

**Estudio de Patología Palacio Nacional de Pereira Carrera 8 No. 18-55, Centro,
Pereira, Risaralda**

Autor 1: Leonel de Jesús Juvinao Charris¹

Autor 2: Michael Rigoberto Nivia Fraile²

Tutor: Walter Mauricio Barreto Castillo³

¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.

leonel.juvinao@usantoto.edu.co

²Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.

michael.fraileniv@usantotomas.edu.co

³Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.

walterbarreto@usta.edu.co

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla el estudio patológico del Palacio Nacional de Pereira, edificación institucional construida entre 1946 y 1950, ubicada en la Carrera 10 con Calle 19 del Centro Histórico de Pereira, Risaralda, y declarada Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional mediante Resolución 1394 de 2004 del Ministerio de Cultura. El objetivo es diagnosticar las causas del deterioro estructural y no estructural del inmueble, evaluar su comportamiento sísmico frente a los lineamientos de la NSR-10 y formular una propuesta técnica de intervención orientada a restablecer su capacidad resistente y garantizar su durabilidad, en compatibilidad con los principios de conservación patrimonial.

La metodología integra revisión documental e historia clínica, inspección visual sistemática, levantamiento geométrico y modelación estructural en ETABS con supuestos técnicos de materiales — $f'_c = 14 \text{ MPa}$ y $f_y = 280 \text{ MPa}$, fundamentados en la práctica constructiva colombiana de 1946–1950—, y análisis de vulnerabilidad sísmica conforme al

Capítulo A.10 de la NSR-10.; los parámetros mecánicos se asumen por criterio técnico fundamentado, reconociendo explícitamente el enfoque conservador para el análisis.

Los hallazgos preliminares evidencian deterioro progresivo con patologías de carbonatación, corrosión del acero, filtraciones y recubrimientos insuficientes, agravadas por daño sísmico acumulado tras el terremoto del Eje Cafetero del 25 de enero de 1999. El índice de vulnerabilidad sísmica calculado es 3.80, correspondiente a vulnerabilidad ALTA. Los resultados incluyen diagnóstico técnico integral, matriz de vulnerabilidad sísmica y propuesta de intervención por fases alineada con el ACI 562-19 y la NSR-10.

Palabras clave:

Concreto reforzado, Deterioro estructural, Carbonatación, Corrosión, Patología de la construcción, Vulnerabilidad sísmica, Bien de Interés Cultural, Modelación estructural,

INTRODUCCIÓN

Las edificaciones construidas antes de la promulgación de los primeros códigos sismorresistentes representan uno de los mayores desafíos de la ingeniería civil contemporánea. En América Latina, una fracción significativa del parque edificado institucional data de las décadas de 1940 a 1960, período en el cual la resistencia sísmica no era un criterio de diseño formalizado y el control de la durabilidad de materiales era mínimo (Bonett Díaz et al., 2012). Estas edificaciones presentan una condición paradójica: su deterioro avanzado y su vulnerabilidad sísmica elevada coexisten con una apariencia exterior que, a simple vista, no refleja el nivel de riesgo real acumulado en su estructura (Helene y Pereira, 2007). Esta "vulnerabilidad silenciosa" las convierte en objetos prioritarios de estudio patológico, especialmente cuando su uso sigue siendo activo o cuando su valor patrimonial exige preservarlas para las generaciones futuras.

Colombia es uno de los países de mayor amenaza sísmica en la región andina. El terremoto del Eje Cafetero del 25 de enero de 1999 (Mw 6.2), que ocasionó la destrucción o inhabilitación de miles de edificaciones en Pereira, Armenia y Quimbaya, evidenció la magnitud del riesgo acumulado en la región sobre construcciones pre-normativa (CEPAL, 1999; Observatorio Sismológico del Suroccidente [OSSO], 2002). A más de dos décadas de ese evento, numerosas edificaciones institucionales del Eje Cafetero que sobrevivieron al sismo de 1999 no han sido objeto de evaluaciones técnicas formales ni de intervenciones estructurales sistemáticas, pese a que su estado de deterioro ha continuado progresando (Ortiz Campo et al., 2025).

