

ESTUDIO PATOLÓGICO CONJUNTO BOSQUE ENCANTADO II



Presentado por: LUIS ALBERTO GONZÁLEZ PAREDES

Asesor: Ingeniero OSMAR ALBERT GAMBA GÓMEZ

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Civil
Especialización en Patología de la Construcción
noviembre 03 de 2025

Contenido

Resumen.....	3
Palabras clave	3
Abstract	3
Keywords	3
1 HISTORIA CLÍNICA	4
1.1 Fecha de realización del estudio.....	4
1.2 Datos generales del paciente:	4
2 METODOLOGÍA	4
3 ANÁLISIS DE DATOS.....	5
4 DIAGNÓSTICO	6
5 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	8
6 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	9
6.1 Calificación riesgo sísmico	9
7 CRONOGRAMA DE TRABAJO	10
8 PRESUPUESTO DE TRABAJO	11
9 RESULTADOS	12
10 BIBLIOGRAFÍA	13
11 ANEXOS.....	13

Índice de tablas

Tabla 1. Metodología de análisis	4
Tabla 2. Análisis de datos	5
Tabla 3. Diagnóstico	7
Tabla 4. Propuesta de intervención	8
Tabla 5. Análisis de vulnerabilidad sísmica	9
Tabla 6. Resultados de la intervención	12

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Calificación de riesgo sísmico de la edificación	10
Ilustración 2. Cronograma de actividades, estudio patológico	10
Ilustración 3. Presupuesto de estudio patológico	11
Ilustración 4. Modelo estructural bajo carga de losa de entrepiso	16

ESTUDIO PATOLÓGICO CONJUNTO BOSQUE ENCANTADO II
Palmira Valle Del Cauca**Resumen**

El Conjunto Bosque Encantado debió someterse a una suspensión de su proceso constructivo, suspensión no prevista y no deseada, generada por un aspecto de normalización municipal a pesar de tener licencia aprobada y ejecución del proyecto en un 70%, suspensión que lleva a la fecha 60 meses y que generó la aparición de lesiones en diferentes elementos de las edificaciones dado que no se alcanzó a ejecutar ningún tipo de obra de protección por ser en principio una suspensión corta y de fácil resolución.

Este estudio patológico con aplicación geriátrica, mediante una inspección detallada, la identificación del tipo de lesiones y sus causas y la ejecución de pruebas de verificación no invasivas e invasivas estableció el estado de los elementos afectados, determinó el conjunto de las posibles actuaciones a adelantar con miras a la rehabilitación de los elementos afectados y sugirió medidas convenientes para lograr la protección y la prevención de nuevas lesiones, estudio con base en el cual los ingenieros diseñadores del proyecto luego de una revaluación estructural deberán determinar oportunamente las acciones a seguir en cada caso, con el fin de dar en conjunto solución a un problema hoy ya de tipo social generado por el incumplimiento a las familias compradoras de este proyecto.

Palabras clave

Estudio patológico, Lesiones, Pruebas, Actuaciones, Rehabilitación, Protección, Prevención.

Abstract

The Conjunto Bosque encantado had to undergo a suspension of its construction process, an unplanned and unwanted suspension, generated by an aspect of municipal standardization despite having approved license and execution of the project in 70%, The suspension, which took 48 months and caused injuries to appear on various building elements since no type of protective work was carried out because it was in principle a short and easy-to-resolve suspension.

This pathological study with geriatric application, through a detailed inspection, the identification of the type of lesions and their causes and the execution of non-invasive and invasive verification tests established the status of the affected elements, identified all possible actions to be taken with a view to the rehabilitation of the affected elements and suggested appropriate measures to achieve protection and prevention of further injuries, study on the basis of which the design engineers of the project, following a structural reassessment, must determine in good time the actions to be taken in each case; in order to provide a joint solution to a problem already today of a social nature generated by the failure of the families purchasing this project.

Keywords

Pathological study, injuries, tests, actions, rehabilitation, protection, prevention.

1 HISTORIA CLÍNICA

1.1 Fecha de realización del estudio

Este estudio patológico fue realizado en el periodo comprendido entre el 11 de noviembre de 2023 y el 20 de septiembre de 2025

1.2 Datos generales del paciente:

Nombre: Bosque Encantado

Uso: Vivienda unifamiliar

Propietario: GA Cadena López y CIA E en CS

Localización: Palmira Valle del Cauca

Fecha de construcción y de intervenciones: abril de 2020

Uso previsto, actual y futuro del sector: Vivienda

2 METODOLOGÍA

Basados en la inspección preliminar, observación de las diferentes lesiones del paciente, se optó por la metodología de análisis de la Tabla 1:

Tabla 1.

Metodología de análisis

Etapas	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
Inspección preliminar	Fue realizada una inspección visual inicial para identificar lesiones evidentes y clasificarlas según su gravedad. Se considera el manual de inspección del hormigón del ACI 311.4R-05 y la (Ley 99 de 1993) sobre normativas ambientales para proteger el entorno de la construcción.	Cámara fotográfica, equipo de medición de fisuras y herramienta menor.	Identificación preliminar de aparentes daños y priorización de áreas a investigar más a fondo.
Ensayo de carbonatación	Se realiza ensayo para detectar la profundidad de carbonatación en el concreto basados en la norma (UNE 112011), y la posible afectación en la durabilidad.	Solución de fenolftaleína al 1% y herramienta menor.	Profundidad de carbonatación y exposición de las barras de refuerzo al proceso corrosivo.
Determinación de permeabilidad en muros	Evaluación de la permeabilidad de los muros de mampostería para identificar el paso de agua y posible generación de humedad al interior del muro.	Pipeta Karsten y herramienta menor.	Evaluación comparativa de la capacidad de los muros para resistir el paso de agua.

