

**Estudio de caso – Preservación de 3 muros BIC durante la ejecución de obras civiles en el centro
fundacional de Usaquén, ciudad de Bogotá**

**Jairo Alexander Roncancio Fresneda, Cristhian Manuel García Fonseca, Jhorman David Agudelo
Hernández**

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Director: JAIME IVAN MORA SAMACÁ



**UNIVERSIDAD
La Gran Colombia**

Vigilada MINEDUCACIÓN

Ingeniería civil, Facultad de ingenierías

Universidad

Ciudad

2025

Tabla de contenido

RESUMEN	7
PALABRAS CLAVE:	7
ABSTRACT	8
KEYWORDS	8
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	10
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
CAPÍTULO 1 MARCO REFERENCIAL	11
CAPÍTULO 2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
CAPÍTULO 3 JUSTIFICACIÓN	20
CAPÍTULO 4 ANTECEDENTES	21
CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA	24
5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	24
5.2 PROCESO METODOLÓGICO	24
5.2.1 <i>Caracterización zona de estudio</i>	24
5.2.2 <i>Historia</i>	25
5.2.3 <i>Topografía y geología de la zona</i>	26
5.2.4 <i>Características sísmicas</i>	26
5.2.5 <i>Visita de campo</i>	27
5.2.6 <i>Inspección visual de patologías en los muros</i>	28
5.2.7 <i>Resultados de inspección visual</i>	31
CAPÍTULO 6 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	49
6.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	56

6.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	56
6.2.1 <i>Comparación de la resistencia a la compresión</i>	57
6.2.2 <i>Distribución y variabilidad de los datos</i>	57
6.3 VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS	58
6.4 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS	59
CAPÍTULO 7 ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS TRES MUROS DE BIC PREVIO A LA EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES	60
7.1 CRITERIOS GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN	61
7.2 ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS MUROS	61
7.2.1 <i>Reforzamiento de la Cimentación</i>	62
7.2.2 <i>Conservación de la Mampostería</i>	63
7.2.3 <i>Manejo del entorno</i>	63
7.3 ESTRATEGIAS ESPECÍFICAS PARA CADA MURO	64
7.4 SÍNTESIS Y PROYECCIONES FUTURAS	64
CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	69

Lista de Figuras

Ilustración 1. Identificación Seminario Valmaría	17
Ilustración 2. Identificación Colegio Distrital General Santander	18
Ilustración 3. Identificación Conjunto Santa Teresa	19
Ilustración 4. Bienes de Interés Cultural del Centro Fundacional Usaquén	20
Ilustración 5. Principales vías de acceso al Centro Fundacional de Usaquén	21
Ilustración 6. Ubicación Sector de Interés cultural Usaquén	26
Ilustración 7. Caracterización geológica Barrio Usaquén	27

Ilustración 8. Movimientos sísmicos en función de Aa y AV	28
Ilustración 9 Herramientas utilizadas en inspección visual	28
Ilustración 10. División de patologías	30
Ilustración 11. Formato para diligenciar en campo	31
Ilustración 12. Ubicación general Muro 1	34
Ilustración 13 Patología identificada Muro 1	35
Ilustración 14 Patología identificada Muro 1	35
Ilustración 15 Patología identificada Muro 1	36
Ilustración 16 Patología identificada Muro 1	36
Ilustración 17 Patología identificada Muro 1	37
Ilustración 18. Ubicación general Muro 2	39
Ilustración 19 Patología identificada Muro 2	40
Ilustración 20 Patología identificada Muro 2	41
Ilustración 21 Patología identificada Muro 2	41
Ilustración 22 Patología identificada Muro 2	42
Ilustración 23 Patología identificada Muro 2	43
Ilustración 24 Patología identificada Muro 1	43
Ilustración 25 Patología identificada Muro 2	44
Ilustración 26 Patología identificada Muro 2	45
Ilustración 27 Patología identificada Muro 2	45
Ilustración 28 Patología identificada Muro 1	46
Ilustración 29 Ubicación general Muro 3	49
Ilustración 30 Patología identificada Muro 3	50

Ilustración 31 Patología identificada Muro 3	51
Ilustración 32 Patología identificada Muro 3	51
Ilustración 33 Patología identificada Muro 3	52
Ilustración 34 Patología identificada Muro 3	52
Ilustración 35 Patología identificada Muro 3	53
Ilustración 36 Resistencia a la compresión para unidades de mampostería en arcilla	56
Ilustración 37 Propiedades físicas de unidades de mampostería no estructural	56
Ilustración 38 Características de material granular	57
Ilustración 39 Proceso de extracción de muestras de mampostería	58
Ilustración 40 Muestra de mampostería extraída N° 1	59
Ilustración 41 Muestra de mampostería extraída N° 2	60
Ilustración 42 Muestra de mampostería extraída N° 3	60
Ilustración 43 Análisis frecuencias vs resistencias obtenidas	62
Ilustración 44 Comparación de la resistencia a la compresión de los muros analizados.	63

Lista de Tablas

Tabla 1 Relación de daños identificados en Muro 1	37
Tabla 2 Porcentaje de patologías en el Muro 1	38
Tabla 3 Porcentaje de patologías predominantes en el Muro 1	38
Tabla 4 Relación de daños identificados en Muro 2	47
Tabla 5 Porcentaje de patologías en el Muro 2	47
Tabla 6 Porcentaje de patologías predominantes en el Muro 2	48
Tabla 7 Relación de daños identificados en Muro 3	53
Tabla 8 Porcentaje de patologías en el Muro 3	54

Tabla 9 Porcentaje de patologías predominantes en el Muro 1	54
Tabla 10 Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de los muros analizados.	61
Tabla 11 Alternativas para el Reforzamiento de la Cimentación	67
Tabla 12 Técnicas de Conservación de la Mampostería	68
Tabla 13 Medidas para el Manejo del Entorno	68

Tabla Anexos

Anexo 1 Planos fachadas BIC

Anexo 2 Inspección visual

Anexo 3 Ensayos de laboratorio

Resumen

El estudio aborda la problemática de la conservación de tres muros catalogados como Bienes de Interés Cultural (BIC) en el Centro Fundacional de Usaquén, Bogotá, durante la ejecución de obras civiles. Estos muros, ubicados en el Seminario Valmaría, el Colegio Distrital General Santander y el Conjunto Santa Teresa, presentan patologías como fisuras, desprendimientos y erosión, que amenazan su integridad estructural y patrimonial. El objetivo general fue evaluar alternativas constructivas no invasivas para prevenir afectaciones durante las obras, mientras que los objetivos específicos incluyeron caracterizar la zona, identificar lesiones y proponer soluciones de conservación.

La metodología combinó enfoques cualitativos y cuantitativos, con inspecciones visuales, ensayos de laboratorio y análisis de datos. Se identificaron lesiones mecánicas, químicas y biológicas en los muros, y se evaluó su resistencia a la compresión, obteniendo valores promedio de 16.57 MPa, 30.59 MPa y 14.78 MPa para cada muro, respectivamente. Los resultados mostraron que el Colegio Distrital General Santander tiene mayor resistencia, mientras que el Conjunto Santa Teresa es el más vulnerable.

Se propusieron alternativas constructivas como el reforzamiento de cimentación con pilotes barrenados, inyecciones de mortero para fisuras y control de vibraciones durante las obras. Las conclusiones destacan la necesidad de un enfoque multidisciplinario que combine técnicas de ingeniería y restauración, junto con un monitoreo constante. Se recomienda la participación comunitaria y la coordinación entre entidades para garantizar la preservación del patrimonio cultural durante y después de las intervenciones urbanas.

Palabras clave: Conservación patrimonial, Muros BIC, Alternativas constructivas, Patologías estructurales, Refuerzo estructural.

Abstract

The study addresses the issue of conserving three walls listed as Cultural Heritage Assets (BIC) in the Foundational Center of Usaquén, Bogotá, during the execution of civil works. These walls, located at the Seminario Valmaría, Colegio Distrital General Santander, and Conjunto Santa Teresa, exhibit pathologies such as cracks, detachments, and erosion, which threaten their structural and heritage integrity. The general objective was to evaluate non-invasive construction alternatives to prevent damage during the works, while the specific objectives included characterizing the area, identifying lesions, and proposing conservation solutions.

The methodology combined qualitative and quantitative approaches, including visual inspections, laboratory tests, and data analysis. Mechanical, chemical, and biological lesions were identified in the walls, and their compressive strength was evaluated, obtaining average values of 16.57 MPa, 30.59 MPa, and 14.78 MPa for each wall, respectively. The results showed that the Colegio Distrital General Santander has the highest resistance, while the Conjunto Santa Teresa is the most vulnerable.

Construction alternatives were proposed, such as foundation reinforcement with bored piles, mortar injections for cracks, and vibration control during the works. The conclusions highlight the need for a multidisciplinary approach that combines engineering and restoration techniques, along with constant monitoring. Community participation and coordination among entities are recommended to ensure the preservation of cultural heritage during and after urban interventions.

Keywords: Heritage conservation, BIC walls, Construction alternatives, Structural pathologies, Structural reinforcement.

Introducción

En distintos sectores de la ciudad de Bogotá, se requieren ejecutar obras públicas debido a que la infraestructura actual y sistemas de servicios públicos presentan desgaste, que requieren una actualización o que no cumplen con la normatividad vigente, como en el caso del Centro Fundacional de Usaquén, ubicado en el sector histórico y cultural de la ciudad, principalmente por sus características coloniales, el cual cuenta con zonas de tránsito peatonal en condiciones deficientes de movilidad afectando de forma directa las necesidades del sector y la armonización con la conservación del patrimonio cultural existente.

Los centros históricos o tradicionales de las zonas urbanas deben ser registrados como zonas de interés cultural, para proteger su marco circundante, y así definir sus disposiciones como saber en qué medida pueden ser reformados y el estilo de las nuevas construcciones, igualmente es necesario que se establezcan por parte de las entidades legislativas, reglas o normas para las nuevas construcciones que hagan parte de esta área de interés histórico y cultural, (Unesco, 1972).

Inicialmente se identificarán las normas y lineamientos para el desarrollo de obras civiles enfocadas a la conservación de los bienes inmuebles culturales, para desarrollar obras civiles seguras y armonizadas al área de influencia de las zonas culturales.

Se obtendrán resultados de ensayos de laboratorio suministrados por el contrato IDU-1720-2021, desarrollado por el Consorcio RGH con el fin de realizar el análisis de estos y con ello proponer las alternativas constructivas no invasivas, que reduzcan afectaciones a los tres muros fachada catalogados como BIC.

Muro 1: Seminario Valmaría, Localizado en la Carrera 5 entre Calles 118 y 119.

Muro 2: Colegio Distrital General Santander, Localizado en la Carrera 6a entre Calles 119 y 119B.

Muro 3: Conjunto Santa Teresa: Localizado en la Carrera 6a entre Calles 116 BIS y 117.

Los bienes de interés cultural presentan un reto para la ingeniería civil, para que no se vean modificadas sus características simbólicas y estructurales, lo cual limita procesos constructivos al desarrollar obras en el área de influencia de estos bienes, razón por la cual este proyecto busca identificar normas y alternativas constructivas para reducir principalmente riesgos estructurales como ya fue mencionado, tomando como estudio de caso los muros fachada de predios BIC ubicados en el Centro Fundacional de Usaquén, los cuales hacen parte de una zona con un alto impacto cultural e histórico para sus habitantes y visitantes.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar alternativas constructivas no invasivas para prevenir afectaciones estructurales de los tres muros BIC ubicados en el Centro Fundacional de Usaquén en riesgo por la obra IDU-1720-2021.

Objetivos específicos

- Caracterizar la zona de estudio y su relación con los muros BIC que conforman parte integral de la misma.
- Identificar las lesiones presentes en las estructuras de los muros correspondientes a los tres bienes de interés cultural y las afectaciones estructurales que actualmente presentan.
- Proponer alternativas constructivas para la conservación estructural en los tres muros de bienes de interés cultural, previo a la ejecución de obras civiles en el centro fundacional de Usaquén. (Menor grado de impacto).

Capítulo 1 Marco Referencial

Para poder actuar sobre los elementos constructivos, a parte de los estudios históricos se debe considerar el inmueble como un objeto compuesto de características geométricas, mecánicas, físicas y químicas que pueden sufrir procesos patológicos o de lesiones.

La patología preventiva considera la funcionalidad constructiva e integridad de los elementos que componen el inmueble, esto implica la determinación de medidas como la selección de los materiales, mantenimientos y las posibles actuaciones; seguido a esto se podrá decidir las medidas apropiadas para anular el proceso patológico y realizar las reparaciones necesarias en los elementos.

A continuación, se presentan los conceptos claves que se involucran en este proceso de estudio:

Antigüedad del inmueble: Es un factor relevante, ya que conlleva la pérdida de las características intrínsecas del material. Por ejemplo, con el paso del tiempo, los morteros van perdiendo adherencia.

Orientación del edificio: Su importancia radica en su relación con el efecto de los agentes atmosféricos (incidencia del agua de lluvia, cambios bruscos de temperatura, etc.) sobre la fachada en concreto, si la orientación de una fachada favorece el impacto de la lluvia, será mucho más fácil que se produzcan humedades y pequeñas acumulaciones de agua en algunos puntos concretos, hechos que debilitan la adherencia de los materiales y, por lo tanto, favorecen el desprendimiento.

Lesiones: Son cada una de las manifestaciones de un problema constructivo es decir el síntoma final del proceso patológico.

Lesión física: La problemática patológica se produce por causa de fenómenos físicos como heladas, condensaciones entre otras y normalmente su evolución dependerá de estos procesos físicos.

Lesión mecánica: Es aquella en la que predomina un factor mecánico que provoca movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos.

Lesión química: Son lesiones que se producen a partir de un proceso patológico de carácter químico, el origen de estas lesiones suele ser por presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan provocando descomposiciones.

Erosión física: ocurre como consecuencia de los agentes atmosféricos externos. La presencia de agua en los poros de un inmueble contribuye sobremanera y de forma directa a su destrucción cuando las temperaturas bajan, ya que esta se convierte en hielo, que aumenta su tamaño fracturando el material que lo contenía. Tres son los agentes atmosféricos que provocan las erosiones físicas en una construcción son el agua, sol y viento.

Erosión mecánica: Pérdida de material superficial de un elemento constructivo debida a esfuerzos mecánicos que actúan sobre ellos (golpes, roces, etc.), se trata de cualquier efecto destructor que ataca la superficie de un material provocando su deterioro progresivo. Las erosiones mecánicas afectan especialmente a los pavimentos de las edificaciones, ya que sobre ellos se ejerce un roce y un punzonamiento continuos, pudiendo producirse en bastantes otras partes de un edificio.

Erosión química: Se generan a causa de la reacción química de sus componentes con otras sustancias y producen transformaciones moleculares en la superficie de los materiales pétreos.

Asentamientos en los elementos de la cimentación: Como consecuencia de fallos en el terreno o falta de éste para la distribución de las cargas. Suele implicar procesos patológicos secundarios (deformaciones, agrietamientos, roturas o colapso), por lo que son lesiones de carácter importante.

Desplomes: De muros portantes, pilares, cerramientos y otros elementos verticales sobre los que actúan, en su parte superior, fuerzas con componentes horizontales. También pueden formarse por asientos en su parte inferior, perdiendo verticalidad, llegando a mantener su estabilidad siempre que la resultante vertical de las fuerzas que actúan sobre él no salga del núcleo central de la sección.

Flechas: En vigas, forjados, cubiertas o en cualquier elemento estructural horizontal afectado por una fuerza vertical. Aunque suele afectar en elementos estructurales no tiene por qué producir el colapso, aunque conviene tenerlo en cuenta ya que puede provocar inconvenientes importantes.

Pandeos de elementos verticales: En aquellos casos de elementos demasiado esbeltos para soportar las cargas verticales a las que están sometidos. Si afecta a elementos estructurales, puede acabar afectando a la estabilidad de estos, provocando su colapso. Si los que sufren el pandeo son elementos de cerramiento, puede significar que están sometidos a cargas verticales anómalas o sin sujeción suficiente a los elementos estructurales a los que se suponen anclados, lo que hace que su esbeltez sea excesiva. La deformación suele ser muy llamativa y obliga a su demolición.

Alabeos: Bien sea de muros, tabiques o acabados, que experimentan una combinación de fuerzas perpendiculares y paralelas a ellos, provocando una deformación aleatoria. Suele afectar, mayoritariamente, a elementos de fábrica.

Grietas: Son aberturas de más de un milímetro de ancho que afectan a todo el espesor del material o del elemento constructivo, provocando la pérdida de su consistencia y de su integridad. Aunque en ciertas ocasiones una fisura puede ser considerada temporalmente como una fase previa a la grieta –por ejemplo, las que suelen aparecer en elementos de hormigón armado–, la mayoría de las veces su origen y desarrollo son totalmente distintos, a pesar de que la sintomatología siempre sea bastante parecida. En definitiva, fisuras y grietas son lesiones claramente mecánicas que afectan por igual a elementos estructurales, como tabiques o fachadas, y de cerramientos a los que se somete a cargas no previstas. Existen distintas formas de clasificarlas: en función del material en el que aparecen, de la causa que las origina y de la movilidad que tengan.

