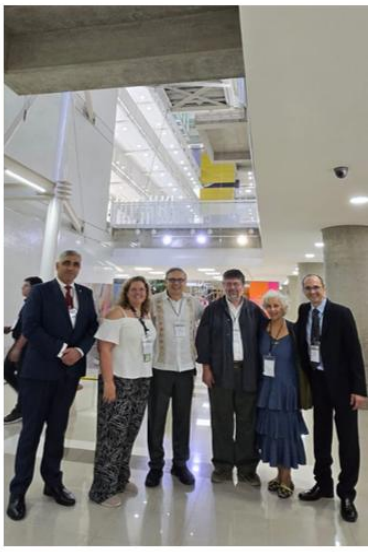
© 2025 ALCONPAT Internacional


Congreso Venezolano de Control de Calidad,
Patología y Recuperación de
Caracas, 25 y 26 octu




LOYOLA










¿Estás
dando
lo
mejor
de
ti?


Sika
TECNOCONCRET


Sika
TECNOCONCRET





















© 2025 ALCONPAT Internacional


CONSTRUYENDO CONFIANZA

MAPEI







Caracas, 25 y 26 octubre de 2024

Congreso Venezolano de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción
Caracas, 25 y 26 octubre de 2024

























© 2025 ALCONPAT Internacional

ALCONPAT-Ve

ALCONPAT-Ve

2024

VI CONPATVe

UCAB