Etapas	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
Determinación de eflorescencia en unidades de ladrillo	Evaluación de la susceptibilidad de las unidades de ladrillo a la eflorescencia natural según la (NTC 4017)	Unidades de ladrillo de la misma procedencia	Susceptibilidad de eflorescencia para determinar previsiones de uso
Detección de aceros de refuerzo	Definir la posición del acero de refuerzo en los elementos estructurales y permitir la realización de posteriores intervenciones seguras en la estructura.	Sonda electromagnética y herramienta menor.	Localización precisa de las barras de acero.
Evaluación de fisuras	Medición y análisis de tipo de fisuras en losa de entrepiso para determinar su incidencia en la durabilidad y desempeño estructural según requisitos de servicio establecidos por la (NSR-10).	Medidor de ancho de fisuras y herramienta menor.	Ancho y ubicación de fisuras para determinar el tipo de fisura y el plan de intervención.
Diámetro de barras expuestas	Limpieza y medición del diámetro real de la barra de refuerzo para determinar si presenta pérdida de sección transversal.	Pie de rey y herramienta menor.	Sección real de la barra para determinar pérdida de capacidad estructural
Uniformidad superficial del concreto	Inspección visual y verificación mediante rebote esclerométrico de la uniformidad del concreto según norma (NTC 3692).	Esclerómetro y herramienta menor	Rebote esclerométrico y coeficiente de variación

3 ANÁLISIS DE DATOS

Basados en las fichas de lesiones fueron definidos los métodos y propósitos del análisis patológico como se registra en la Tabla 2:

Tabla 2.

Análisis de datos

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
Lesiones en elementos de concreto expuestos a intemperie	Fotografías de lesiones, características particulares de las manchas, condiciones ambientales (humedad, temperatura).	Análisis visual, lavado y verificación de profundidad de afectación.	Identificación de la causa, del tipo de manchas y de la profundidad de afectación en el concreto.

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
Lesiones en muros de mampostería de ladrillo	Fotografías de las lesiones, características particulares de las manchas, condiciones ambientales (humedad, temperatura).	Análisis visual, lavado y profundidad de afectación, ensayo de eflorescencia, permeabilidad por Pipeta Karsten.	Identificación de la causa, del tipo de manchas y de la afectación en el muro. Confirmación del grado de eflorescencia de la unidad de ladrillo.
Lesión en barras de refuerzo	Fotografías del estado de las barras, diámetro inicial y final luego de limpieza de la barra, condiciones ambientales (humedad, temperatura).	Análisis visual, limpieza profunda, verificación de diámetros, prueba de tracción en aceros de refuerzo	Grado de corrosión de las barras, determinación de su sección real y del impacto en la capacidad estructural, recomendación para el tratamiento del acero.
Lesión en losas de entrepiso	Registro fotográfico, ancho de fisuras y desprendimiento de concreto de recubrimiento, profundidad de carbonatación en el concreto.	Análisis visual, integridad del concreto, calificación de las fisuras, exposición a corrosión por carbonatación.	Determinación del estado del concreto y del acero, grado de afectación estructural, necesidad de intervención de elementos estructurales.
Patologías estructurales	Información sobre el comportamiento de la estructura a lo largo del tiempo, registros de fallas anteriores, otros daños en la estructura.	Análisis visual, esclerometría para evaluar la uniformidad del concreto, revisión estructural mediante simulación.	Identificación y evaluación de patologías estructurales, sugerencias para la reparación según (ICRI Guideline No. 03730).
Cumplimiento normativo	(NSR-10), (NTC 3692:2018), (UNE 112011), (NTC 4017), (Ley 99 de 1993),.	Revisión de la normativa vigente, evaluación de las intervenciones.	Evaluación del cumplimiento de las normativas en condiciones actuales, identificación de aspectos de mejora.

4 DIAGNÓSTICO

Basados en la información recopilada y los ensayos de campo y laboratorio realizados, se definió el diagnóstico que se registra en la Tabla 3:

Tabla 3.
Diagnóstico

Aspecto analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Estado del paciente (estructura en concreto)	Evaluación general del estado de la edificación, tomando en cuenta la evolución de las patologías identificadas y el cumplimiento de la normativa sismorresistente.	La estructura presenta fisuras, corrosión en barras de refuerzo, desprendimiento de concreto de recubrimiento y afectación por carbonatación.	Sellar fisuras, recuperar y proteger el acero de refuerzo, restaurar el concreto de recubrimiento y proteger contra avance del frente de carbonatación.
Condiciones ambientales	Análisis de las condiciones climáticas que afectan la construcción, como la exposición a la intemperie.	Temperatura promedio máxima anual entre 28°C y 30°C, lluvia promedio anual entre 29mm y 105mm y sensación de humedad anual entre húmedo y bochornoso	Proteger las zonas expuestas a la intemperie para prevenir futuras afectaciones.
Patologías en mampostería	Análisis detallado de las patologías identificadas como manchas, eflorescencia, permeabilidad al agua, corrosión del acero de refuerzo.	Manchas superficiales, eflorescencias, corrosión en barras de refuerzo y permeabilidad al agua.	Limpieza profunda, recuperar y proteger la mampostería, recuperar y proteger el acero de refuerzo.
Cumplimiento normativo	Evaluación del cumplimiento de las normativas de diseño y construcción (NSR-10) y su relación con las patologías encontradas.	Se ha verificado que algunas áreas de algunos elementos no cumplen con las exigencias de durabilidad.	Realizar la recuperación de las áreas afectadas para cumplir con la (NSR-10) y mejorar la durabilidad de los materiales.
Evaluación de seguridad	Revisión de los riesgos estructurales asociados con la sismicidad de la zona y el comportamiento de la estructura ante sismos, basados en la (NSR-10).	La estructura cumple exigencia de vulnerabilidad, pero, requiere atención en zonas con afectación actual.	Restaurar las zonas afectadas de la estructura, para recuperar la respuesta general ante sismo.
Integridad del concreto	Evaluación de la resistencia y durabilidad del concreto utilizando pruebas de esclerometría.	Alguna variación en las características superficiales, desprendimiento y fisuración localizados.	Restaurar el concreto de recubrimiento y sellar fisuras que puedan permitir un proceso de corrosión en el acero de refuerzo.