Fisuras: Tanto las grietas como las fisuras son aberturas longitudinales incontroladas y no deseadas producidas en un material o elemento constructivo, ya sea estructural o de simple

cerramiento. Desde luego, ambas ponen de manifiesto la existencia de un defecto grave o de un mal comportamiento en el edificio, que puede ser debido a fallos de proyecto o de ejecución o a un mal uso o conservación. Aunque se han tratado de dar distintas definiciones de las grietas y las fisuras en función del tamaño de su abertura o de su movilidad, intentando sobre todo distinguir y diferenciar las características de cada una de estas dos lesiones, o más adecuado parece clasificarlas según el espesor de la abertura en el material o elemento constructivo. Así, de acuerdo con su amplitud tenemos:

Fisuras muertas: Sus dimensiones varían a lo largo del tiempo y su único problema es su aspecto estético y la sensación de poca seguridad en la obra. A veces pueden no percibirse a simple vista.

Fisuras vivas: Su anchura aumenta o disminuye con el paso del tiempo o debido al uso de la edificación, por lo que se hace indispensable ponerles remedio.

Desprendimientos: Separación incontrolada de un material de acabado o de un elemento constructivo del soporte o base al que estaba aplicado. En ocasiones, sin embargo, puede desprenderse también el material que constituye la fachada como, por ejemplo, ladrillo cara vista, piedra natural, entre otros.

Eflorescencias: Cristalización en la superficie de un material de sales solubles contenidos en el mismo. El fenómeno se produce cuando el agua que se halla en el interior de un material, y que contiene una solución de esas sales, se evapora de manera relativamente rápida, durante la evaporación, el agua, que va de dentro hacia fuera, arrastra a esa solución salina hasta la superficie del material y, una vez allí, mientras se completa la evaporación, la mencionada solución inicia un proceso de concentración. Existen dos variantes: **DIRECTAS:** Originadas cuando se cristalizan las sales solubles contenidas en los materiales. **INDIRECTAS:** Creadas cuando las sales se forman por la reacción de componentes del elemento constructivo con agentes atmosféricos.

OXIDACIÓN: Es la transformación de los metales en óxido al entrar en contacto con el oxígeno, la superficie del metal puro o en aleación tiende a transformarse en óxido que es químicamente estable y de esta forma protege el resto del metal de la acción del oxígeno.

Corrosión: Pérdida de partículas de la superficie del metal debido a que este proceso se debe a la acción de una pila electromagnética en la cual el metal actúa como ánodo o polo negativo, perdiendo electrones a favor del cátodo o polo positivo, dependiendo del tipo de pila que se encuentre se pueden diferenciar distintos tipos de corrosión.

Organismos–Animales: En muchas ocasiones deterioran los materiales constructivos, principalmente los insectos que se alojan en el interior del material y se alimentan de este, pero también los animales de mayor peso las aves, o mamíferos que causan especialmente lesiones erosivas.

Organismos–Plantas: La presencia de plantas puede dificultar la correcta escorrentía, facilitar filtraciones o provocar el agrandamiento de grietas y fisuras cuando las raíces se introducen en estas. Las plantas se encuentran con frecuencia en el encuentro de acera con fachada, balcones y terrazas, cornisas, canalones y faldones de teja.

Organismos–Hongos: Principalmente se evidencian presencia de mohos en materiales porosos, pudiendo provocar aspecto de abandono o malos olores, o tratarse de hongos de pudrición en elementos de madera tanto de elementos estructurales como de acabados y carpintería.

Reparación: son diferentes actuaciones como demoliciones, saneamientos, y aplicación de nuevos materiales para recuperar el estado constructivo y devolver a la unidad lesionada su funcionalidad original.

Restauración: Conjunto de acciones que tienden a conservar y revelar los valores estéticos e históricos de un inmueble, fundamentándose en el respeto a los elementos antiguos y sus partes auténticas, previo a esto se realiza una investigación histórica y arqueológica del inmueble.

Rehabilitación: comprende un conjunto de acciones como un proyecto para nuevos usos, condiciones de seguridad estructural o arquitectónica, reparaciones de las diferentes unidades constructivas dañadas y restauración de los distintos elementos y objetos individuales.

Prevención: El estudio de los procesos patológicos y sus causas permite establecer un conjunto de medidas preventivas para evitar la aparición de nuevos procesos, se debe considerar la eliminación de las causas indirectas y el mantenimiento que se realizará al inmueble.

A continuación, se presentan los muros de predios BIC a evaluar:

Muro No. 1 Seminario Valmaría, Carrera 5 entre Calles 118 y 119, costado oriental

Ilustración 1. Identificación Seminario Valmaría



Fuente: Propia

Muro 2: Colegio Distrital General Santander, Carrera 6a entre Calles 119 y 119B, Costado oriental

Ilustración 2. Identificación Colegio Distrital General Santander



Fuente: Propia

Muro 3: Conjunto Santa Teresa, Carrera 6a entre Calles 116 BIS y 117, Costado oriental

Ilustración 3. Identificación Conjunto Santa Teresa



Fuente: Propia

Capítulo 2 Problema de investigación

Dentro del patrimonio de interés cultural perteneciente al distrito, se encuentran sectores antiguos como la plaza fundacional de Usaquéen, la cual cuenta con zonas simbólicas que se han preservado durante el tiempo. Esta localidad hace parte de la ciudad a partir del Acuerdo 26 del 09 de diciembre de 1972 “Por el cual se crean unos alcaldes Menores, se reglamenta su funcionamiento y se autoriza al Alcalde Mayor para delegar unas funciones” y su historia data de épocas prehispánicas con

asentamientos muiscas, al igual que su desarrollo durante la época colonial con viviendas de arquitectura inspirada en la tradición española, (Alcaldía Local de Usaquén, 2016).

El sector antiguo de Usaquén se encuentra conformado por 21 predios emblemáticos que hacen parte del patrimonio de interés cultural, de acuerdo con el decreto 560 de 2018 “Por medio del cual se define la reglamentación urbanística aplicable a los Bienes de Interés Cultural del ámbito distrital y se dictan otras disposiciones”, estos predios cuentan con antigüedades desde 1935, y están conformados con materiales tradicionales en la construcción como Adobe y Tapia Pisada.

Ilustración 4. Bienes de Interés Cultural del Centro Fundacional Usaquén

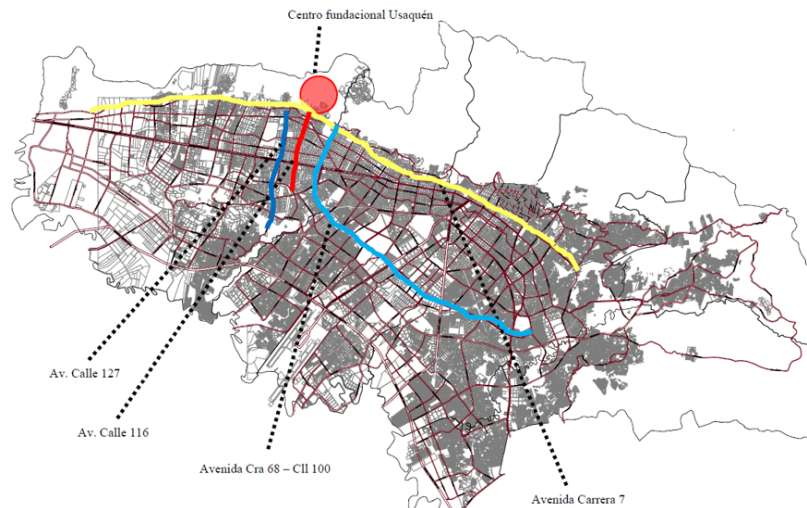


Fuente: Propia

Actualmente se encuentra en ejecución el contrato de obra civil IDU-1720-2021, con objeto: “Construcción del centro fundacional en la localidad de Usaquén en la ciudad de Bogotá D.C.”, quienes desarrollarán actividades de reconstrucción, reconfiguración y mantenimiento sobre los corredores entre

la ClI 121 hasta la ClI 116 y entre la Kr 5 hasta la Kr 7, para brindar el espacio público adecuado para los peatones y ordenar la infraestructura vial existente, (Consortio RGH 2021, 2021).

Ilustración 5. Principales vías de acceso al Centro Fundacional de Usaquén



Fuente: Propia

De acuerdo con lo anterior, este proyecto de investigación busca aportar alternativas para la conservación estructural de los muros BIC identificados en el área de influencia del proyecto IDU.

Con base a los ensayos patológicos realizados a la mampostería extraída de los muros, exploraciones geotécnicas realizadas mediante sondeos con barreno manual, (información suministrada por el contratista del contrato IDU) y de acuerdo con la normativa vigente, se plantea la siguiente pregunta problema:

¿Qué alternativas constructivas se pueden aplicar para preservar las estructuras de los muros BIC estudiados en la zona del centro fundacional de Usaquén?

Capítulo 3 Justificación

El espacio público del Centro fundacional de Usaquén requiere ser intervenido con obras de urbanismo, así como actualización de redes sobre la infraestructura vial, debido a que la infraestructura existente no cumple con las normas vigentes, los andenes existentes son estrechos, algunas estructuras existentes de servicios públicos interfieren con el tránsito de los peatones, se presentan zonas con material vegetal, presentan afectaciones estructurales y no tienen continuidad peatonal, por tal razón se incumple con la autonomía de las personas con movilidad reducida quienes deben tener igualdad de condiciones al entorno físico, espacio público y lugares abiertos como se indica en la ley 1618 de 2013, Art. 14 Acceso y Accesibilidad (Función Pública, 2013).

Dentro del espacio público se observa un mobiliario urbano en deterioradas condiciones, puesto que es posible encontrar: bancas desgastadas, zonas verdes sin cuidado que llegan a obstaculizar los senderos peatonales y bolardos desgastados e incompletos.

Durante la ejecución del contrato vigente IDU 1720-2021 con objeto: “Construcción del centro fundacional en la localidad de Usaquén en la ciudad de Bogotá, D. C.”, el Consorcio RGH intervendrá la vía y los andenes, realizando la actualización de redes hidrosanitarias, subterranización de redes secas, y renovación de la estructura del pavimento, razón por la cual se presentarán actividades críticas como excavaciones profundas, movimiento de redes y compactación de materiales, aumentando el riesgo de afectaciones en los predios existentes.

Capítulo 4 Antecedentes

Un primer trabajo corresponde a Tapia-Gomez (2021), quien realizó el estudio de “rehabilitación de los centros históricos: criterios de análisis para una intervención inclusiva en Galicia”, en este trabajo se realiza el análisis de la caracterización de los conjuntos históricos ubicados en Galicia España,

proponiendo criterios de actuación de acuerdo a su particular contexto, elaborando un plan de dinamización a partir de indicadores e incorporando variables que aseguren una rehabilitación inclusiva minimizando efectos indeseados.

Se construyeron indicadores tomando datos de censos del año 2011, como población y vivienda, complementados con datos relativos al cumplimiento de la legislación ambiental y accesibilidad universal los indicadores estructurales son: número de edificios ruinosos, porcentaje de espacio público a rehabilitar, evolución de la población, entre otros.

Igualmente se realizó un estudio crítico de intervenciones con respecto al estado del arte de documentos que han presentado la conservación de edificios y obras monumentales para su protección, como por ejemplo la guía de análisis y gestión patrimonial presentada por la Unesco, centrada en los impactos y soluciones extensibles a las áreas de valor patrimonial.

En los datos obtenidos se observa que el estado de conservación de los conjuntos es delicado, en términos de habitabilidad como en infrautilización de las viviendas, los centros históricos más preocupantes son tres con más del 30% en estado deficiente o mal estado. Los indicadores presentan un número considerable de edificios construidos posteriores a 1971 que muestran la sustitución del patrimonio original, esto presentado por la protección tardía del estado y ausencia de una planificación de los conjuntos.

El documento mencionado, se encuentra relacionado con la presente investigación, debido a que se utiliza información de bases de datos, para identificar el estado actual de los bienes de interés cultural, también se estudia la normativa actual y entidades nacionales y globales que buscan regular, cuidar y conservar los centros fundacionales de acuerdo a variables como el medio ambiente y el acceso universal peatonal, con soluciones inclusivas en donde no se afecte la comunidad que vive en estas zonas

y puedan obtener un aprovechamiento al rehabilitar la infraestructura existente como por ejemplo con el turismo.

Un segundo trabajo de Valencia Ruiz, López Pérez y Rivera (2012) con título: “Propuesta normativa para la rehabilitación sísmica de edificaciones patrimoniales”, documento basado en investigaciones realizadas por universidades de Colombia y grupos colombianos de estructuras GIMECI y CIMOC, quienes estudian las propiedades de los materiales y el comportamiento de los sistemas estructurales en tierra ante fuerzas sísmicas, para realizar rehabilitaciones necesarias en edificaciones patrimoniales para así preservar sus características culturales.

Al realizar el proceso de rehabilitación, se recolectaron datos mediante pruebas destructivas, para determinar las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los materiales, realizando la extracción de muestras representativas de los muros que componen el inmueble; igualmente se propone tomar como mínimo dos muestras por cada muro y en morteros de pega se extraerán muestras suficientes para realizar la caracterización química y física de los materiales.

En esta investigación se presenta un resumen de rangos con propiedades para los materiales estructurales, sin tener en consideración algún tipo de adición o estabilizante en los mismos, se determinan diferentes características como la resistencia a la compresión del adobe ($f'a$), peso específico de la tapia pisada (ρ_t), resistencia al corte de la mampostería (F_{va}), entre otros.

Se presentan alternativas de rehabilitación de edificaciones, encaminadas a disminuir el riesgo sísmico al que están sometidas sin embargo estas medidas no están enfocadas en la protección de los inmuebles ya que es complicado generar un nivel de seguridad similar al de una edificación nueva. Este documento propone las siguientes alternativas: proporcionar un diafragma rígido, proporcionar capacidad a la flexión de los muros estructurales, en caso de que no exista proporcionar una viga unida a

los muros, disminuir la masa de las edificaciones de manera estratégica para disminuir el esfuerzo cortante resistente.

El informe anterior se asemeja con esta investigación, debido a los ensayos de laboratorio que se realizan en los materiales tradicionales, para identificar características que permitan determinar soluciones en el mejoramiento de las estructuras patrimoniales y así disminuir diferentes tipos de fallas que se puedan generar en este tipo de predios.

Capítulo 5: Metodología

5.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo mixta; de forma cualitativa debido a que se recopila información descriptiva para entender cómo intervenir constructivamente las áreas de influencia correspondientes a los tres predios BIC y cuantitativa de acuerdo a que se estudian datos y resultados numéricos que permiten proponer alternativas constructivas en función de reducir posibles fallas estructurales que se puedan presentar en los muros de bienes de interés cultural propios de la zona de estudio.

5.2 Proceso metodológico

5.2.1 Caracterización zona de estudio

Usaquén es la localidad número uno del distrito, ubicada en el costado nororiental de Bogotá, está conformada por nueve Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ) de las cuales hace parte el Barrio Usaquén categorizado como Sector de Interés Cultural que va desde la desde la calle 121 hasta la calle 116 y desde la carrera 5 hasta la carrera 7.

Este sector fundacional colinda con el bien de Interés cultural de ámbito nacional Hacienda Santa Bárbara, declarada mediante la resolución 0467 del 2005 y dentro del sector se cuenta con 21 bienes de interés cultural de ámbito distrital de acuerdo con el decreto 560 de 2018, de los cuales hacen parte los predios:

Seminario Valmaría, Localizado en la Carrera 5 entre Calles 118 y 119.

Colegio Distrital General Santander, Localizado en la Carrera 6a entre Calles 119 y 119B.

Conjunto Santa Teresa: Localizado en la Carrera 6a entre Calles 116 BIS y 117.

Ilustración 6. Ubicación Sector de Interés cultural Usaquén



Fuente: Imagen editada de <https://www.sdp.gov.co/gestion-territorial>

5.2.2 Historia

Seminario Valmaría: Considerado como patrimonio arquitectónico de la ciudad, inicialmente era un terreno perteneciente a los herederos del hacendado Pepe Sierra quienes lo vendieron a la sociedad de seminaristas, encargados de la iglesia Santa Bárbara para construir el seminario en dos etapas, la primera entre 1942 y 1945 y la segunda entre 1954 y 1955.

Colegio General Santander: Construido en el año 1933 (como se indica en la placa de la entrada sur), se encuentra inhabitable debido a un sismo producido en el año 2008 generando afectaciones en la estructura y muros del colegio y a la fecha no ha sido reparado.

Como se puede observar estos predios tienen valor histórico debido a que fueron construidos cuando Usaquéen aún era un municipio perteneciente al departamento de Cundinamarca, conformado por haciendas como Pepe Sierra, Santa Bárbara, Chico Manrique y Chico Saiz las cuales se van urbanizando por obras como la construcción del tren de cercanías (ferrocarril del norte) y aplicación de la carrera 7 paralela a los cerros orientales.

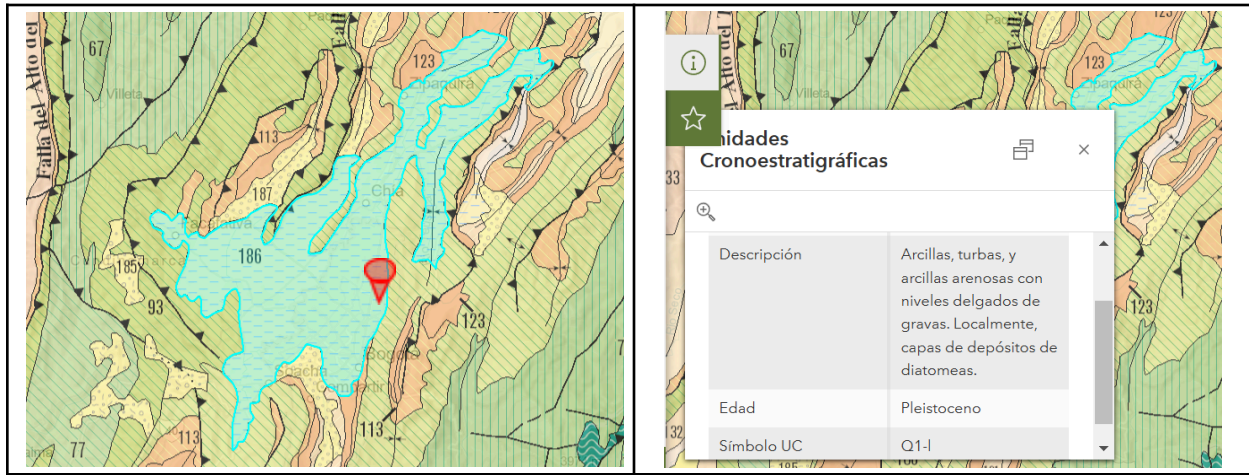
5.2.3 Topografía y geología de la zona

Esta zona se encuentra ubicada en el sector norte de Bogotá, entre las carreras 5 y 7, sobre la parte inferior de los cerros orientales los cuales cuentan desde 2800 a 3600 msnm,

Se identifican depósitos cuaternarios (Q), representados por la formación Sabana, constituida principalmente por Arcillas turbas, y arcillas arenosas con niveles delgados de gravas y materiales locales como, capas de depósitos de diatomeas como se indica en el Mapa Geológico de Colombia 2023, publicado en la página del Servicio Geológico Colombiano.

En esta zona se encuentra a 6,21km de la falla, Chocontá-Pericos la cual es de tipo cabalgamiento, la cual presenta una inclinación de 45°E y cabalgan las formaciones Lidita superior, Plaeners y Labor Tierna sobre la Formación Guaduas, generando inversión de estratos.

Ilustración 7. Caracterización geológica Barrio Usaquéen



Fuente: Imagen editada de: https://srvags.sgc.gov.co/jsViewer/Mapa_Geologico_colombiano_2023/

5.2.4 Características sísmicas

Dentro de la localización de estos predios, se presentan movimientos sísmicos en función de la aceleración pico efectiva (A_a) igual a 0.15 y la velocidad pico afectiva (A_v) igual a 0.20, como se describe en la tabla A.2.3-2, Capítulo A.2 de la norma NSR-10 estos valores son mayores a 0.10 pero no exceden el valor de 0.20, razón por la cual se clasifica como zona de amenaza sísmica intermedia.

Ilustración 8. Movimientos sísmicos en función de A_a y A_v

Tabla A.2.3-2
Valor de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia




Fuente: Imagen editada de: Tabla a.2.3-2, Capítulo A.2, Norma NSR-10

5.2.5 Visita de campo

El día 14 de septiembre se realiza visita técnica de campo en el Centro Fundacional de Usaquén para realizar inspección visual y realizar mediciones a las lesiones existentes en los muros de cerramiento

BIC, las áreas de andenes y vías frente a estos muros aún no han sido intervenidas con obras civiles del contrato IDU-1720-2021, por tal motivo las patologías encontradas corresponden al uso de las estructuras, para esta inspección se utilizaron las siguientes herramientas:

Ilustración 9 Herramientas utilizadas en inspección visual

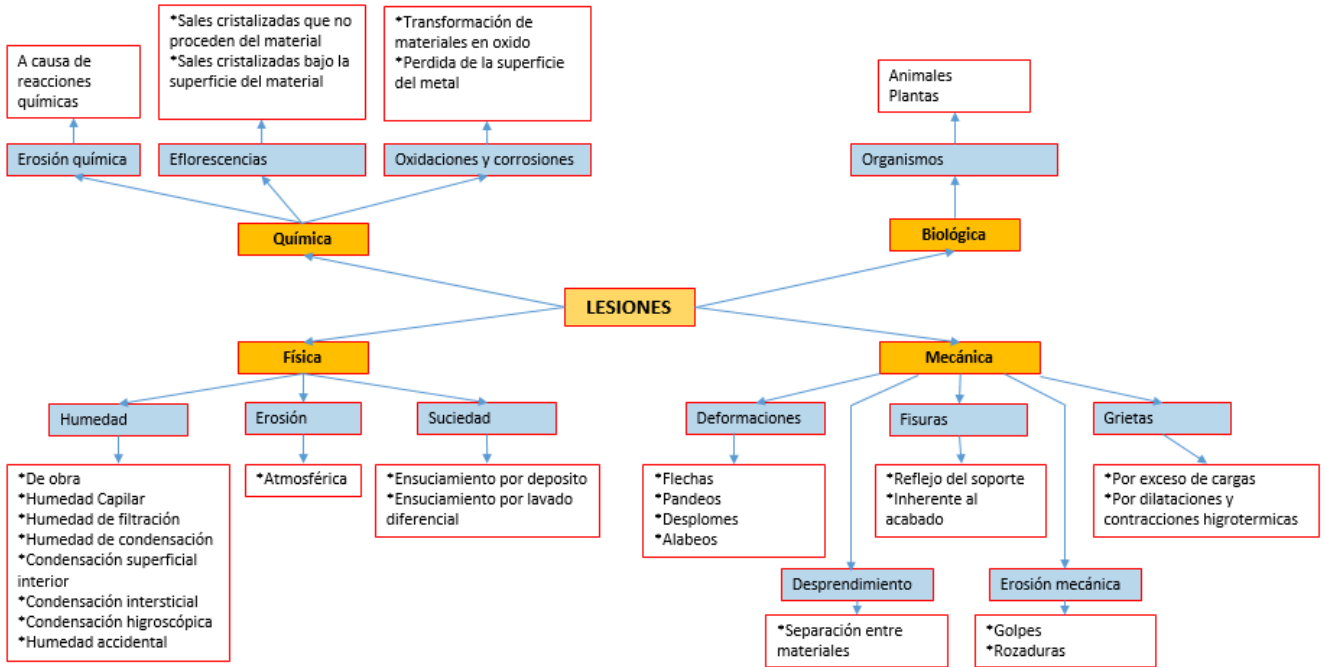
Flexómetro	Plomada	Galgas
		

Fuente: propia

5.2.6 Inspección visual de patologías en los muros

Para identificar el tipo de lesión existente en cada muro, se toma como referencia el libro el libro Enciclopedia Broto De Patologías de la Construcción, en donde se presentan los conceptos relacionados hacia los fallos y lesiones, así mismo se indican las posibles causas, el efecto de la lesión, la evolución, e intervenciones sobre las mismas. A continuación, se presenta la división general de lesiones en función del carácter y la tipología del proceso patológico.


Ilustración 10. División de patologías



Fuente: propia

De acuerdo a lo anterior, se realiza el siguiente formato, dividido por secciones para consignar información general y específica sobre los muros estudiados junto con las patologías existentes.

Ilustración 11. Formato para diligenciar en campo

 Ingeniería civil, Facultad de Ingenierías		Formato de inspección visual: 1			FECHA: 02 septiembre 2024	
		VERSIÓN: 1				
PROYECTO:						
RESPONSABLES DE INSPECCIÓN:			N. PLANO:		CONDICIONES CLIMATICAS:	
TIPO DE AMBIENTE:			3			
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESTRUCTURA: 2				ACCESIBILIDAD A LOS ELEMENTOS:		
EVIDENCIA DE INTERVENCIONES O REPARACIONES PREVIAS: 4				PRESENCIA DE ELEMENTOS SUELTOS O INESTABLES: 5		
MATERIAL AFECTADO ELEMENTO AFECTADO				CAUSA DE LA LESIÓN		
VIGA CIMENT. VIGA ENTRE. CUBIERTA				DIRECTA		
PLACA PISO VIGA CONFIN. ESCALERA				FÍSICA		
DOVELA MAMPOSTERÍA ACANTILLADO				HUMEDAD SUCIEDAD EROSION		
MURO ANTEP. OTR.				FUEGO ABRASION AMBIENTE		
DEFECTO DE DAÑO (ENFERMEDAD)				QUÍMICA		
CONGENITO CONSTATADO ACCIDENTAL				EFLOREC. LIXIVIACION MANCHAS		
TIPOLOGÍA DE LESIÓN				CORROSION MANCH. ORG. OXIDACION		
FÍSICA QUÍMICA				FISURA GRIETA FRACTURA		
MECÁNICA BIOLÓGICA				TRACCION FLEXION DEFORMACION		
TORCION PUNZONAM. CIZALLAM.				MECÁNICA		
COMPR. COR.TANTE DESPRENDIM.				BIOLÓGICA		
ASIENTS PERD. ELEM. DEFLEXION				ANIMAL VEGETAL HONGO		
INDIRECTA				PROYEC. MATERIAL USO		
CONTRUC. MATENIMI.				CONTRUC. MATENIMI.		
10 HALLAZGOS IDENTIFICADOS		11 REGISTRO FOTOGRAFICO			12 LOCALIZACIÓN	
13		13			14	
Nivel de complejidad		LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO	RECOMENDACIONES

Fuente: propia

Sección 1: se anota la información general como el nombre del proyecto, nombre de las personas que participaron en él, número de planos y condiciones climáticas al momento de recolectar la información en campo.

Sección 2: Se indican las características del elemento afectado, como las dimensiones, tipos de materiales que lo componen, función y datos relevantes que aporten a la investigación.

Sección 3: se indica que limitantes se presentan para poder tomar información del elemento como posibles rejas, apuntalamientos en el elemento o libre tránsito para adquirir la información.

Sección 4: Se verifican las posibles reparaciones o adecuaciones realizadas a corto plazo en la estructura, este dato se obtiene de la información suministrada por los habitantes del predio.

Sección 5: Se describen los elementos sueltos que se presenten cerca de la zona y que correspondan a la estructura de estudio o los posibles elementos inestables que tenga la estructura, que puedan generar un accidente al momento de adquirir la información.

Sección 6: Se indica con una X el tipo de elemento a evaluar como cubiertas, muros, placas, mampostería entre otros.

Sección 7: Se indica con una X el posible origen del daño identificado, como por ejemplo si es generado por algún elemento propio de la estructura (congénito), si es generado por algún factor externo (contraído) o por un uso inadecuado del elemento (accidental).

Sección 8: Se indica con una X uno de los cuatro tipos de lesiones, física, química, mecánica o biológica.

Sección 9: Después de haber diligenciado el punto anterior, se indica con una X la causa que generó el tipo de lesión con respecto a lo observado en el recorrido de campo.

Sección 10: Se realiza una descripción detallada por cada uno de los hallazgos identificados como tipo de lesión, causa, dimensiones, textura y abscisa entre otros.

Sección 11 Se adjunta el registro fotográfico realizado en campo para cada una de las lesiones identificadas.

Sección 12: Se adjunta una imagen de geo referencia con abscisa y convención de la lesión identificada en campo.

Sección 13: Se indica con una X el nivel de complejidad de la lesión de acuerdo a las siguientes condicionantes.

Baja: Afectación superficial, visiblemente se mantiene el tamaño durante el tiempo, ubicada en elementos no estructurales, dimensiones mínimas.

Medio: Afectación que no atraviesa el material, se mantiene el tamaño durante el tiempo ubicada en elementos no estructurales, dimensiones de fácil reparación.

Alto: Afectación que atraviesa el material, visiblemente aumenta el tamaño durante el tiempo, ubicada en elementos estructurales, dimensiones de gran tamaño.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la inspección visual recolectada en cada uno de los muros.

5.2.7 Resultados de inspección visual

Seminario Valmaría

Este muro está ubicado sobre el costado oriental de la carrera 5, conformado por cuatro columnas en concreto y mampostería en ladrillo de arcilla sin recubrimiento, tiene longitud de 75.98m y altura de 3.50m, con área total de 265,93m² (Ver anexo 1, Muro de cerramiento 1). Se observa que la cimentación es en tapia pisada, este muro presenta lloraderos en tubería PVC para el drenaje del agua pluvial, debido a que el suelo interno es más alto que el suelo exterior se observan graffitis dibujados en varias zonas del muro.

Se observa cubierta en teja de fibrocemento con desgaste por factores atmosféricos sin desportillamientos, igualmente se observan que las puertas de accesos son en hierro y automáticas para la entrada de vehículos.

Frente al muro de cerramiento no hay acceso peatonal debido a que existe una zona de pasto sin niveles establecidos con ancho promedio de 1.75m entre el paramento y el sardinel, razón por la cual las personas deben transitar sobre el andén occidental desde la calle 119 hasta la calle 117.

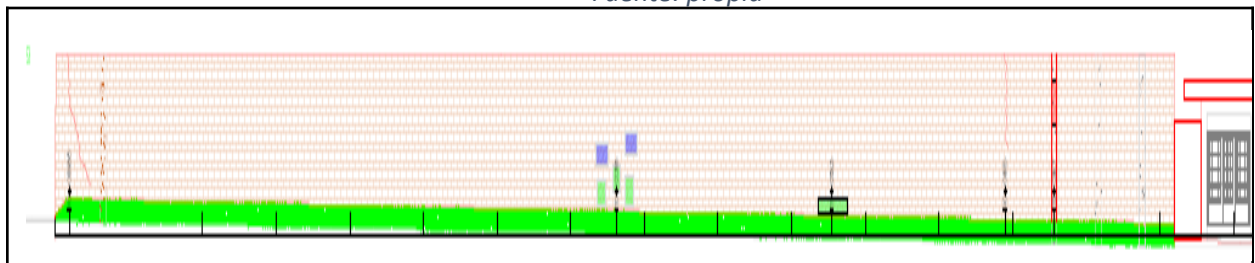
La zona de la parte interna del muro es utilizada como parqueadero y no se observan reparaciones realizadas a corto plazo.

En la visita técnica no se evidencio presencia de elementos sueltos o inestables propios del bien de Interés Cultural.

Ilustración 12. Ubicación general Muro 1



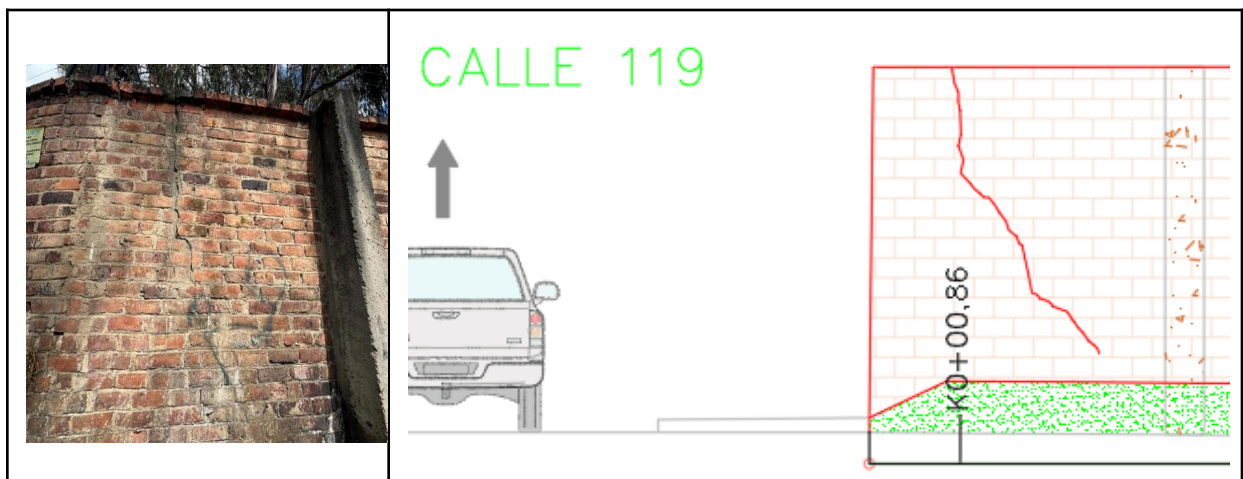
Fuente: propia



Fuente: propia

Sobre la abscisa k0+00,86 se observó una grieta con longitud igual a 3.57m y ancho igual a 9.0mm, así mismo se observan ladrillos rotos que hacen parte de esta lesión mecánica, una de las causas que generó este daño es la carga horizontal recibida por el muro, debido a que el suelo en la parte interior del predio es más alto que en la parte exterior generando un empuje de tierra en el muro, otra causa que estaría generando este daño son las dilataciones y contracciones debido al cambio de temperatura.