Aspecto analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Corrosión de aceros de refuerzo	Determinación del grado de corrosión en las barras de acero de refuerzo mediante ensayos físicos y medición de pérdida de sección.	La corrosión ha afectado algunas barras de refuerzo, sin pérdida significativa de sección.	Realizar limpieza profunda del acero, aplicar inhibidor de corrosión.

5 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Se ha definido las técnicas de intervención más apropiadas para el estado de la edificación como se registra en la Tabla 4:

Tabla 4.

Propuesta de intervención

Área/Componente	Propuesta de intervención	Objetivo
Elementos de concreto afectado	Limpieza profunda de la superficie de concreto, aplicación de morteros de reparación específicos para recuperación de sección, aplicación de protección superficial.	Restauración de la geometría y capacidad estructural del elemento y aumento de durabilidad.
Barras de refuerzo corroídas	Limpieza profunda de las barras, aplicación de inhibidor de corrosión, reforzamiento de barras con pérdida de sección mayor a la permitida, reemplazo de las barras dañadas si es necesario, según.	Recuperar el buen desempeño del acero de refuerzo como elemento integral de la estructura.
Fisuras en losas de entrepiso	Limpieza profunda y sellado de fisuras mediante aplicación o inyección de resinas.	Recuperar la integridad de las losas de entrepiso, garantizando estabilidad y mayor durabilidad.
Mampostería afectada	Eliminación de las fuentes generadoras de humedad en la mampostería, limpieza profunda de las unidades de ladrillo afectadas aplicando productos específicos y especializados.	Recuperar y conservar la apariencia estética y la durabilidad de la fachada en mampostería de arcilla.
Deficiencias en protección	Reparar zonas afectadas, implementar sistemas de impermeabilización, recubrimientos, selladores e hidrófugos.	Prevenir el deterioro por humedad en el concreto y en la mampostería aumentando su durabilidad.
Análisis sísmico y estructural	Revisión del modelo sísmico original con simulación de comportamiento en condiciones de afectación actuales.	Garantizar la respuesta sísmica de la edificación, reduciendo el riesgo de daños.

6 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Fueron analizados los parámetros que definen la vulnerabilidad sísmica de la edificación, entre otros os registrados en la Tabla 5.

Tabla 5.

Análisis de vulnerabilidad sísmica

Ubicación	Carrera 25 con calle 65D Palmira, Valle Del Cauca, Colombia
Descripción geológica	Está localizado en una zona de topografía relativamente plana, en donde predominan gruesos depósitos de suelos de origen sedimentario, constituidos por depósitos aluviales, antiguos lechos y llanuras de inundación del río Palmira y del Zanjón Mirriñao
Histórico de sismos	Los sismos de mayor intensidad ocurrieron en 1906-01-31, intensidad 8.4 profundidad 20km, en 1991-11-19, intensidad 7.2 profundidad 20km y en 1992-10-18, intensidad 7.1 profundidad 10km
Vecinos colindantes	El lote en el que se ha desarrollado el proyecto limita por sus cuatro costados con edificaciones de vivienda separadas por calzadas vehiculares
sistema constructivo	Vivienda de 3 pisos de altura y cubierta en teja tipo española, sin sótano ni semisótano, soportada por muros de carga en mampostería de arcilla, con losas de entrepiso macizas que incluyen vigas descolgadas y vigas de cubierta en concreto reforzado, vivienda cimentada sobre una losa plana en concreto reforzado, engrosada en los sitios de apoyo de los muros
Materiales	Concreto, mampostería de arcilla, cubierta en teja tipo española y carpintería metálica en aluminio
Cimentación	Cimentada sobre una losa plana en concreto reforzado, engrosada en los sitios de apoyo de los muros
Sistema estructural	Mampostería estructural

6.1 Calificación riesgo sísmico

La edificación como se registra en la ilustración 1, actualmente presenta un riesgo sísmico calificado como **B3** por las siguientes razones:

- Se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico
- La edificación cumple con la norma de construcción sismorresistente vigente NSR 10
- La edificación no presenta irregularidades en planta ni en altura
- El historial de daño por sismo en la zona de influencia es muy bajo
- Presenta procesos patológicos que deben ser atendidos y resueltos en corto tiempo, o de lo contrario, generaran daño real en la estructura que cambiaría su comportamiento ante un evento sísmico

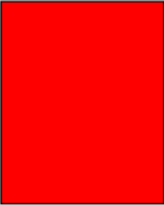
Ilustración 1.

Calificación de riesgo sísmico de la edificación

Calificación

B3

Color



Riegos que necesitan
MITIGACIÓN
 planes de actuación correctivos

7 CRONOGRAMA DE TRABAJO

La programación para la ejecución del estudio patológico se registra en la Ilustración 2.

Ilustración 2.

Cronograma de actividades, estudio patológico

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA		BOSQUE ENCANTADO II PROYECTO DE GRADO LUIS ALBERTO GONZÁLEZ PAREDES											
ITEM	ACTIVIDAD	Fecha de inicio 2025-08-01, fecha de terminación 2025-10-27											
		SEMANAS DE EJECUCIÓN											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Inspección preliminar	■											
2	Recopilación de información preliminar	■	■										
3	Permisos y autorizaciones	■	■	■	■	■	■						
4	Definición de equipo humano para exploración	■											
5	Elaboración de fichas de lesiones		■										
6	Ensayos alternativos de laboratorio	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Verificación de lesiones	■	■										
8	Definición de técnicas de ensayo en obra				■								
9	Toma de muestras en campo								■	■	■		
10	Ensayo de muestras								■	■	■	■	
11	Análisis de resultados y elaboración de informe								■	■	■	■	■

8 PRESUPUESTO DE TRABAJO

El presupuesto establecido para la ejecución del estudio patológico se registra en la Ilustración 3.