Ilustración 13 Patología identificada Muro 1

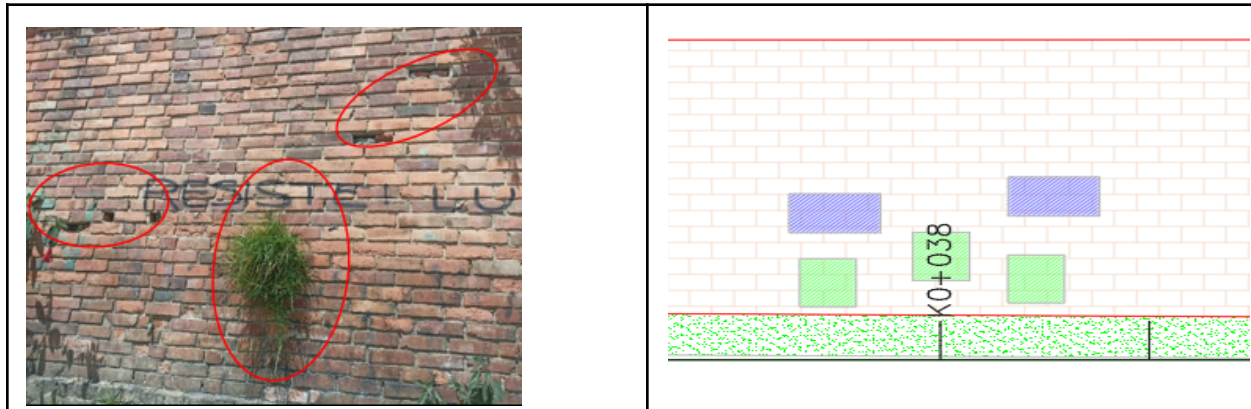


Fuente: propia

En la abscisa k0+038 se identifica una lesión biológica con crecimiento de pasto sobre la parte inferior del muro con área igual a 0.94m² debido a la vegetación del suelo, Igualmente se observa

desprendimiento de ladrillos con área igual a 1.10m² por el deterioro en las juntas del mortero, esto genera aumento de humedad y genera el crecimiento de microorganismos vegetales.

Ilustración 14 Patología identificada Muro 1



Fuente: propia

En la abscisa k0+053 se observan separaciones entre el material de cimentación con espesores promedio de 31 mm en un área de 0.72m² debido a asentamientos diferenciales del suelo existente y cargas internas recibidas por el muro, se observa crecimiento de pasto entre las uniones de la cimentación del muro y el suelo existente.

Ilustración 15 Patología identificada Muro 1



Fuente: propia

En la abscisa K0+065 se observa una fisura vertical al muro con longitud igual a 2.32m y espesor igual a 4.0mm, esta fisura se prolonga sobre la junta en mortero de los ladrillos, debido a las cargas verticales recibidas por el muro y su peso propio.

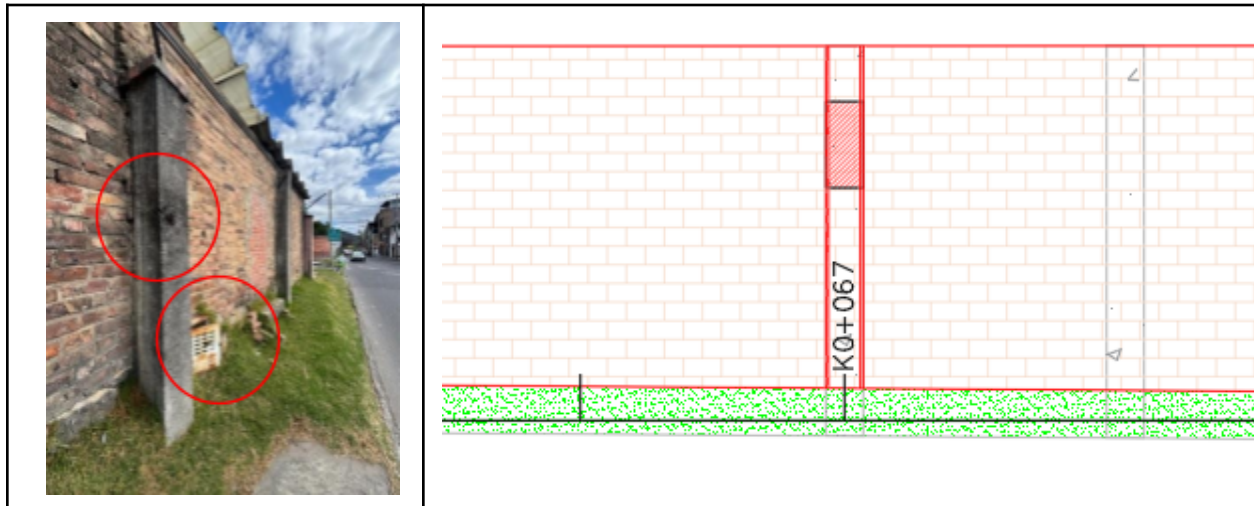
Ilustración 16 Patología identificada Muro 1



Fuente: propia

En la abscisa k0+067, sobre la columna se observa erosión física con un área de 0,38m², debido a la exposición de la fachada a agentes atmosféricos, se observa que el desprendimiento de conglomerantes aumenta la porosidad en la estructura y disminuye su resistencia a otros agentes que la puedan afectar. Las cajillas de servicio público se observan en mal estado con oxido debido al medio ambiente y con cerraduras de las puertas dañadas.

Ilustración 17 Patología identificada Muro 1



Fuente: propia

Sobre el muro No. 1 se identificaron 6 afectaciones que suman un área total de 4,91m² y representan el 1,85% de la superficie total del muro, el cual cuenta con un área de 265,93m² por lo tanto el porcentaje de área en buen estado del muro corresponde a 98,15%, como se muestra a continuación:

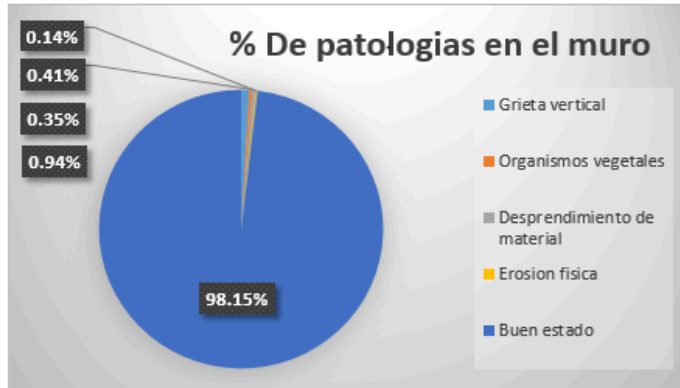
Tabla 1 Relación de daños identificados en Muro 1

Dimensiones muro 1		Cant. Daños	Ubicación	Descripcion	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Porcentaje
Longitud (m)	75.98	1	k0+00.86	Grieta vertical	3.57	0.3	1.07	0.40%
Altura (m)	3.5	2	k0+038	Organismos vegetales	1.84	0.51	0.94	0.35%
Area total muro (m2)	265.93	3	k0+038	Desprendimiento de material	1.33	0.83	1.10	0.41%
% Total evaluado	100%	4	k0+053	Grieta vertical	2	0.36	0.72	0.27%
		5	k0+065	Grieta vertical	2.32	0.3	0.70	0.26%
		6	k0+067	Erosion fisica	0.95	0.4	0.38	0.14%
				Total daños			4.91	1.85%
				Total en buen estado			261.02	98.15%

Fuente: propia

Tabla 2 Porcentaje de patologías en el Muro 1

% De patologías en muro	
Grieta vertical	0.94%
Organismos vegetales	0.35%
Desprendimiento de material	0.41%
Erosion fisica	0.14%
Buen estado	98.15%

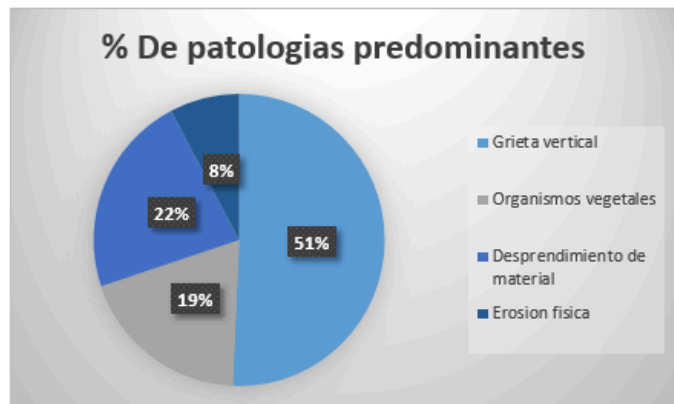


Fuente: propia

Dentro de las patologías identificadas sobre el muro se observa que predominan las grietas verticales las cuales abarcan un área de 2, 49m² sobre la totalidad del muro y obtiene un porcentaje de 50,71% en relación a todos los daños existentes. La segunda patología predominante es el desprendimiento de material con un área de 1,10m², mientras que la menos significativa es la erosión física con área de 0,38m² que equivale al 7,74% del total de los daños.

Tabla 3 Porcentaje de patologías predominantes en el Muro 1

% De patologías predominantes		
Descripcion	Area (m2)	Porcentaje
Grieta vertical	2.49	50.71%
Organismos vegetales	0.94	19.14%
Desprendimiento de material	1.10	22.40%
Erosion fisica	0.38	7.74%
Total daños	4.91	100%



Fuente: propia

Muro ubicado sobre el costado oriental de la Carrera 6A, con longitud =74m, entre las abscisas K0+00 a la K0+43.73 presenta altura de 2.54m (sentido norte-sur), con acabado superficial en estuco y pintura blanca, igualmente se observan en este tramo 14 columnas con ancho igual a 0.40m, (Ver anexo 1, Muro de cerramiento 2).

De las abscisas K0+43.73 a la K0+74.00 se evidencia variación en la altura del muro con altura igual a 0.68m y la mampostería únicamente en pintura blanca, con una reja empotrada en varas de hierro sobre la parte superior, con altura de 1.45m separadas cada 0.10m, igualmente se identifican 5 columnas con ancho igual a 0.57m.

El andén frente a este predio es transitable, facilitando la toma de información, con un ancho promedio de 1.10m entre el paramento y el sardinel existente, está conformado en adoquín de arcilla sobre arena, se evidencian piezas sueltas o inexistentes en algunos puntos, igualmente se observa una estructura tipo armario correspondiente a la Empresa de servicio público ETB, en la esquina de la carrera 6A con calle 118.

Ilustración 18. Ubicación general Muro 2

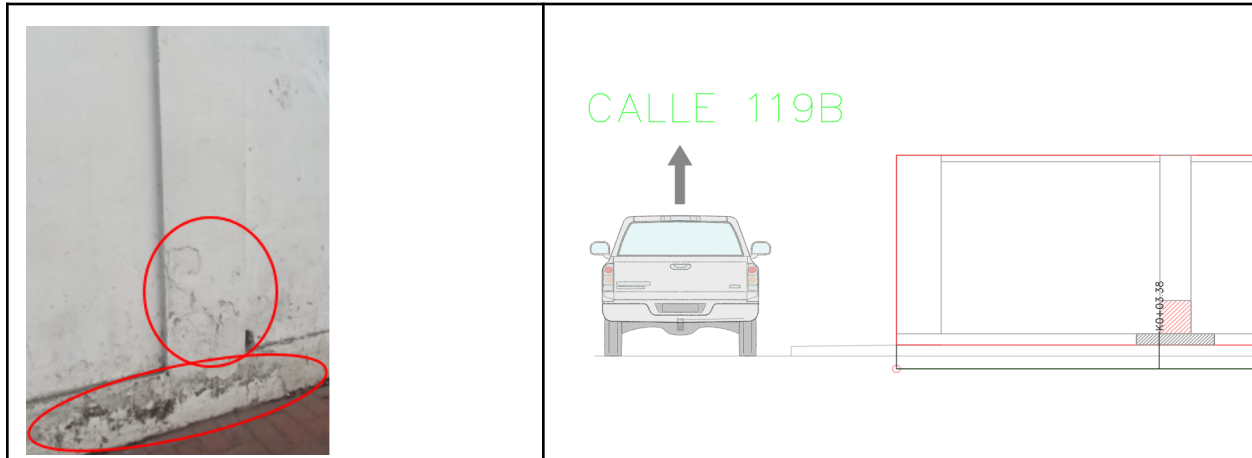




Fuente: propia

Se inicia recorrido de norte a sur y se identifica sobre la abscisa k0+03,38 desprendimientos parciales sobre el material de acabado, con área de 0,37m² debido a la humedad presentada en la parte inferior del muro, se observa presencia de Moho con área de 0,30m² generando cambio en el color de la parte inferior de la fachada y erosiones de material pétreo y en general se ve suciedad sobre los poros superficiales de la fachada.

Ilustración 19 Patología identificada Muro 2

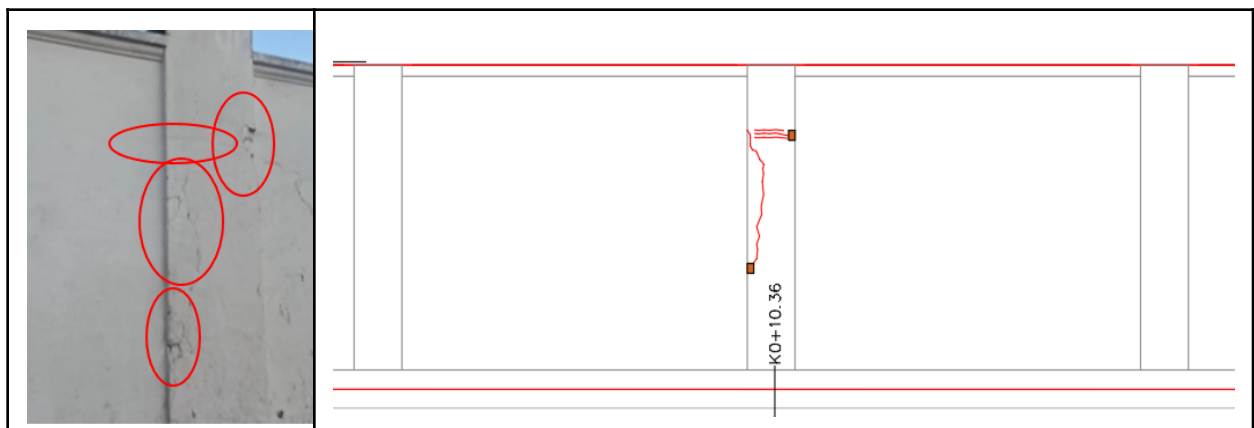


Fuente: propia

En la abscisa k0+010,36 se evidencian fisuras con longitud de 1.20m y espesor de 2,5mm sobre la columna, esta fisura no es totalmente vertical ya que se desvía hacia el costado sur de la columna, se identifican lesiones mecánicas como desportillamientos en las esquinas de la columna, en la parte superior con área de 0,007m² y en la parte inferior con área de 0,01m², estos desportillamientos se

intersectan con la fisura presentada, se observan fisuras en sentido horizontal a la columna con longitud igual a 0.82m y espesor de 0.4mm, generando un mal aspecto sobre el acabado.

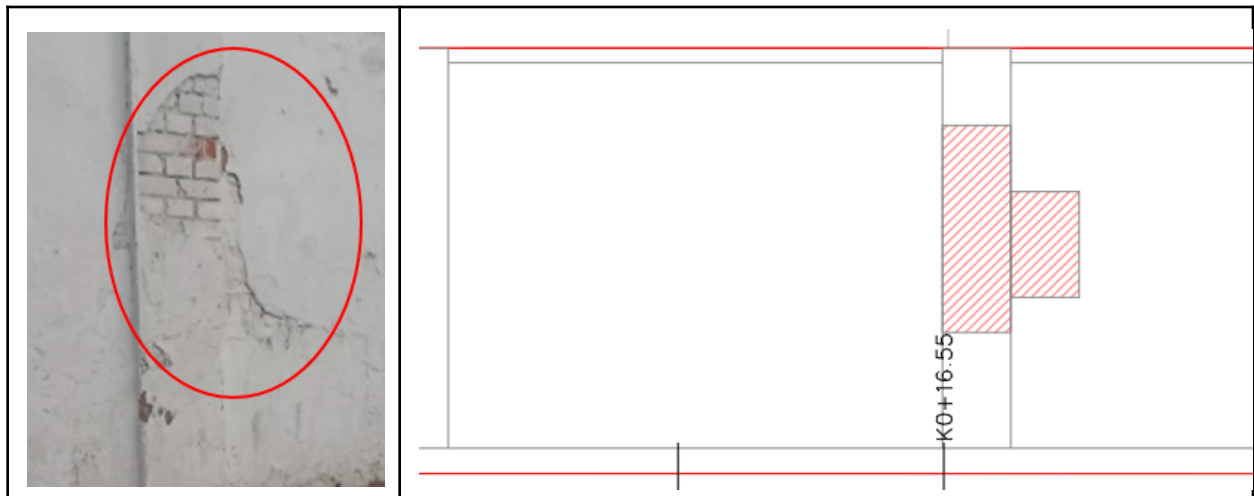
Ilustración 20 Patología identificada Muro 2



Fuente: propia

En la abscisa k0+016,55 se observa desprendimiento de pintura y pañete, igualmente erosión del ladrillo en arcilla con área de 0.96m², esta lesión se generó posiblemente por el envejecimiento de los materiales, debido a que este colegio ya no presta su servicio y por lo tanto no recibe un mantenimiento locativo.

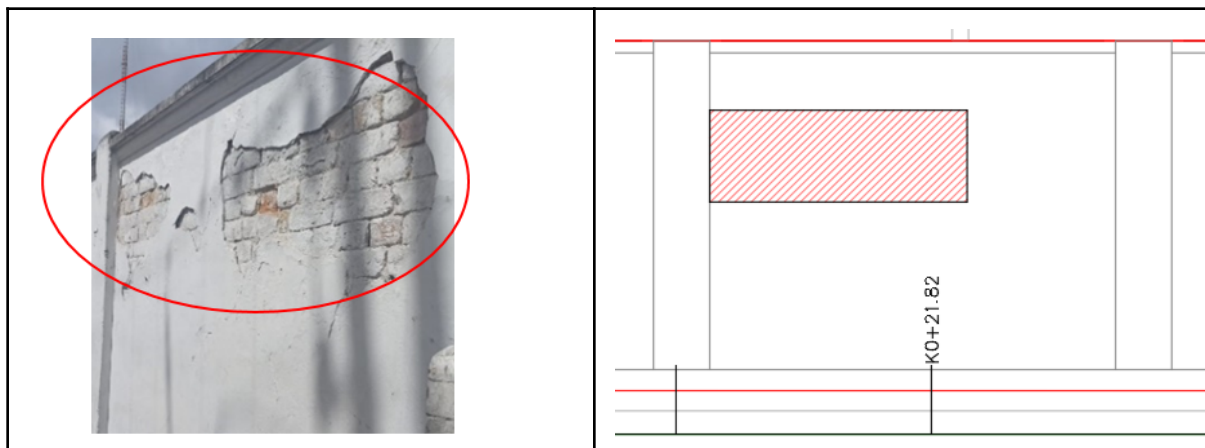
Ilustración 21 Patología identificada Muro 2



Fuente: propia

En la abscisa k0+021,82 se observa desprendimiento del acabado y del pañete, igualmente erosión del adoquín existente con área de 3.08m², esto generado por envejecimiento de los materiales y la humedad presentada en el muro.

Ilustración 22 Patología identificada Muro 2

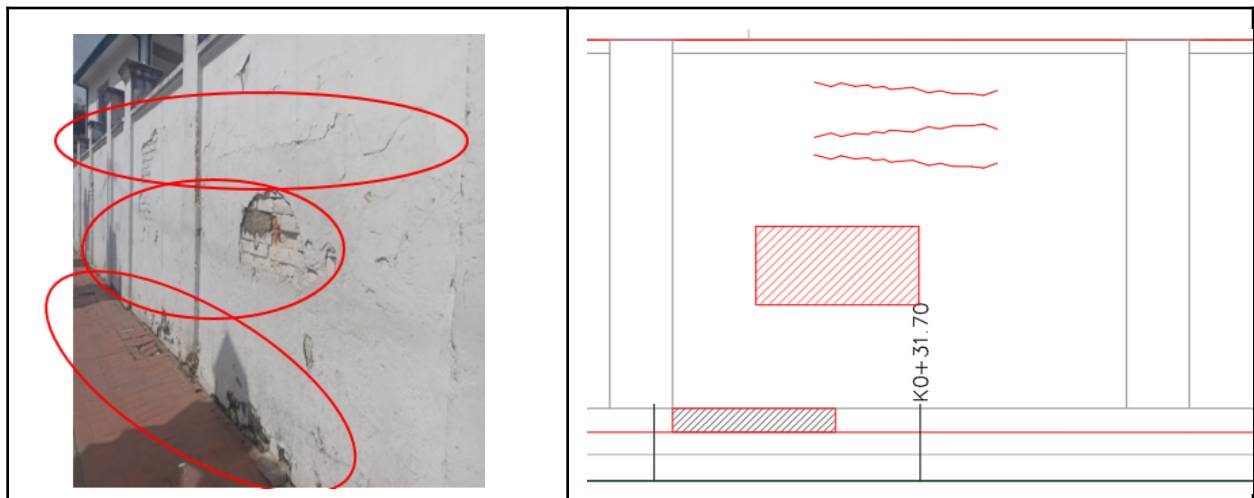


Fuente: propia

En la abscisa k0+031.70 se observa desprendimiento de pañete y pintura con área de 0.72m², ocasionado por humedad en la parte central del muro, se identifican fisuras horizontales al muro con

longitud de 4,70m y espesor de 1,2mm, así mismo se observa presencia de Moho con área de 0,16m² en la parte inferior del muro generando cambio en el color la fachada.

Ilustración 23 Patología identificada Muro 2



Fuente: propia

En la abscisa k0+039.60 se observa desprendimiento en el material de acabado sobre la esquina superior de la columna con área de 0.13m², desprendimiento en el material de acabado sobre la parte inferior de la columna con área de 0.17m², desprendimiento del material de acabado sobre el muro al

costado sur de la columna con área de $0,59\text{m}^2$, grieta con longitud de 1.43m y espesor de 8.2mm y presencia de Moho con área de $0,51\text{m}^2$.

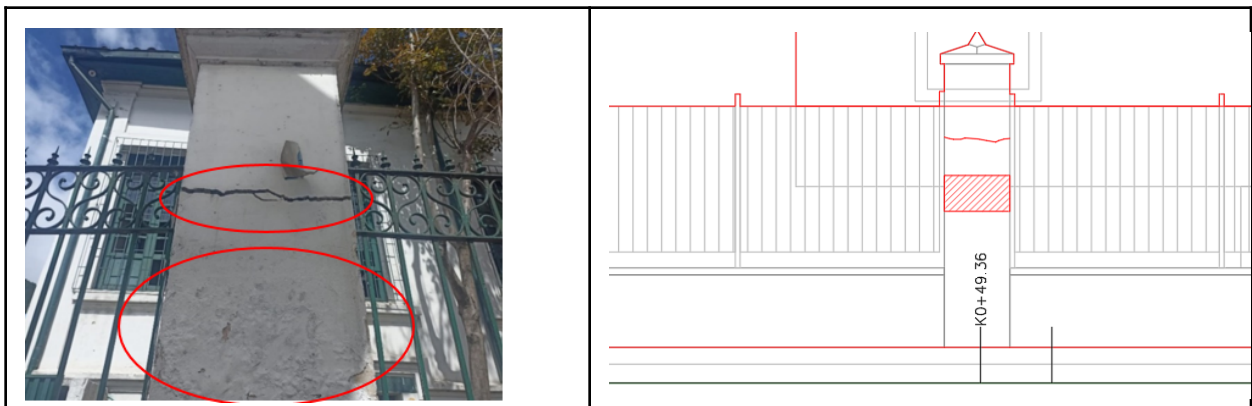
Ilustración 24 Patología identificada Muro 1



Fuente: propia

En la abscisa $k0+49.36$ se identifica una grieta horizontal con longitud igual a 0.94m y espesor de 14mm sobre la columna, al parecer por los movimientos generados en el sismo del año 2008, creando una falla en el concreto, igualmente se observa desprendimiento del material de acabado por la humedad presentada sobre esta estructura con un área de 0.18m^2 .

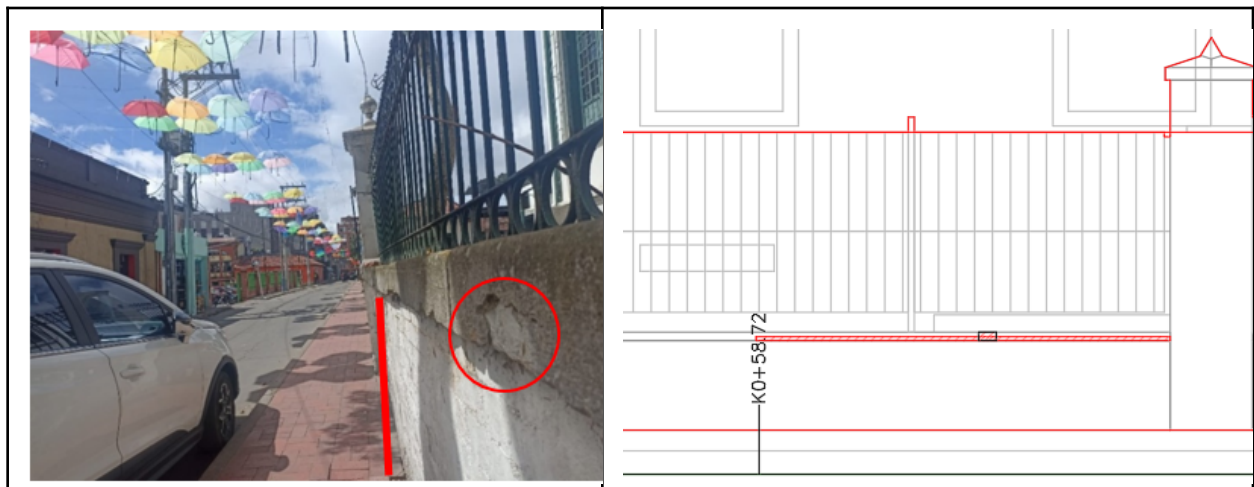
Ilustración 25 Patología identificada Muro 2



Fuente: propia

En la abscisa k0+58.72 se observa desplome del muro hacia la vía con una inclinación de 5°, al parecer por la antigüedad del muro existente y los movimientos generados durante el sismo presentado en el años 2008, por lo cual se vio afectada esta estructura, se observa desprendimiento de material granular por humedad con área de 0.08m².

Ilustración 26 Patología identificada Muro 2



Fuente: propia

En la abscisa k0+067.05 sobre la columna se observa erosión en los ladrillos existentes con área de 0.09m², sobre el costado sur de la columna se observa erosión en los ladrillos con área de 0.17m², y

en la parte inferior del muro sobre la cimentación existente se identifican grietas verticales en una longitud de 1.60m y con altura de 0.12m.

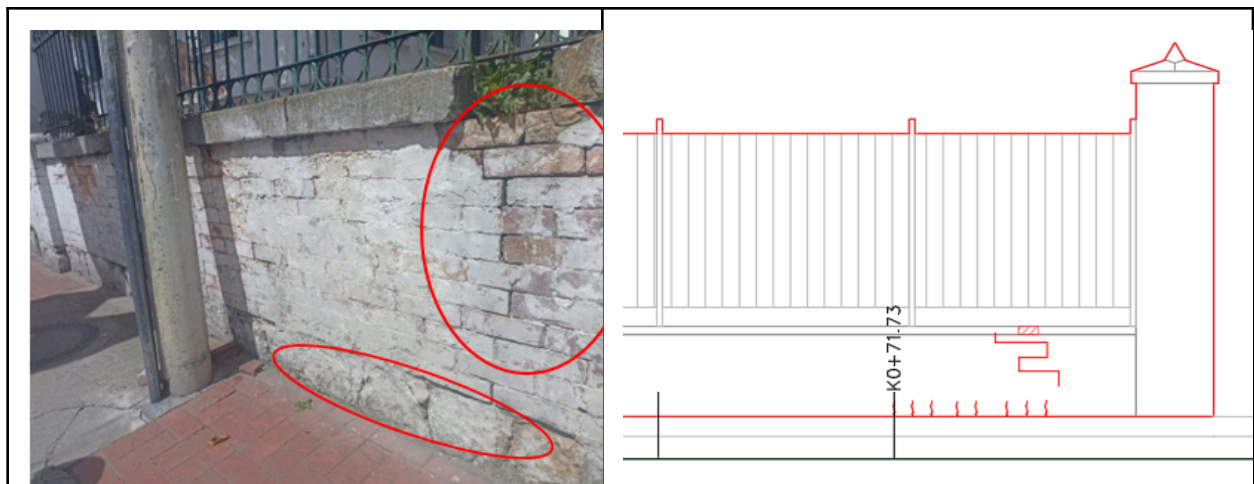
Ilustración 27 Patología identificada Muro 2



Fuente: propia

Sobre la abscisa k0+071.73 se encuentra una grieta generada entre el mortero de pega de los adoquines con longitud de 1.88m y espesor de 21mm, igualmente se observa una grieta generada entre el material de cimentación con espesor promedio de 28mm, el cual está expuesto y no tiene ningún tipo de recubrimiento.

Ilustración 28 Patología identificada Muro 1



Fuente: propia

Sobre el muro No. 2 se identificaron 25 afectaciones que suman un área total de 15,16m² y representan el 11,51% sobre la superficie total del muro, el cual cuenta con un área de 131,66m² por lo tanto el porcentaje de área en buen estado del muro corresponde a 88,49% como se muestra a continuación:

Tabla 4 Relación de daños identificados en Muro 2

Dimensiones muro 2	
Longitud 1 (m)	43.73
Altura 1 (m)	2.54
Longitud 2 (m)	30.27
Altura 2 (m)	0.68
Area total muro (m2)	131.66
% Total evaluado	100%

Cant. Daños	Ubicación	Descripción	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Porcentaje
1	k0+03,38	Desprendimiento de material	0.93	0.4	0.37	0.28%
2	k0+03,38	Organismo - Moho	2	0.15	0.30	0.23%
3	k0+010,36	Fisura vertical	1.2	0.3	0.36	0.27%
4	k0+010,36	Desportillamiento	0.13	0.05	0.01	0.01%
5	k0+010,36	Desportillamiento	0.2	0.05	0.01	0.01%
6	k0+010,36	Fisura horizontal	0.82	0.3	0.25	0.19%
7	k0+016,55	Desprendimiento de material	2.09	0.46	0.96	0.73%
8	k0+021,82	Desprendimiento de material	0.67	4.6	3.08	2.34%
9	k0+031.70	Desprendimiento de material	0.51	1.42	0.72	0.55%
10	k0+031.70	Fisura horizontal	4.7	0.3	1.41	1.07%
11	k0+031.70	Organismo - Moho	1.07	0.15	0.16	0.12%
12	k0+039.60	Desprendimiento de material	0.41	0.32	0.13	0.10%
13	k0+039.60	Desprendimiento de material	0.43	0.4	0.17	0.13%
14	k0+039.60	Desprendimiento de material	0.52	1.14	0.59	0.45%
15	k0+039.60	Grieta horizontal	1.43	0.3	0.43	0.33%
16	k0+039.60	Organismo - Moho	3.4	0.15	0.51	0.39%
17	k0+49.36	Grieta horizontal	0.94	0.3	0.28	0.21%
18	k0+49.36	Desprendimiento de material	0.32	0.56	0.18	0.14%
19	k0+058.72	Desplome de muro	5.7	0.7	3.99	3.03%
20	k0+058.72	Desprendimiento de material	0.03	2.67	0.08	0.06%
21	k0+067.05	Erosion fisica	0.44	0.2	0.09	0.07%
22	k0+067.05	Erosion fisica	0.65	0.26	0.17	0.13%
23	k0+067.05	Grieta vertical	1.6	0.12	0.19	0.15%
24	k0+071.73	Grieta vertical	1.88	0.3	0.56	0.43%
25	k0+071.73	Grieta vertical	1.2	0.12	0.14	0.11%
Total daños					15.16	11.51%
Total en buen estado					116.50	88.49%

Fuente: propia

Tabla 5 Porcentaje de patologías en el Muro 2

% De patologías en muro	
Desplome de muro	3.03%
Desportillamiento	0.01%
Desprendimiento de material	4.78%
Erosion fisica	0.20%
Fisura	1.53%
Grieta	1.22%
Organismo - Moho	0.74%
Buen estado	88.49%



Fuente: propia

Dentro de las patologías identificadas sobre el muro se observa que predomina el desprendimiento de material con área de 6,29m2 sobre la totalidad del muro y obtiene un porcentaje de 41,53% en relación

a todos los daños existentes. La segunda patología predominante es el desplome que presenta el muro con un área de 3,99m², mientras que la menos significativa es el desportillamiento con área de 0,02m² que equivale al 0,11% del total de los daños.

Tabla 6 Porcentaje de patologías predominantes en el Muro 2

% De patologías predominantes		
Descripción	Area (m ²)	Porcentaje
Desplome de muro	3.99	26.33%
Desportillamiento	0.02	0.11%
Desprendimiento de material	6.29	41.53%
Erosion física	0.26	1.70%
Fisura	2.02	13.30%
Grieta	1.61	10.63%
Organismo - Moho	0.97	6.41%
Total daños	15.16	100%



Fuente: propia

Conjunto Santa Teresa

Muro ubicado en el costado oriental de la Carrera 6A con longitud= 96,07m y altura promedio=3m, con área total de 288,21m² está compuesto en mampostería con acabado en estuco y pintura de color blanco y verde, sobre la esquina de la calle 116BIS se encuentra un elemento estructural tipo machón en roca labor, (Ver anexo 1, Muro de cerramiento 3).