Ilustración 3.

Presupuesto de estudio patológico

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA		PROYECTO DE GRADO LUIS ALBERTO GONZÁLEZ PAREDES		PRESUPUESTO PARA ANÁLISIS PATOLÓGICO EN EDIFICACIÓN REFUGIO ENCANTADO II		Agosto de 2025
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VR. UNIT.	SUB TOTAL	VALOR PARCIAL
1,00	Núcleos de concreto					\$ 234.523
1,15	Extracción de núcleos de 7.5cm de diámetro en losa maciza de entrepiso (20cm de longitud)	und	3	\$ 58.195	\$ 174.585	
1,31	Reparación de núcleos de 7.5cm de diámetro	und	3	\$ 13.030	\$ 39.090	
	Mortero de reparación en núcleo de 7,5cm	und	3	\$ 6.949	\$ 20.847	
2,00	Análisis físicos					
2,01	Eflorescencia en unidades de mampostería	und	5	\$ 87.000	\$ 435.000	\$ 435.000
2,17	Levantamiento de fisuras en elementos de concreto	und	1	\$ 265.000	\$ 265.000	\$ 265.000
3,00	Detección de aceros de refuerzo					\$ 150.000
3,05	Detección de aceros de refuerzo en losa maciza de entrepiso, por zona	und	3	\$ 50.000	\$ 150.000	
3,15	Regata para verificación de aceros de refuerzo en losa maciza de entrepiso	und	3	\$ 75.000	\$ 225.000	
3,23	Verificación de punto de corrosión de barra de refuerzo en sitio, por punto	und	3	\$ 150.000	\$ 450.000	\$ 1.350.000
3,24	Verificación de punto de corrosión de malla de refuerzo en sitio, por punto	und	3	\$ 300.000	\$ 900.000	
3,25	Tracción en aceros de refuerzo	und	1	\$ 197.000	\$ 197.000	\$ 197.000
4,00	Análisis Químicos					\$ 150.000
4,05	Carbonatación en sitio	und	3	\$ 25.000	\$ 75.000	
4,06	Carbonatación en núcleos	und	3	\$ 25.000	\$ 75.000	
6,00	Reparaciones					\$ 300.000
6,05	Reparación de zonas de verificación de aceros de refuerzo en losas macizas de entrepiso	und	3	\$ 25.000	\$ 75.000	
6,11	Reparación de zonas de verificación de corrosión en malla de refuerzo	und	3	\$ 75.000	\$ 225.000	
7,00	Informe técnico	und				\$ 795.000
7,01	Elaboración de informe técnico	und	2	\$ 265.000	\$ 530.000	
7,02	Inspección visual y registro fotográfico	und	1	\$ 265.000	\$ 265.000	
8,00	Personal					\$ 1.060.000
8,01	Operarios tipo I en obra para operación de equipos.	día	2,00	\$ 530.000	\$ 1.060.000	
9,00	Movilización					\$ 1.680.000
9,07	Movilización de ingeniero a obra	viaje	7,00	\$ 90.000	\$ 630.000	
9,08	Movilización diaria personal a obra	viaje	3,00	\$ 350.000	\$ 1.050.000	
10,00	Alimentación y hospedaje					\$ 160.000
10,01	Alimentación operarios tipo I	día	2,00	\$ 80.000	\$ 160.000	
11,00	Equipos e instalaciones					\$ 572.600
11,01	Anclajes HDI para fijar equipo	und	6,00	\$ 2.100	\$ 12.600	
11,02	Alquiler de taladro perforador tipo I	día	1,00	\$ 150.000	\$ 150.000	
11,04	Alquiler de taladro rotopercutor	día	1,00	\$ 75.000	\$ 75.000	
11,05	Alquiler de pulidora	día	1,00	\$ 35.000	\$ 35.000	
11,15	Alquiler de andamios	día	1,00	\$ 150.000	\$ 150.000	
11,17	Transporte andamios, despacho y entrega	und	1,00	\$ 150.000	\$ 150.000	
Subtotal estudio patológico					\$ 7.574.123	\$ 7.574.123
AIU				30%	\$2.272.237	
TOTAL ESTUDIO PATOLÓGICO EN OBRA					\$9.846.359	

9 RESULTADOS

El resultado de las pruebas de campo y de laboratorio realizados dentro del análisis patológico de la edificación se registran en la Tabla 6 y Anexo 1 y las recomendaciones de restauración se hacen en el Anexo 6.

Tabla 6.