El techo es en teja de barro el cual presenta desportillamientos, se observan hojas y material vegetal sobre el mismo debido a los árboles que se encuentran en la parte interna del predio.

Puerta principal en madera, con desgaste por uso y se encuentra en buen funcionamiento.

El andén frente a este predio tiene un ancho promedio de 1.00m entre el paramento y el sardinel existente, está conformado en adoquín de arcilla sobre arena, este andén tiene una altura de 0.50m desde el nivel de vía lo que dificulta el acceso del peatón, comúnmente es utilizado por las

personas para sentarse, igualmente existe infraestructura tipo armario de la empresa de servicio público ETB, para inspección de redes telemáticas, y el andén se encuentra ocupado de diferentes contenedores de plantas con distintos tamaños puestos por la comunidad.

De acuerdo a lo informado por la administradora del conjunto, se realiza mantenimiento de pintura a la fachada del predio cada dos años, igualmente si llega a presentar alguna lesión o afectación, Si es necesario, se realizan asambleas extraordinarias cuando el inmueble presenta algún tipo de daños para evaluar las soluciones y así mantener en buen estado la estructura del conjunto.

No se evidencia presencia de elementos sueltos o inestables propios del Bien de Interés Cultural.

Ilustración 29 Ubicación general Muro 3

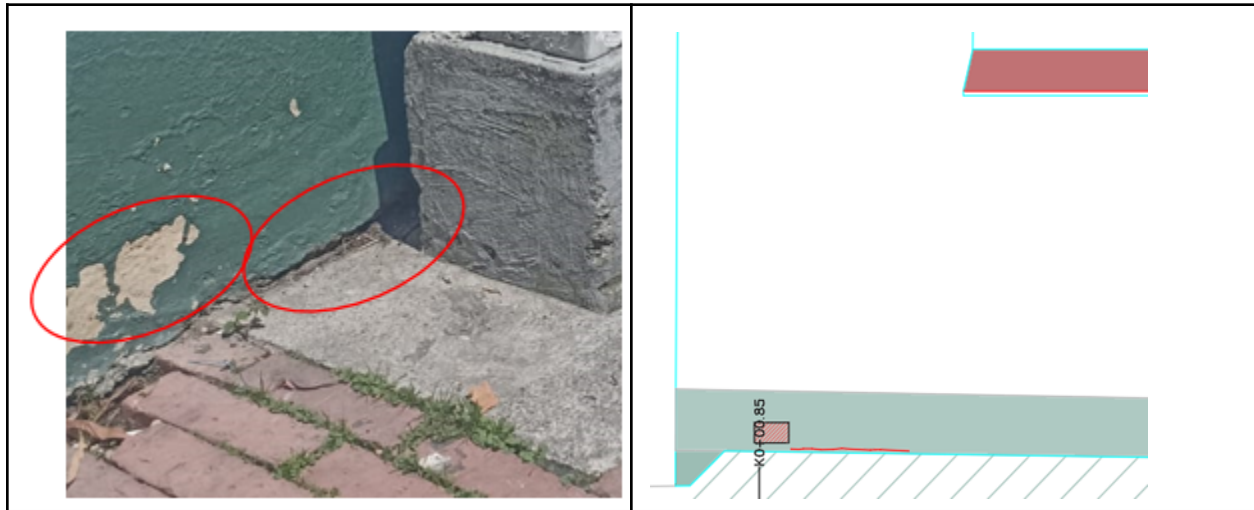


Fuente: propia

En la abscisa k0+00,85 se observa desprendimiento parcial en el estuco con área de 0.07m², por humedad presentada en la parte inferior del muro, igualmente se identifica una grieta entre el muro y el

andén con longitud de 1.2m y espesor de 11mm al parecer por dilataciones y contracciones de la temperatura y humedad generada en el suelo.

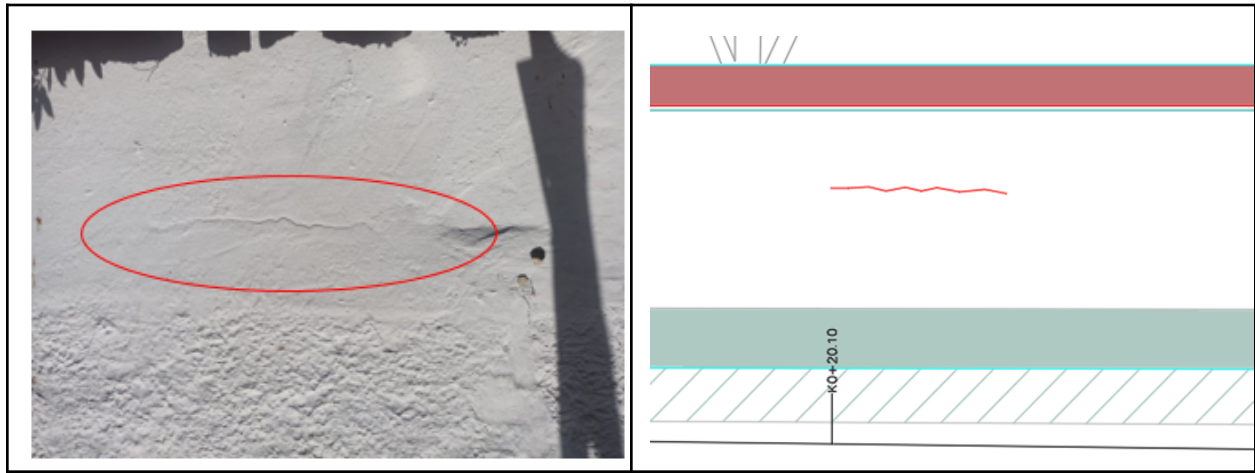
Ilustración 30 Patología identificada Muro 3



Fuente: propia

En la abscisa K0+020.10 se observa fisura horizontal con longitud de 1.83m y espesor de 0.4mm, generada por movimientos de dilatación y contracción, ya que al ser fachada se encuentra expuesta a cambios de temperatura.

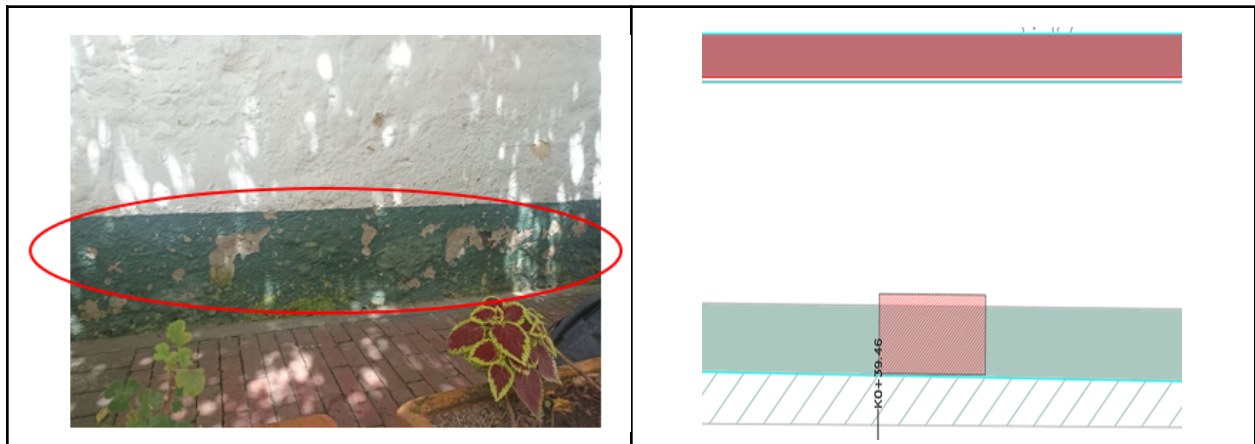
Ilustración 31 Patología identificada Muro 3



Fuente: propia

En la abscisa k0+039.46 se observa desprendimiento en el material de acabado con área de 1,1m², esto por la humedad presentada en la parte inferior del muro.

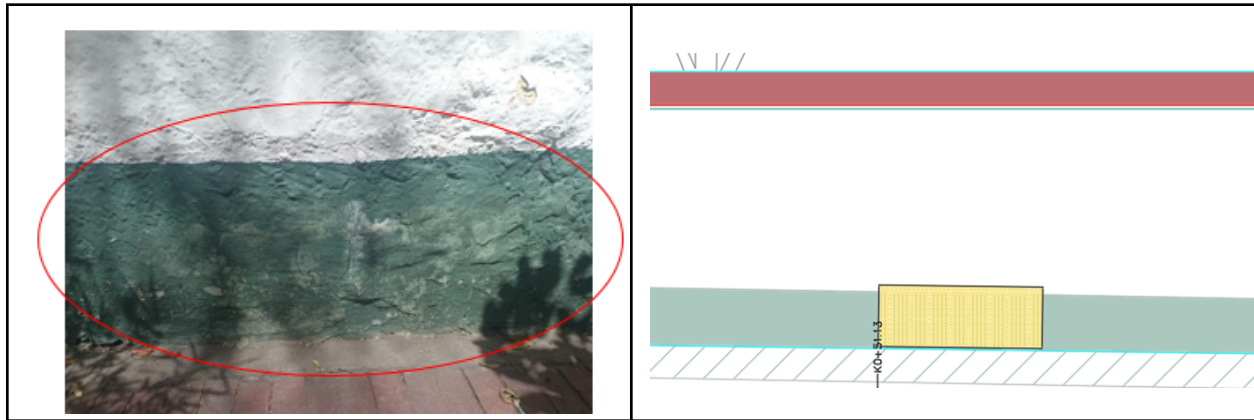
Ilustración 32 Patología identificada Muro 3



Fuente: propia

En la abscisa k0+051.13 Se observa variación en la forma del material sobre la parte inferior del muro con área de 1.5m², debido a los esfuerzos recibidos y el peso propio del muro.

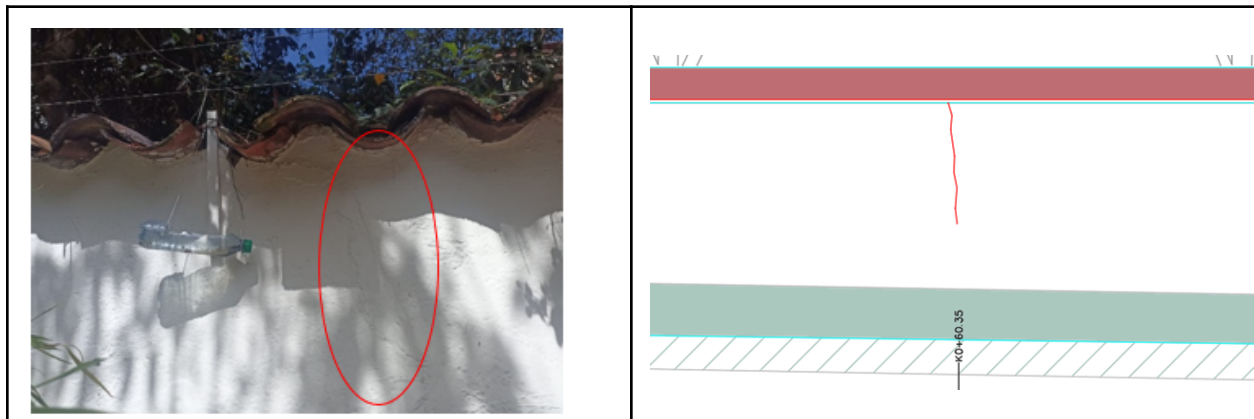
Ilustración 33 Patología identificada Muro 3



Fuente: propia

En la abscisa k0+060.35 observa fisura vertical con longitud de 1.57m y espesor de 0.5mm, generada por movimientos de dilatación y contracción, ya que al ser fachada se encuentra directamente expuesta a cambios de temperatura debido al clima.

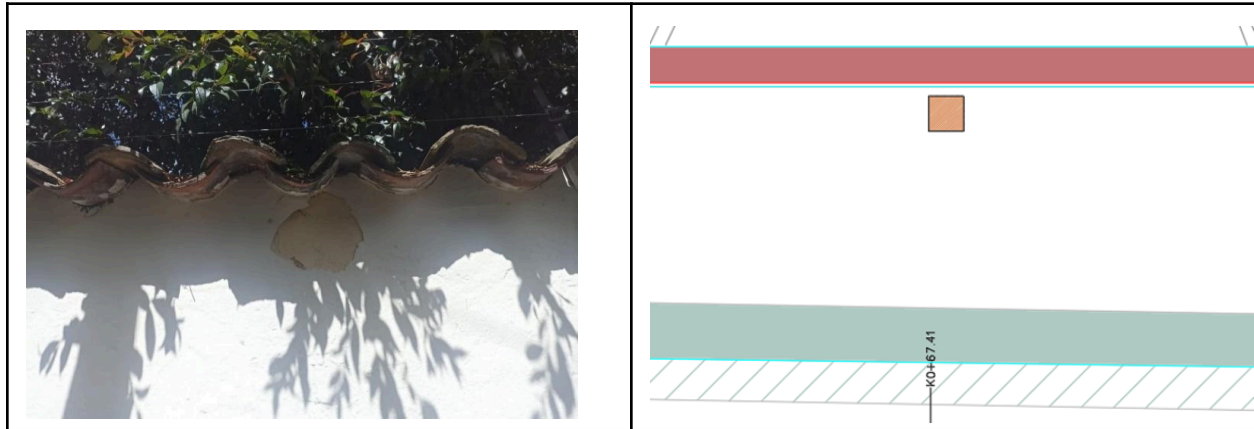
Ilustración 34 Patología identificada Muro 3



Fuente: propia

En la abscisa k0+067.41 observa desprendimiento en el material de acabado con un área de 0.09m², por humedad presentada en la parte superior entre el muro y el tejado.

Ilustración 35 Patología identificada Muro 3



Fuente: propia

Sobre el muro No. 3 se identificaron 7 afectaciones que suman un área total de 4,14m² y representan el 1,44% sobre la superficie total del muro, el cual cuenta con un área de 288,21m² por lo tanto el porcentaje de área en buen estado del muro corresponde a 98,56% como se muestra a continuación:

Tabla 7 Relación de daños identificados en Muro 3

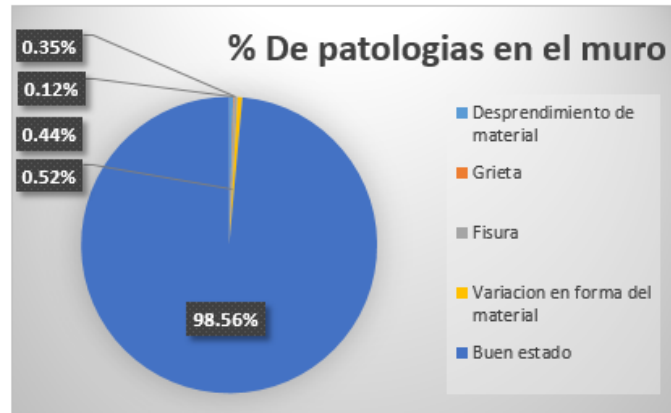
Dimensiones muro 3	
Longitud (m)	96.07
Altura (m)	3
Area total muro (m ²)	288.21
% Total evaluado	100%

Cant. Daños	Ubicación	Descripcion	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Porcentaje
1	k0+00.85	Desprendimiento de material	0.35	0.2	0.07	0.02%
2	k0+00.85	Grieta horizontal	1.2	0.3	0.36	0.12%
3	K0+020.10	Fisura horizontal	1.83	0.3	0.55	0.19%
4	k0+039.46	Desprendimiento de material	1.47	0.75	1.10	0.38%
5	k0+051.13	Variacion en forma del material	1.97	0.76	1.50	0.52%
6	k0+060.35	Fisura vertical	1.57	0.3	0.47	0.16%
7	k0+067.41	Desprendimiento de material	0.4	0.23	0.09	0.03%
Total daños					4.14	1.44%
Total en buen estado					284.07	98.56%

Fuente: propia

Tabla 8 Porcentaje de patologías en el Muro 3

% De patologías en muro	
Desprendimiento de material	0.44%
Grieta	0.12%
Fisura	0.35%
Variacion en forma del material	0.52%
Buen estado	98.56%

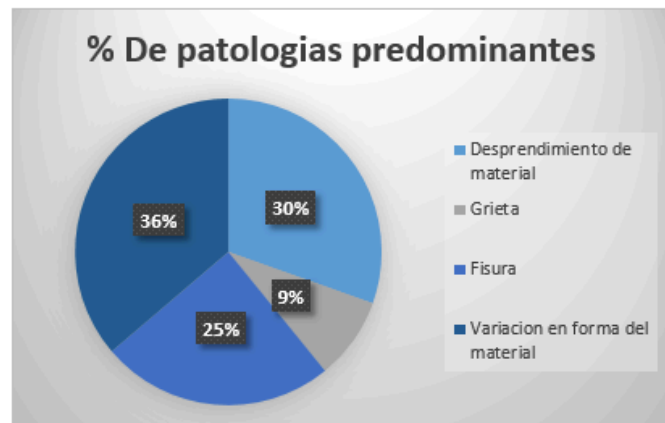


Fuente: propia

Dentro de las patologías identificadas sobre el muro se observa que predominan las variaciones en la forma del material con un área de 1,50m² sobre la totalidad del muro y obtiene un porcentaje de 36,32% en relación a todos los daños existentes. La segunda patología predominante es el desprendimiento del material con un área de 1,26m², mientras que las menos significativas son las grietas con área de 0,36m² que equivalen al 8,70% del total de los daños.