Resultados de la intervención

Área/Componente	Análisis realizado	Resultado obtenido
Elementos de concreto afectado	Profundidad de carbonatación máxima aplicando solución de fenolftaleína al 0,1%. Ver Anexo 2	En columnas, vigas y muros = 3mm En losas de entrepiso = 4mm <i>Conclusión: Acero de losa expuesto a corrosión por este agente</i>
Barras de refuerzo corroídas	Pérdida máxima de sección transversal de la barra midiendo diámetro de barras luego de limpiadas.	En columnas, vigas y muros = 8% En losas de entrepiso = 8% <i>Conclusión: Pérdida de sección no significativa en columnas, vigas, losa</i>
Fisuras en losas de entrepiso	Ancho máximo de fisura en elemento de concreto medidas con microscopio.	En columnas, vigas y muros = 0,2 mm En losas de entrepiso = 0,4mm <i>Conclusión: las fisuras están dentro del ancho permitido para ambientes secos o interiores</i>
Uniformidad de características del concreto	Número de rebote esclerométrico Ver resultados en Anexo 3	Promedio de rebote = 34 Coeficiente de variación C.V. = 7% <i>Conclusión: C.V. aceptable en condiciones de obra</i>
Mampostería afectada	Susceptibilidad a Eflorescencia en unidades de ladrillo mediante ensayo de eflorescencia en laboratorio. Ver resultados en Anexo 4	Eflorescente, manchas blancas. <i>Conclusión: Unidades que requieren protección contra humedad</i>
Deficiencias en protección	Permeabilidad superficial en muros de mampostería por Pipeta Karsten. Ver resultados en Anexo 5	Tiempo mínimo de retención de agua = 15min <i>Conclusión: la mampostería requiere aplicación de hidrófugo</i>
Análisis sísmico y estructural	Revisión analítica del modelo sísmico de losa de entrepiso en condiciones de edificación restaurada.	Comportamiento estructural sin sobreesfuerzos. <i>Debe garantizarse recuperación de elementos afectados actualmente</i>

10 BIBLIOGRAFÍA

American Concrete Institute. (2019). *Guide for concrete inspection (ACI 311.4R-05)*. American Concrete Institute.

Asociación Española de Normalización. (2011). *UNE 112011:2011. Corrosión en armaduras. Determinación de la profundidad de carbonatación en hormigones endurecidos y puestos en servicio* (Norma UNE 112011:2011).

Congreso de la República de Colombia. (1993, diciembre 22). *Ley 99 de 1993: Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones*. *Diario Oficial*, (No. 41.146).

European Committee for Standardization. (2005). *EN 1504-9: Products and systems for the protection and repair of concrete structures – Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity – Part 9: General principles for the use of products and systems*. CEN.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2005). *NTC 4017: Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla* (1ª ed.). ICONTEC.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2018). *NTC 3692:2018 Concretos. Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido*. ICONTEC.

International Concrete Repair Institute. (2008). *Guide for surface preparation for the repair of deteriorated concrete resulting from reinforcing steel corrosion* (Guideline No. 03730). ICRI.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010, marzo 19). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10: Título C – Concreto estructural* (Decreto 926 de 2010).

11 ANEXOS

Anexo 1.

Registro de resultados

Análisis realizado

Determinación de la profundidad de carbonatación máxima aplicando solución de fenolftaleína al 0,1% en 7 elementos seleccionados de una losa de entepiso, en 2 columnas y en 2 vigas del salón comunal.
Ver resultados en Anexo 2

Pérdida máxima de sección transversal de la barra midiendo diámetro de barras luego de limpiadas.

Se tomó una muestra de barras de acero que se encontraban expuestas a la intemperie y que dentro del proceso constructivo deben dar continuidad a un nuevo nivel de muros en mampostería, se les hizo limpieza profunda combinando métodos físico y químico, se midió el diámetro real del acero útil como se aprecia en la Foto 1 y se comparó con el diámetro original de la barra, determinando finalmente su pérdida de sección para que sea realizada posteriormente una evaluación analítica por parte del ingeniero estructural con el fin de definir si es requerido un reforzamiento del acero de refuerzo de la mampostería estructural.

Foto 1.

Determinación de diámetro real de la barra de refuerzo



Ancho máximo de fisura 0,4mm en concreto de losa de entrepiso, medida con microscopio.

Haciendo uso de un microscopio manual como se aprecia en la Foto 2, diseñado para este tipo de evaluación, se determinó con precisión el ancho máximo de las fisuras más significativas en la losa de entrepiso, lo cual permitió calificarlas y determinar si su condición estaba dentro del rango permitido para el ambiente de uso del concreto de la losa de entrepiso

Foto 2.

Determinación del ancho e las fisuras más significativas en la losa de entrepiso



Número de rebote esclerométrico en zona de análisis 7, Ver resultados en Anexo 3

Fueron seleccionadas como se muestra parcialmente en la Foto 3, siete zonas de la losa de entrepiso de una de las casas con aparente mayor afectación dentro del proyecto, con el fin de determinar la uniformidad del concreto como elemento de evaluación del mismo.

Foto 3.

Determinación del rebote esclerométrico en la losa de entrepiso



Susceptibilidad a Eflorescencia en unidades de ladrillo, mediante ensayo de eflorescencia en laboratorio

Luego del ensayo de laboratorio se encontró que las unidades de ladrillo son eflorescentes como se muestra en la Foto 4 y los resultados se registran en el Anexo 4.

Foto 4.

Unidad de ladrillo con eflorescencia luego del ensayo en laboratorio



Permeabilidad superficial en muros de mampostería por Pipeta Karsten.

Se construyeron en laboratorio dos juegos de muretes de tres unidades cada uno, con el mismo tipo de materiales utilizado en obra obteniéndose el comportamiento de paso de agua en el muro mediante la pipeta de Karsten como se muestra en la Foto 5 y los resultados se registran en el Anexo 5.

Foto 5.

Murete en laboratorio bajo ensayo de pipeta Karsten

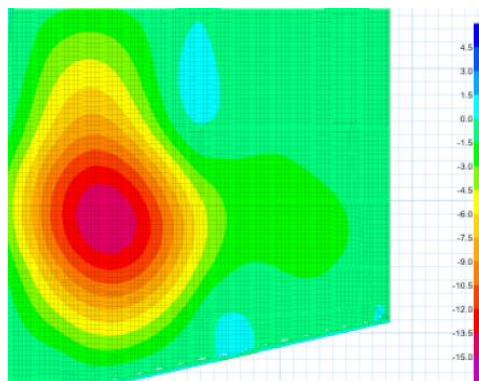


Revisión analítica del modelo sísmico de losa de entrepiso en condiciones de edificación restaurada.

Se recreó el modelo analítico de deflexiones superpuestas en la losa de entrepiso de una de las casas con aparente mayor afectación, indicándonos la zona color rojo como la de mayor deflexión en periodo de carga de la losa de entrepiso y por consiguiente la de mayor cuidado en el proceso de restauración de sus materiales

Ilustración 4.

Modelo estructural bajo carga de losa de entrepiso



Anexo 2.

Informes de resultados de carbonatación

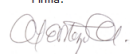
 SG INGENIERÍA Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2015 certificado por SCONTEC SC 5607-1		CORROSIÓN EN ARMADURAS. DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN EN HORMIGONES ENDURECIDOS Y PUESTOS EN SERVICIO UNE 112011						FL-106 Versión: 1 Página: 1 de 1 Vigencia: 2017-04-08	
CLIENTE: Luis Alberto González Paredes OBRA: Bosque Encantado DIRECCIÓN-CIUDAD: Palmira Valle Del Cauca CÓDIGO de OBRA: 1		ORDEN de SERVICIO: 78002 CONTACTO: Ing. Luis Alberto González P. E-mail: lagonzalezparedes@gmail.com CELULAR: 3104220816				FECHA de SOLICITUD: 45908 FECHA de INFORME: 2025-09-15 INFORME NÚMERO: N-002 ANEXO: 1 de 1			
ELEMENTO No.	LOCALIZACIÓN	FECHA DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO	FECHA DE FUNDACIÓN DEL CONCRETO	HUMEDAD DEL CONCRETO	PLANO DE ENSAYO	PROFUNDIDAD de CARBONATACIÓN en mm	RECUBRIMIENTO DEL ACERO DE REFUERZO en mm	DIÁMETRO DEL ACERO en mm.	GRADO DE CORROSIÓN DEL ACERO %
1	Losa de entrepiso Casa 1, zona 1	2025-09-10	No reportada	S	S	2	4	5	1
2	Losa de entrepiso Casa 1, zona 2	2025-09-10	No reportada	S	S	3	2	5	3
3	Losa de entrepiso Casa 1, zona 3	2025-09-10	No reportada	S	S	3	3	5	2
4	Losa de entrepiso Casa 1, zona 4	2025-09-10	No reportada	S	S	2	4	5	1
5	Losa de entrepiso Casa 1, zona 5	2025-09-10	No reportada	S	S	2	4	5	1
6	Losa de entrepiso Casa 1, zona 6	2025-09-10	No reportada	S	S	2	4	5	1
7	Losa de entrepiso Casa 1, zona 7	2025-09-10	No reportada	S	S	4	2	5	3
8	Columna salón social, zona 1	2025-09-10	No reportada	S	V	2	25	13	1
9	Columna salón social, zona 2	2025-09-10	No reportada	S	V	2	19	13	1
10	Viga salón social, zona 1	2025-09-10	No reportada	S	S	2	17	13	1
11	Viga salón social, zona 2	2025-09-10	No reportada	S	S	3	18	13	1
Notas: (1) Plano de ensayo = Posición del plano en el que se hizo el ensayo, H = plano horizontal, V = plano vertical, S= sobre cabeza (2) Humedad = condición de humedad en la que se ensayó el elemento S= seco, H= húmedo (3) Puntos para prueba seleccionados directamente por el solicitante (4) Método de ensayo UNE 112011. Corrosión en armaduras. Determinación de la profundidad de carbonatación en hormigones endurecidos y puestos en servicio (5) Los resultados de ensayo reportados se relacionan únicamente con los elementos ensayados (6) La Incertidumbre de ensayo es $\pm 0,7\%$ y corresponde a la incertidumbre expandida con un nivel de confianza de 95,45% y $k=2$ (7) En caso de declaración de conformidad, se hace uso de la regla de decisión ILAC GB:2009 riesgo específico $<2,8\%$ PFA. Donde PFA = probabilidad de aceptación falsa. El cliente debe informar el requisito normativo (8) Información adicional relacionada con el ítem ensayado y que no está incluida en el Informe se encuentra disponible en SG INGENIERÍA para su consulta (9) Sin la aprobación de SG INGENIERÍA SAS no se debe reproducir este informe, caso en el cual debe hacerse en su totalidad									
FIN DEL INFORME									
EXECUTÓ: CARGO: FECHA: FIRMA: Pandazo J. Bravo Técnico de laboratorio 2025-09-10					AUTORIZA EMISIÓN: CARGO: FECHA: FIRMA: María E. Ortega Director Técnico 2025-09-15				

Nota al informe de carbonatación: se analizaron siete zonas en la losa de entrepiso, dos zonas en columnas y dos zonas en vigas de la estructura del salón social, como muestras representativas del concreto expuesto sin protección en la obra, análisis que permite confirmar que existe acero de refuerzo en el que la profundidad de carbonatación ya ha superado el espesor de su concreto de recubrimiento, dejando expuesto ese acero de refuerzo al proceso de corrosión por causa de este agente

Anexo 3.