Tabla 9 Porcentaje de patologías predominantes en el Muro 1

% De patologías predominantes		
Descripcion	Area (m2)	Porcentaje
Desprendimiento de material	1.26	30.43%
Grieta	0.36	8.70%
Fisura	1.02	24.64%
Variacion en forma del material	1.50	36.23%
Total daños	4.14	100%



Fuente: propia

Capítulo 6 Análisis de los ensayos de laboratorio

En este capítulo se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a la mampostería de los muros de interés: Muro 1 (Seminario Valmaría), Muro 2 (Colegio Distrital General Santander) y Muro 3 (Conjunto Santa Teresa). Se evaluó la resistencia a la compresión, un parámetro clave para determinar el estado estructural de los muros y su capacidad para soportar cargas. Además, se identificaron los valores promedio, desviación estándar y el rango de resistencias obtenidas, lo que permitió establecer un diagnóstico preciso sobre la calidad y el estado de conservación de cada estructura.

Para determinar la resistencia a la compresión de la mampostería y sus propiedades correlacionadas, se realizó la extracción de muestras siguiendo los lineamientos consignados en la NTC-4205, garantizando que el procedimiento no comprometiera la estabilidad de los elementos evaluados. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a una corrección geométrica previa al refrentado, asegurando dimensiones uniformes para el análisis. El refrentado se llevó a cabo de acuerdo con la NTC 504, y se verificó la planitud según la NTC-1377, con el fin de garantizar la exactitud de los ensayos de resistencia a la compresión. Estos procedimientos permiten evaluar de manera objetiva la calidad de los materiales utilizados en los muros y determinar su comportamiento frente a cargas estructurales.

En este capítulo se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a la mampostería de los muros de interés: Muro 1 (Seminario Valmaría), Muro 2 (Colegio Distrital General Santander) y Muro 3 (Conjunto Santa Teresa). Se evaluó la resistencia a la compresión, un parámetro

clave para determinar el estado estructural de los muros y su capacidad para soportar cargas. Además, se identificaron los valores promedio, desviación estándar y el rango de resistencias obtenidas.

Ilustración 36 Resistencia a la compresión para unidades de mampostería en arcilla

5.1.2 Resistencia mecánica a la compresión

Las unidades de mampostería de arcilla cocida deben cumplir con la resistencia mínima a la compresión que se especifica en las Tablas 1 y 2, cuando se ensayan según el procedimiento descrito en la NTC 4017.

En los ladrillos de perforación vertical, la resistencia neta a la compresión se calcula dividiendo la carga de rotura o de falla por el área neta de la sección perpendicular a la carga (se descuentan las áreas de celdas y perforaciones). En los ladrillos macizos, la resistencia neta y la resistencia bruta son iguales porque se calculan dividiendo por el área de apoyo de los ladrillos.

Tabla 1. Propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural

Tipo	Resistencia mínima ¹⁾ a la compresión Pa (kgf/cm ²)		Absorción de agua máxima en %			
	Prom 5 U	Unidad	Interior *		Exterior	
			Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad
PH	5,0 (50)	3,5 (35)	13	16	13,5	14
PV	18,0 (180)	15,0 (150)	13	16	13,5	14
M	20,0 (200)	15,0 (150)	13	16	13,5	14

¹⁾ Para el caso de ladrillos de perforación vertical, los valores establecidos corresponden a Resistencia Neta mínima a la compresión, en los otros casos corresponden a Resistencia Bruta.

PH = unidad de mampostería de perforación horizontal (ladrillo y bloque)

PV = unidad de mampostería de perforación vertical (ladrillo y bloque)

M = unidad de mampostería maciza (ladrillo)

* = véase la definición de ladrillo interior del numeral 3.1.1

Fuente: Extraído de norma NTC-4205, Pag. 4

Ilustración 37 Propiedades físicas de unidades de mampostería no estructural

Notas:

- 1) Se debe considerar defecto principal, el no cumplimiento de la resistencia y como defecto secundario el no cumplimiento de la absorción. El no cumplimiento de la resistencia motiva además el rechazo de los especímenes, mientras que el incumplimiento de la absorción queda condicionado a los demás requisitos de calidad que establece esta norma y a lo acordado entre cliente y proveedor.
- 2) Para unidades de perforación vertical de 20 cm de altura o más, el requisito de resistencia a la compresión se debe reducir en un 25 % sobre los mínimos exigidos por la tabla.

Tabla 2. Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural

Tipo	Resistencia mínima ¹⁾ a la compresión Pa (kg/cm ²)		Absorción de agua máxima en %			
			Interior		Exterior	
	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad
PH	3,0 (30)	2,0 (20)	17	20	13,5	14
PV	14,0 (140)	10,0 (100)	17	20	13,5	14
M	14,0 (140)	10,0 (100)	17	20	13,5	14

¹⁾ Para el caso de ladrillos de perforación vertical, los valores establecidos corresponden a Resistencia Neta mínima a la compresión, en los otros casos corresponden a Resistencia Bruta.

PH = unidad de mampostería de perforación horizontal (ladrillo y bloque)

PV = unidad de mampostería de perforación vertical (ladrillo y bloque)

M = unidad de mampostería maciza (ladrillo)

Fuente: Extraído de norma NTC-4205, Pag. 5

La estructura existente y resultados de laboratorio obtenidos se llevan a comparación con la especificación técnica IDU 2018 donde para material granular contiene los siguientes parámetros:

Ilustración 38 Características de material granular

Ensayo	Norma de Ensayo	Clase	
		SBG PEA_A	SBGPEA_B
Equivalente de Arena, % mínimo (1)	INV E 133-13	20	20
Valor de Azul de Metileno, máximo	INV E 235-13	12	14
Capacidad de Soporte			
CBR, % mínimo - Referido al 98 % de la densidad seca máxima, según el ensayo INV E-142-13 (AASHTO T 180), método D, después de 4 días de inmersión. (2)	INV E 148-13	30	20

Tabla 512.2
Requisitos de los agregados para subbases granulares

Ensayo	Norma de Ensayo	Clase		
		SBG PEA_A	SBGPEA_B	
Dureza				
Desgaste Los Angeles	- En seco, 500 revoluciones, % máximo	INV E 218-13	50	50
Micro Deval, % máximo	- Agregado Grueso	INV E 238-13	40	40
Limpieza				
Limite Líquido, % máximo		INV E 125 -13	30	35
Índice de Plasticidad, % máximo		INV E 126-13	8	10

Fuente: Especificación técnica IDU-2028

En la figura 6.1 se observa el procedimiento seguido para retirar fragmentos representativos de cada muro sin comprometer su estabilidad. La extracción se realizó siguiendo los lineamientos técnicos para garantizar resultados precisos.

Ilustración 39 Proceso de extracción de muestras de mampostería



Fuente: Proceso extracción de muestras, laboratorio JML

Para evaluar la calidad estructural de la mampostería, se realizaron extracciones de muestras representativas de los tres muros analizados. Cada muestra fue seleccionada estratégicamente para reflejar las condiciones actuales de los materiales y sus características físicas antes de ser sometidas a los ensayos de laboratorio.

Ilustración 40 Muestra de mampostería extraída N° 1



Fuente: Laboratorio JML

La muestra extraída de este muro mostró signos de deterioro por humedad y desgaste en las juntas de mortero, lo que sugiere una disminución en su resistencia estructural con el tiempo. Se

observó una textura desigual en los ladrillos, lo que indica variabilidad en la calidad de los materiales utilizados en la construcción original.

Ilustración 41 Muestra de mampostería extraída N° 2



Fuente: Laboratorio JML

La muestra de este muro presentó una mampostería de alta densidad y mejor cohesión entre sus materiales, lo que explica su mayor resistencia a la compresión en comparación con los otros muros. El

mortero de unión se encontraba en mejores condiciones y se evidenció una menor presencia de fisuras en la estructura extraída.

Ilustración 42 Muestra de mampostería extraída N° 3



Fuente: Laboratorio JML

La extracción de este muro evidenció fisuras y pérdida de material superficial, lo que indica un alto grado de vulnerabilidad y la necesidad de medidas de conservación.

6.1 Resultados de los ensayos

Los ensayos de laboratorio permitieron obtener la resistencia a la compresión en Megapascales (MPa) para cada muro. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 10 Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de los muros analizados.

Muro	Resistencia Promedio (MPa)	Desviación Estándar (MPa)	Rango de Resistencia (MPa)
Muro 1 - Seminario Valmaría	16.57	3.13	13.44 - 19.69
Muro 2 - Colegio Gral. Santander	30.59	7.25	23.34 - 37.83
Muro 3 - Conjunto Santa Teresa	14.78	2.07	12.71 - 16.84

Fuente: Elaboración Propia

6.2 Interpretación de resultados

El análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio permite comprender la capacidad estructural de cada muro y su estado actual en términos de resistencia. En esta sección, se presentan comparaciones entre los valores de resistencia a la compresión, se evalúa la variabilidad de los datos y se identifican posibles implicaciones estructurales. Este análisis es fundamental para determinar la necesidad de intervenciones y reforzamientos en los muros patrimoniales.

6.2.1 Comparación de la resistencia a la compresión

1. El Muro 2 (Colegio Distrital General Santander) muestra la mayor resistencia promedio con 30.59 MPa, lo que indica que la mampostería posee una buena capacidad estructural. Sin embargo, su desviación estándar de 7.25 MPa sugiere una variabilidad considerable en la calidad de los materiales utilizados.
2. El Muro 1 (Seminario Valmaría) tiene una resistencia promedio de 16.57 MPa, con un rango de valores entre 13.44 MPa y 19.69 MPa, lo que indica una mampostería de resistencia media, posiblemente con materiales de menor calidad o deterioro por el tiempo.
3. El Muro 3 (Conjunto Santa Teresa) presenta la menor resistencia con 14.78 MPa, lo que lo convierte en el más vulnerable estructuralmente. Este resultado indica que el muro podría requerir refuerzos estructurales o intervenciones preventivas.

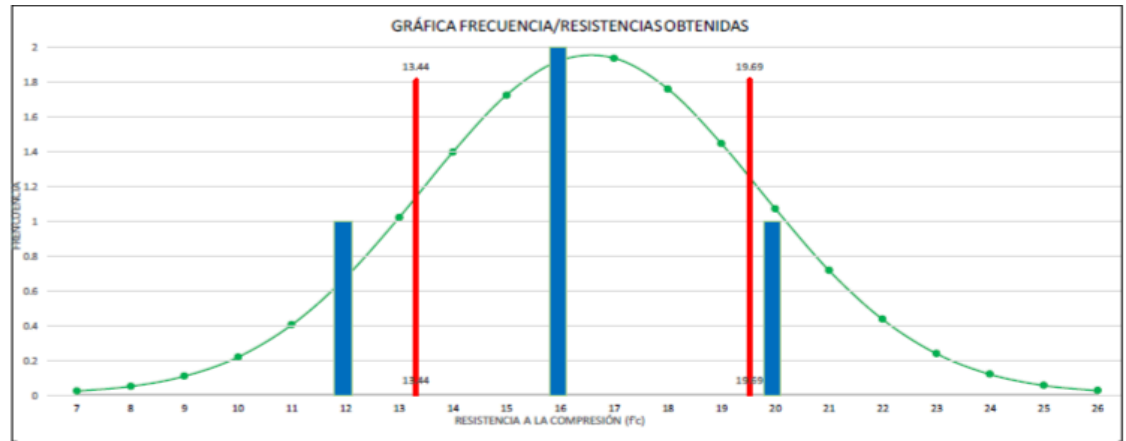
6.2.2 Distribución y variabilidad de los datos

El análisis de la variabilidad muestra que:

- Muro 2 tiene la mayor variabilidad en los resultados, lo que indica diferencias significativas en la calidad de la mampostería a lo largo del muro.

- Muro 1 y Muro 3 tienen valores más homogéneos, con desviaciones estándar de 3.13 MPa y 2.07 MPa respectivamente, lo que sugiere que la mampostería es más uniforme en calidad.

Ilustración 43 Análisis frecuencias vs resistencias obtenidas



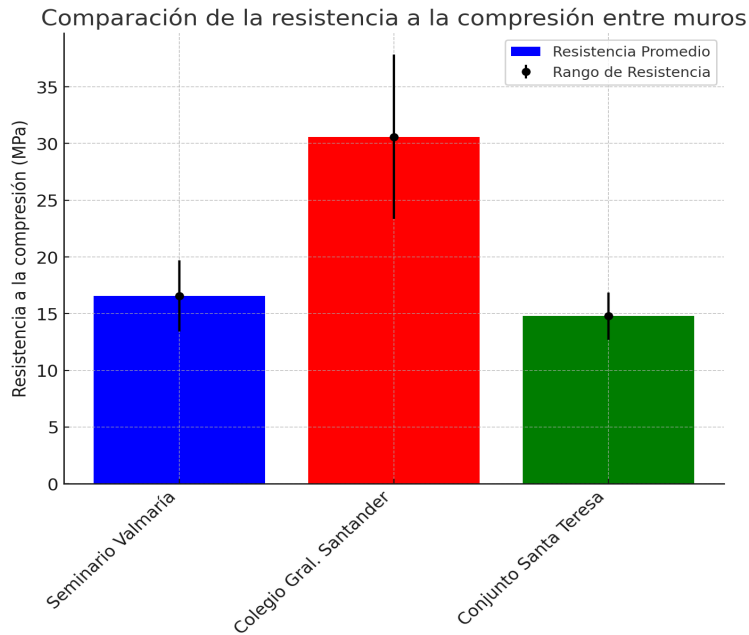
Fuente: Elaboración Propia

Este gráfico permite visualizar la distribución de las resistencias obtenidas en los ensayos. Se observa que la mampostería del Muro 2 tiene la mayor variabilidad, mientras que la del Muro 3 es la más homogénea, pero con menor resistencia.

6.3 Visualización de resultados

Para ilustrar mejor la comparación entre los muros, a continuación, se presenta un gráfico de barras que muestra la resistencia a la compresión promedio de cada muro, junto con sus rangos mínimo y máximo. Esta representación visual permite identificar de manera clara las diferencias en la calidad estructural de cada muro, resaltando la variabilidad de los materiales utilizados y las posibles implicaciones en su estabilidad. Además, se facilita la detección de patrones de debilidad y fortalezas en la mampostería, lo que contribuirá a la formulación de estrategias adecuadas para su conservación y refuerzo.

Ilustración 44 Comparación de la resistencia a la compresión de los muros analizados.



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica se observa que el Muro 2 tiene la mayor resistencia a la compresión, mientras que el Muro 3 es el más débil estructuralmente. Esto confirma la necesidad de medidas de refuerzo para los muros con menor capacidad estructural.

6.4 Conclusiones del análisis

El análisis de los ensayos de laboratorio ha permitido establecer un diagnóstico detallado del estado estructural de los muros evaluados. A partir de las pruebas de resistencia a la compresión, se ha identificado que existen diferencias significativas en la calidad de los materiales utilizados en cada muro, lo que impacta directamente en su estabilidad y durabilidad. En general, los resultados obtenidos han proporcionado información clave para la toma de decisiones en cuanto a la conservación y refuerzo de estas estructuras patrimoniales.

El Muro 2 (Colegio Distrital General Santander) ha demostrado poseer la mayor resistencia, lo que sugiere una mampostería de mejor calidad o menos expuesta a deterioro con el tiempo. Por otro

lado, el Muro 1 (Seminario Valmaría) y el Muro 3 (Conjunto Santa Teresa) presentan valores más bajos de resistencia a la compresión, lo que indica que requieren medidas de intervención para evitar su deterioro progresivo. En particular, el Muro 3 es el que presenta la menor capacidad estructural, por lo que debe ser priorizado en las estrategias de conservación.

Los resultados también evidencian la importancia de evaluar no solo la resistencia mecánica de los materiales, sino también su comportamiento ante factores ambientales como la humedad y la exposición a agentes externos. La variabilidad de los datos obtenidos sugiere que algunos sectores de los muros pueden estar más afectados que otros, lo que refuerza la necesidad de realizar inspecciones periódicas y aplicar métodos de consolidación estructural. En conclusión, este capítulo ha permitido comprender con mayor profundidad las condiciones actuales de los muros analizados y su desempeño estructural. La información obtenida servirá como base para la formulación de estrategias de intervención que garanticen la preservación de estos bienes de interés cultural, minimizando los riesgos de deterioro y asegurando su estabilidad en el tiempo.