Informes de resultados de rebote esclerométrico

Anexo 1, página 1 de 2

 Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2015 Certificado por ICONTEC SC 5507-1		INFORME DE ENSAYO MEDICIÓN DEL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO Método de ensayo NTC 3692:2018-09-12							FL-205 Versión: 1 Página: 1 de 1 Vigencia: 2023-01-27
CLIENTE: Luis A González P OBRA: Bosque Encantado CÓDIGO de OBRA: 1		ORDEN de SERVICIO: 7800 FECHA de SOLICITUD: 2025-09-08 FECHA RECIBIDO en SG: 2025-09-12		INFORME NÚMERO: MT-001 FECHA de INFORME: 2025-09-19 ANEXO: 1 de 1					
Item	Tipo de Elemento	zona 1	zona 2	zona 3	zona 4	zona 5	zona 6	zona 7	
C o n c r e t o	Localización	Losa de entrepiso Casa 1 zona 1	Losa de entrepiso Casa 1 zona 2	Losa de entrepiso Casa 1 zona 3	Losa de entrepiso Casa 1 zona 4	Losa de entrepiso Casa 1 zona 5	Losa de entrepiso Casa 1 zona 6	Losa de entrepiso Casa 1 zona 7	
	Espesor del elemento en cm	10	10	10	10	10	10	10	
	Tipo de formaleta	metálica	metálica	metálica	metálica	metálica	metálica	metálica	
	Fecha de Fundición	no conocida	no conocida	no conocida	no conocida	no conocida	no conocida	no conocida	
	Tipo de agregado	Triturado diabásico	Triturado diabásico	Triturado diabásico	Triturado diabásico	Triturado diabásico	Triturado diabásico	Triturado diabásico	
	Resistencia Nominal en MPa	21	21	21	21	21	21	21	
E s c l e r o m é t r i c o	Fecha de la prueba	2025-09-12	2025-09-12	2025-09-12	2025-09-12	2025-09-12	2025-09-12	2025-09-12	
	Edad del Concreto en días	>28	>28	>28	>28	>28	>28	>28	
	Coefficiente de variación aceptado	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	
	Coefficiente de Resistencia aplicado en %	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	
	Rebote final	24,9	21,5	21,8	22,7	24,2	25,4	23,4	
	Coefficiente de variación	7%	6%	7%	5%	7%	6%	10%	
NOTAS AL INFORME: 1 - Los elementos a probar fueron seleccionados por el cliente 2 - Los resultados reportados se relacionan únicamente con los elementos bajo prueba 3 - Información adicional relacionada con el elemento ensayado y que no está incluida en este informe, se encuentra disponible en SG Ingeniería para su consulta 4 - La incertidumbre de ensayo es $\pm 0,8\%$ y corresponde a la incertidumbre expandida con un nivel de confianza de 95,45% y $k=2$ 5 - En caso de declaración de conformidad, se hace uso de la regla de decisión ILAC G8:2009 riesgo específico $<2,8\%$ PFA, donde PFA= probabilidad de aceptación falsa 6 - El cliente debe informar la especificación para realizar la declaración de conformidad, o ser acordada con el laboratorio de SG Ingeniería 7 - Sin la aprobación de SG Ingeniería SAS no debe reproducirse este informe, y en dado caso debe reproducirse en su totalidad									
FIN DEL INFORME									
Nombre: María Eugenia Ortega Martínez Cargo: Director técnico Fecha Emisión: 2025-09-19 Firma: 		Laboratorio de SG Ingeniería SAS, Carrera 17A # 338-50 PBX 4441111 Celular 3155639043 - 3206808525 tecnico@sgingenieria.com, www.sgingenieria.com CALI - COLOMBIA							

Nota al informe de rebote esclerométrico: se analizaron siete zonas en la losa de entrepiso como muestra representativas del concreto expuesto sin protección en la obra, análisis que permite confirmar que el concreto de esta losa presenta un valor de rebote con un coeficiente de variación CV entre las diferentes zonas que no es muy alto y que está dentro de los valores de CV que normalmente se obtienen en obra y que puede ser hasta de un 10%.

Nos indica entonces que independientemente de su resistencia a la compresión este concreto de la losa de entrepiso presenta uniformidad aceptable.

Anexo 4.

Informe parcial de resultados de eflorescencia en laboratorio

	Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2015 Certificado por ICONTEC SC 5607-1	INFORME TÉCNICO ENSAYO DE EFLORESCENCIA NATURAL EN UNIDADES DE LADRILLO NTC 4017	Página: 9 de 15 Informe: MT-168 Fecha: 2025-09-24 Código obra: 7509 OT: 57508
---	---	---	--

3 RESULTADOS DEL ENSAYO DE EFLORESCENCIA

- 3.1 Para este ensayo de "Eflorescencia en Agua Destilada" se obtuvieron los resultados registrados en las fotos comparativas, Foto 6 a la Foto 10 de las páginas 10 a la página 14 de este informe.
- 3.2 En cada una de estas fotos se registran 2 elementos:
- El primer elemento corresponde a la unidad después de someterse al ensayo de eflorescencia y,
 - El segundo elemento corresponde a la unidad referencia o patrón de la pareja ensayada.
- 3.3 Basados en el examen de cada una de las unidades sometidas al ensayo de Eflorescencias, estas unidades se clasifican como se registra en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultado de eflorescencia en unidades de ladrillo

UNIDAD SOMETIDA A PRUEBA	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA EFLORESCENCIA
168A	eflorescente	mancha blanca en forma de polvo
168C	eflorescente	mancha blanca en forma de polvo
168E	eflorescente	mancha blanca en forma de polvo
168G	eflorescente	mancha blanca en forma de polvo
168I	eflorescente	mancha blanca en forma de polvo

Ver Foto 10 a la Foto 14 en páginas siguientes

Nuestro servicio... disponible al mejor control de calidad.
Carrera 17A No. 33B-50 PBX 4441111; 4443007 Celular 3155639043-3206808525 CALI – COLOMBIA
www.sgingenieria.com; atencionalcliente@sgingenieria.com

Nota al informe de eflorescencia: se analizaron cinco unidades de ladrillo de arcilla correspondientes a la misma fuente de las unidades ya colocadas en la obra, esto con el fin de conocer si estas unidades son susceptibles desde su origen, de generar eflorescencias una vez instaladas en obra.

El resultado de laboratorio confirma que estas unidades si presentan eflorescencia, condición que obliga a un control estricto de afectación por humedad de la mampostería una vez ha sido instalada, y en caso contrario se presenta lo que ya está evidenciado en obra como una de las patologías encontradas en la edificación.