Capítulo 7 Alternativas constructivas para la conservación de los tres muros de BIC previo a la ejecución de obras civiles

El Centro Fundacional de Usaquén es un área de gran importancia histórica y cultural en Bogotá. La conservación de los muros catalogados como Bienes de Interés Cultural (BIC) es un reto para la ingeniería civil, ya que deben preservarse sus características arquitectónicas y estructurales mientras se ejecutan obras civiles en su entorno. La intervención en estos muros requiere un análisis detallado de sus patologías y la implementación de estrategias de conservación que minimicen el impacto y eviten su deterioro.

Según García y Torres (2022), la preservación del patrimonio arquitectónico debe integrar técnicas modernas de restauración con métodos tradicionales para garantizar la estabilidad estructural sin comprometer su autenticidad. Esto implica la adopción de enfoques multidisciplinarios que incluyan estudios de materiales, mecánica estructural y gestión del riesgo (Rodríguez & Martínez, 2021).

7.1 Criterios Generales para la Conservación

Para asegurar la adecuada conservación de los muros BIC antes, durante y después de la ejecución de las obras, es fundamental aplicar una serie de criterios generales. En primer lugar, se debe realizar una documentación detallada del estado actual de los muros mediante registros escritos, fotográficos y filmaciones, lo que permitirá detectar cambios estructurales en el tiempo y evaluar posibles afectaciones derivadas del proceso constructivo (López et al., 2020).

Otro aspecto clave es la implementación de un sistema de monitoreo continuo, con inspecciones programadas que permitan identificar nuevas patologías o progresión de las existentes. Estas inspecciones deben complementarse con la instalación de dispositivos de medición de desplazamientos y fisuras, garantizando así un control efectivo del estado de los muros (Pérez & Gómez, 2019).

Además, es fundamental capacitar al personal operativo involucrado en las obras para que maneje con cuidado los bienes patrimoniales y evite prácticas que puedan comprometer su estabilidad. Esto incluye restricciones en la colocación de materiales sobre los muros, limitaciones en el uso de herramientas pesadas y el respeto de perímetros de seguridad (Castro, 2023).

7.2 Alternativas Constructivas para la Conservación de los Muros

La conservación de los muros BIC en el Centro Fundacional de Usaquén requiere la implementación de diversas estrategias constructivas que permitan preservar su estabilidad estructural y su valor patrimonial. Para ello, es fundamental considerar intervenciones que refuercen su cimentación,

mejoren la resistencia de la mampostería y minimicen los impactos ambientales derivados de la ejecución de obras civiles en su entorno. Según Ramírez (2021), las intervenciones deben planificarse bajo un esquema de conservación preventiva, lo que implica minimizar el impacto físico de los procesos constructivos y garantizar la compatibilidad entre materiales antiguos y nuevos.

7.2.1 Reforzamiento de la Cimentación

La cimentación de los muros es un factor determinante en su estabilidad estructural. Dado que los estudios de suelo han evidenciado la presencia de materiales cohesivos, se propone la ampliación del área de cimentación mediante la adición de elementos estructurales que mejoren la distribución de cargas y refuercen la base de los muros (Gómez et al., 2022).

Tabla 11 Alternativas para el Reforzamiento de la Cimentación

Alternativa	Descripción	Beneficios
Ampliación de cimentación	Aumento de la base de apoyo con concreto armado	Reduce la concentración de esfuerzos
Pilotes barrenados	Transferencia de cargas a estratos resistentes	Mejora la estabilidad del muro
Muros de contención	Construcción de estructuras de soporte	Disminuye empujes laterales

Fuente: Elaboración Propia

Entre las alternativas viables, se encuentra el reforzamiento con pilotes barrenados, los cuales permiten transferir las cargas de los muros a estratos más resistentes del suelo. Este proceso consiste en la perforación de cavidades en el subsuelo, la instalación de refuerzos en acero y el vaciado de concreto para mejorar la estabilidad del conjunto. Otra técnica aplicable es la construcción de muros de

contención, los cuales reducirían los empujes laterales que actualmente afectan a los muros, especialmente en zonas con diferencias de nivel entre el interior y el exterior de los predios.

7.2.2 Conservación de la Mampostería

El mantenimiento de la mampostería es esencial para la preservación de los muros BIC. Debido a la antigüedad de los materiales y las condiciones ambientales, se han identificado patologías como fisuras, desprendimientos y erosión de la superficie. Para mitigar estos problemas, es recomendable la aplicación de consolidantes específicos que refuercen la cohesión del material sin alterar su composición química (Hernández & Suárez, 2020).

Tabla 12 Técnicas de Conservación de la Mampostería

Técnica	Aplicación	Beneficio
Inyecciones de mortero	Sellado de fisuras y grietas	Mejora la estabilidad del material
Refuerzo con fibra de carbono	Aplicación en zonas de alto deterioro	Aumenta la resistencia estructural
Protección con capa de cal	Prevención de acumulación de humedad	Prolonga la vida útil de la mampostería

Fuente: Elaboración Propia

7.2.3 Manejo del entorno

Las obras en el Centro Fundacional de Usaquén requieren un manejo adecuado del entorno para evitar que factores externos generen daños en los muros. Uno de los principales riesgos es el uso de maquinaria pesada en las proximidades, lo que puede inducir vibraciones perjudiciales. Para minimizar este impacto, se recomienda restringir la circulación de vehículos pesados cerca de los muros y realizar excavaciones manuales en las áreas más sensibles.

Tabla 13 Medidas para el Manejo del Entorno

Medida	Objetivo	Efecto
Control de vibraciones	Restricción del uso de maquinaria pesada	Reduce el impacto estructural
Manejo de aguas	Instalación de sistemas de drenaje	Evita filtraciones y acumulación de humedad
Protección de fachadas	Uso de coberturas temporales	Minimiza el desgaste por clima y polvo

Fuente: Elaboración Propia

7.3 Estrategias Específicas para Cada Muro

Cada uno de los tres muros analizados presenta particularidades que requieren intervenciones específicas. En el caso del Seminario Valmaría, se recomienda reforzar su cimentación mediante pilotes barrenados y aplicar un sistema de drenaje para reducir la humedad acumulada en la base.

Para el Colegio Distrital General Santander, donde se han identificado fisuras significativas, es esencial la aplicación de inyecciones de mortero estructural y la consolidación de columnas con refuerzos internos.

El Conjunto Santa Teresa, al presentar desprendimientos superficiales, requiere tratamientos de restauración en su revestimiento y un monitoreo constante para prevenir la progresión de sus lesiones estructurales.

7.4 Síntesis y Proyecciones Futuras

La preservación de los muros BIC en el Centro Fundacional de Usaquén es un desafío que requiere la aplicación de múltiples estrategias de intervención. La implementación de alternativas constructivas que respeten la naturaleza original de los materiales y minimicen el impacto de las obras civiles es clave para garantizar la integridad de estos bienes patrimoniales.

El análisis detallado de los estudios patológicos y de laboratorio han permitido identificar que las principales amenazas para estos muros incluyen la erosión de la mampostería, la inestabilidad en la cimentación y los impactos externos generados por las obras urbanas. En este sentido, las estrategias propuestas en este capítulo buscan no solo mitigar estos factores de riesgo, sino también fortalecer la estructura y prolongar la vida útil de los muros sin alterar su valor patrimonial.

Las técnicas de reforzamiento de cimentación, como la ampliación del área de apoyo y el uso de pilotes barrenados, ofrecen soluciones viables para estabilizar los muros sin comprometer su autenticidad. Del mismo modo, la conservación de la mampostería mediante consolidación de materiales y refuerzos estructurales garantiza la protección de la integridad de las fachadas, reduciendo la posibilidad de colapsos o deterioros acelerados.

El manejo del entorno es otro aspecto fundamental que no debe subestimarse. Factores como la vibración generada por maquinaria pesada, la acumulación de agua en las cimentaciones y la exposición a agentes climáticos pueden generar daños considerables en los muros si no se adoptan medidas preventivas. Por esta razón, la implementación de controles rigurosos, como la restricción del uso de equipos de alto impacto, la instalación de sistemas de drenaje adecuados y la protección temporal de fachadas, es esencial para evitar deterioros prematuros.

Otro punto relevante es la necesidad de mantener una supervisión constante a lo largo de todas las etapas de la obra. La inspección periódica de los muros, acompañada de mediciones técnicas y registros detallados, permitirá detectar cualquier anomalía en su estado estructural y tomar acciones correctivas de manera oportuna. La colaboración con especialistas en restauración y conservación patrimonial también contribuirá a la adopción de prácticas que se alineen con los estándares internacionales en la protección de bienes históricos.

Desde una perspectiva social y cultural, la preservación de estos muros no solo resguarda la memoria histórica del Centro Fundacional de Usaquén, sino que también promueve la identidad y el sentido de pertenencia de la comunidad. La integración de estrategias constructivas que equilibren la modernización del espacio urbano con el respeto por el patrimonio arquitectónico es clave para garantizar un desarrollo sostenible y armonioso.

En conclusión, la conservación de los muros BIC en el Centro Fundacional de Usaquén es un proceso complejo que exige un enfoque integral y multidisciplinario. La combinación de técnicas de reforzamiento estructural, conservación de materiales y control del entorno permite reducir significativamente los riesgos de afectación durante las obras urbanas. Además, la implementación de planes de monitoreo y la capacitación del personal involucrado en la ejecución del proyecto refuerzan la viabilidad de las intervenciones y aseguran la protección a largo plazo de estos bienes patrimoniales.

Finalmente, el éxito de este proceso dependerá de la articulación entre ingenieros, restauradores, autoridades locales y la comunidad, quienes en conjunto deben velar por la preservación y valorización del patrimonio cultural de Usaquén para las futuras generaciones. que requiere la aplicación de múltiples estrategias de intervención. La implementación de alternativas constructivas que respeten la naturaleza original de los materiales y minimicen el impacto de las obras civiles es clave para garantizar la integridad de estos bienes patrimoniales.

Las propuestas presentadas en este capítulo permiten abordar la conservación de los muros desde un enfoque integral, combinando técnicas de reforzamiento estructural con medidas de prevención y monitoreo. La colaboración entre ingenieros, restauradores y autoridades locales será fundamental para asegurar la aplicación efectiva de estas estrategias y preservar el legado histórico de Usaquén para las futuras generaciones.

Capítulo 8 Conclusiones y Recomendaciones

El estudio realizado sobre la conservación de los tres muros de bienes de interés cultural en el Centro Fundacional de Usaquén ha permitido comprender en profundidad los desafíos estructurales y patrimoniales que enfrentan estas construcciones en el contexto de la ejecución de obras civiles. A lo largo de la investigación, se han identificado las principales patologías que afectan a los muros del Seminario Valmaría, el Colegio Distrital General Santander y el Conjunto Santa Teresa, analizando su origen y las posibles estrategias de intervención que permitan preservar su integridad sin comprometer su valor histórico.

La evaluación de los materiales y la caracterización de los daños han demostrado que la conservación de estas estructuras no puede limitarse únicamente a medidas correctivas. Es necesario adoptar un enfoque preventivo que combine la aplicación de técnicas de consolidación estructural con estrategias de monitoreo continuo. La implementación de refuerzos en la cimentación mediante pilotes barrenados y muros de contención ha sido propuesta como una solución viable para mitigar los efectos de los asentamientos diferenciales y la presión ejercida por los suelos circundantes. Asimismo, el sellado de fisuras y la aplicación de consolidantes en la mampostería permitirán garantizar la estabilidad de los muros ante los efectos del clima y el paso del tiempo.

El análisis detallado de los ensayos de laboratorio ha permitido corroborar la variabilidad en la resistencia de los materiales utilizados en la construcción de estos muros, lo que refuerza la necesidad de intervenciones diferenciadas según el grado de deterioro de cada estructura. En el caso del Colegio Distrital General Santander, se evidenció una mayor resistencia a la compresión, lo que indica una menor urgencia de intervención en comparación con el Seminario Valmaría y el Conjunto Santa Teresa, cuyos valores de resistencia sugieren una mayor vulnerabilidad ante cargas y factores ambientales adversos. Estas diferencias resaltan la importancia de realizar estudios específicos antes de aplicar cualquier

estrategia de conservación para garantizar que las soluciones sean acordes a las características particulares de cada muro.

En términos de gestión y planificación de la obra, se ha determinado que las vibraciones generadas por la maquinaria pesada y las excavaciones profundas pueden representar un riesgo significativo para la estabilidad de estos muros. Por ello, se recomienda restringir el uso de equipos de alto impacto en las inmediaciones de los bienes patrimoniales y emplear técnicas de excavación manual cuando sea posible. Además, el control de la humedad mediante la instalación de drenajes perimetrales y sistemas de evacuación de aguas pluviales contribuirá a reducir el deterioro causado por la acumulación de agua en la base de las estructuras.

Desde una perspectiva patrimonial, la preservación de estos muros trasciende el ámbito de la ingeniería civil y se convierte en un compromiso con la memoria histórica y la identidad cultural de Usaquén. La implementación de medidas de conservación debe ir acompañada de un trabajo de concienciación y participación de la comunidad, promoviendo el respeto y la apropiación del espacio urbano como un elemento fundamental en la protección del patrimonio. En este sentido, es crucial establecer mecanismos de comunicación entre los actores involucrados en la ejecución de la obra, las autoridades locales y la ciudadanía, garantizando que las intervenciones se realicen con total transparencia y con un enfoque integral que contemple tanto la conservación arquitectónica como la funcionalidad del entorno urbano.

A partir de los hallazgos de este estudio, se concluye que la conservación de los bienes de interés cultural en el Centro Fundacional de Usaquén requiere una intervención multidisciplinaria en la que converjan la ingeniería estructural, la restauración arquitectónica y la planificación urbana. La aplicación de tecnologías y materiales compatibles con las edificaciones originales, el monitoreo constante del estado estructural y la adopción de prácticas de construcción de bajo impacto serán fundamentales para

garantizar la estabilidad y durabilidad de los muros en el tiempo. Finalmente, la articulación entre las entidades encargadas de la ejecución de la obra y las instituciones responsables de la protección del patrimonio cultural será determinante para asegurar que las soluciones implementadas no solo respondan a criterios técnicos de seguridad estructural, sino que también respeten y valoren la riqueza histórica que estos muros representan para la comunidad y para la ciudad de Bogotá en su conjunto.

Bibliografía

Alcaldía Local de Usaquén. (2016). Historia de la Localidad. Obtenido de <http://usaquen.gov.co/mi-localidad/conociendo-mi-localidad/historia>

Consortio RGH 2021. (2021). Contrato de Obra No. IDU-1720-2021. Bogotá.

Función Pública. (2013). Ley 1618 de 2013. Obtenido de Art. 14: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=52081>

Tapia-Gomez, M. (2020). La rehabilitación de los centros históricos: criterios de análisis para una intervención inclusiva en Galicia.

Unesco. (1972). Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural. Obtenido de <https://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf>

Valencia Ruiz, D., Lopez Perez, C., & Rivera, C. (2012). Propuesta de normativa para la rehabilitación sísmica de edificaciones patrimoniales.

Alcaldía de Bogotá. (2021). Somos Patrimonio.

Instituto Distrital de Patrimonio. (2019). idpc.gov.co. Obtenido de https://idpc.gov.co/Transparencia/Planeaci%C3%B3n%202019/mayo%202020/Procedimientos/Procedimiento_Inclusion_Exclusion_CambiosdeCategoria_V2.pdf

Ministerio de Cultura de Colombia. (2024). [mincultura.gov.co](https://www.mincultura.gov.co). Obtenido de <https://www.mincultura.gov.co/areas/patrimonio/patrimonio-cultural-inmueble/Paginas/default.aspx>

Castro, M. (2023). Conservación de estructuras históricas en zonas urbanas: Métodos y desafíos. Editorial Técnica.

Fernández, J. (2021). Impacto social de la conservación del patrimonio en Latinoamérica. Universidad Nacional.

García, P., & Torres, L. (2022). Restauración y estabilidad estructural en bienes de interés cultural. *Ingeniería Civil Hoy*, 34(2), 45-67.

Gómez, R., Martínez, C., & Suárez, E. (2022). Técnicas avanzadas en la preservación de estructuras antiguas. *Revista de Ingeniería Patrimonial*, 12(1), 89-105.

Hernández, F., & Suárez, D. (2020). Diagnóstico de patologías en estructuras de mampostería histórica. *Ingeniería y Patrimonio*, 9(4), 56-78.

López, G., Rodríguez, M., & Pérez, J. (2020). Monitoreo y prevención de daños en estructuras patrimoniales. Universidad de Bogotá.

Ramírez, A. (2021). Estrategias de intervención en edificaciones históricas. Instituto de Conservación Patrimonial.

Rodríguez, H., & Martínez, D. (2021). Gestión de riesgos en la restauración de bienes patrimoniales. Editorial Universitaria.

Sánchez, I., Pérez, R., & Gómez, L. (2023). Evaluación estructural y propuestas de reforzamiento en edificaciones antiguas. *Revista de Ingeniería Civil*, 15(3), 78-99.