La mampostería afectada requiere entonces de un lavado con productos especializados que permitan limpiar las sales acumuladas en su superficie, requiere de la eliminación de la fuente de humedad que la afecta y finalmente requiere que sea aplicada una protección tipo hidrófugo que reduzca la posibilidad de ingreso de agua al interior de las unidades de mampostería.

Anexo 5.

Informes de resultados de permeabilidad Pipeta Karsten

Anexo 1, hoja 1 de 1

SG INGENIERIA		Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2015 certificado por ICONTEC SC 5607-1		INFORME TECNICO PERMEABILIDAD MEDIANTE PIPETA DE KARSTEN														
FECHA SOLICITUD:	2025-09-19	CLIENTE:	Luis A. González P	INFORME No.	MT-01													
FECHA RECIBIDO:	2025-09-19	OBRA:	Bosque encantado	FECHA INFORME:	2025-09-30													
ORDEN DE TRABAJO:	78000	CONTACTO:	Ing. Luis A. González P	CODIGO OBRA:	1													
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: unidades de ladrillo de arcilla proveedor																		
TIPO DE MUESTRA					PIPETA				VOLUMEN DE AGUA PARA CADA TIEMPO DE ENSAYO									
UNIDAD	MURETE	MURO LIMPIO	MURO REBOCADO	No.	UBICACIÓN T, P, MP	VOLUMEN INICIAL en ml	FECHA ENSAYO	HORA DE INICIO	15 min	30 min	1 hora	2 horas	4 horas	6 horas	8 horas	24 horas		
K33	4A	X			P	18	2021-10-28	11:20	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3		
K34																		
K35																		
K36	4B	X			P	17	2021-10-28	11:20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1		
K37																		
K38																		
K39	4C	X			T	17	2021-10-28	11:20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1		
K40																		
K41																		
K33	4A	X			MPH	18,2	2021-10-28	11:21	1,4	2,7	4,6	5,0						
K34																		
K35																		
K36	4B	X			MPH	17,8	2021-10-28	11:21	0,9	1,5	2,4	3,6	5,0					
K37																		
K38																		
K39	4C	X			MPH	17,5	2021-10-28	11:21	5,0									
K40																		
K41																		
NOTA: T= tabique, P=pared, MPH=mortero de pega horizontal, MPV=mortero de pega vertical																		
ELABORO:	CARGO:	FECHA:	FIRMA:	REVISO:	CARGO:	FECHA:	FIRMA:	FL-124-1 Paginación 1 de 1 Versión 1 Vigencia 2021-02-08										
Duvan Salamanca	Jefe Laboratorio	2025-09-26		María Eugenia Ortega	director técnico	2025-09-30												
Nuestro servicio... disponible al mejor control de calidad Carrera 17A No. 33B-50 PBX 444 11 11 Celular 3155639043 - 3206809525 CALI - COLOMBIA www.sgingenieria.com tecnico@sgingenieria.com																		

Nota al informe de permeabilidad: se realizó el análisis de dos juegos de muretes elaborados con los mismos materiales (unidades de ladrillo y mortero de pega) reportados como usados en la obra, con el fin de conocer la facilidad con la que el agua podría ingresar al interior de los muros, encontrando que en el caso de la pega horizontal de las unidades la totalidad del agua de la pipeta de Karsten ingresa muy rápidamente en un tiempo de 15 minutos indicando una alta vulnerabilidad de la mampostería a la posterior generación de eflorescencias.

Las unidades de ladrillo presentaron un comportamiento muy superior, permitiendo el ingreso del agua de la prueba luego de 24 horas de exposición.

La condición encontrada en los muretes luego de la prueba sugiere la necesidad de aplicar una protección tipo hidrófugo con el fin de disminuir la probabilidad de ingreso del agua especialmente por las juntas de mortero del muro.

Anexo 6.

Sugerencias para el proceso de restauración de materiales de la edificación

Afectación	Acción	Producto
<i>Conclusión: Acero de losa de entrepiso expuesto a corrosión por agente carbonatación</i>	Aplicación de película protectora sobre la superficie expuesta de la losa de entrepiso para retardar la entrada del CO ₂ al concreto	MasterShield AC 325 de Master Builders Solutions, o mínimo pintura tipo coraza o superior, preferiblemente color blanco
<i>Conclusión: Pérdida de sección no significativa en acero de columnas, vigas, losa de entrepiso</i>	Limpieza profunda tipo mecánica de todo el acero de refuerzo afectado por corrosión y en caso necesario limpieza química garantizando un lavado y retiro total del producto de limpieza, para luego aplicar preferiblemente un inhibidor de corrosión.	Pintoxido de Pintuco para limpieza química del acero de refuerzo, Sika® FerroGard-903 Plus como inhibidor de corrosión, o superior.
<i>Conclusión: las fisuras están dentro del ancho permitido para ambientes secos o interiores</i>	Cubrir la zona fisurada con una membrana para evitar la entrada de humedad y agentes agresores al concreto y al acero de refuerzo.	Pintura tipo coraza o superior
<i>Conclusión: Unidades de ladrillo que requieren protección contra humedad</i>	Limpieza profunda de aquellas unidades ya afectadas y protección con productos hidrófugos para disminuir el riesgo de ingreso de agua al interior del muro	Limpiador tipo Braston M e Hidrófugo tipo Braston Sil (BA), Sika® Transparente-12, o superior, ya probados en laboratorio para este proyecto
<i>Conclusión: la mampostería requiere aplicación de hidrófugo</i>	Reparar las juntas de mortero donde sea evidente una deficiencia y luego aplicar el hidrófugo	Hidrófugo tipo Braston Sil (BA), Sika® Transparente-12, o superior, ya probado en laboratorio para este proyecto