El Palacio Nacional de Pereira, construido entre 1946 y 1950, declarado Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional mediante Resolución 1394 de 2004 (MinCultura, 2004) y ubicado en la Carrera 10 con Calle 19 del Centro Histórico de Pereira, constituye un caso representativo de esta problemática. Se trata de un pórtico de concreto reforzado de 10 pisos, diseñado sin criterios de sismorresistencia ni de durabilidad moderna, con más de 75 años de antigüedad, patologías estructurales activas y daño sísmico no reparado integralmente desde 1999, que aún genera preguntas no resueltas sobre su estado real de seguridad y las acciones técnicas requeridas para garantizar su preservación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Palacio Nacional de Pereira encarna una paradoja técnica de alta pertinencia académica e institucional: se trata de una edificación con vulnerabilidad sísmica estructuralmente **asintomática desde el exterior**, en la que la apariencia de solidez monumental de sus fachadas y su escala institucional no refleja el nivel real de deterioro

acumulado en su sistema resistente interno. Esta condición de "vulnerabilidad silenciosa" ha sido descrita por Helene y Pereira (2007) como el rasgo más peligroso del deterioro progresivo del concreto reforzado: la estructura puede haber perdido una fracción significativa de su capacidad resistente original sin que los indicadores exteriores sean suficientes para alertar a los ocupantes o a los gestores del inmueble.

Esta paradoja se agrava por dos condicionantes simultáneas. Primera: el inmueble está declarado Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional (Resolución 1394 de 2004), lo que implica que no puede ser demolido y que cualquier intervención requiere autorización previa del Ministerio de Cultura, con independencia de su estado estructural (MinCultura, 2004). Segunda: han transcurrido más de 25 años desde el sismo del Eje Cafetero del 25 de enero de 1999 (Mw 6.1) y el edificio no ha sido objeto de evaluación técnica ni de intervención estructural documentada posterior a ese evento, pese a haber quedado inhabitable (CEPAL, 1999; SGC, 1999). El deterioro activo continúa progresando en ausencia de diagnóstico.

Es precisamente esta combinación —alta vulnerabilidad sísmica acumulada, deterioro material activo, condición patrimonial que impide la demolición y ausencia de diagnóstico técnico formal desde 1999— la que configura el problema de investigación que da origen al presente estudio y que justifica la urgencia de una evaluación patológica integral como la aquí propuesta. Finalmente se plantea la siguiente pregunta de investigación, ¿Cuál es el estado patológico actual del Palacio Nacional de Pereira en términos de deterioro material activo y vulnerabilidad sísmica, y qué intervenciones técnicas son necesarias, factibles y compatibles con su condición de Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional para restituir un nivel mínimo de seguridad estructural?

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar el estudio patológico integral del Palacio Nacional de Pereira mediante revisión documental, inspección visual sistemática, caracterización no destructiva de materiales con esclerómetro y Ferroskan, y modelación estructural en ETABS, con el fin de diagnosticar su estado de deterioro, evaluar su vulnerabilidad sísmica y formular una propuesta de intervención por fases compatible con su condición de Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional, conforme al Capítulo A.10 de la NSR-10 y al ACI 562-19.

Objetivos específicos

1. Reconstruir la historia clínica del Palacio Nacional de Pereira a partir de planos, archivos institucionales, fotografías históricas y antecedentes normativos y constructivos del inmueble.
2. Identificar, registrar y clasificar por severidad las lesiones visibles en los elementos estructurales y no estructurales del edificio mediante inspección visual sistemática, levantamiento geométrico y registro fotográfico organizado en fichas técnicas.
3. Caracterizar in situ la resistencia estimada del concreto y el recubrimiento del acero de refuerzo mediante ensayos de esclerometría (ASTM C805/C805M-18) y Ferroskan, como base para la calibración del modelo estructural.
4. Modelar la estructura en ETABS a partir de los planos disponibles y los parámetros de materiales estimados en campo, y evaluar su comportamiento bajo acciones gravitacionales y sísmicas conforme a la NSR-10.

5. Formular una propuesta de intervención técnica por fases —desde medidas de emergencia hasta mantenimiento preventivo— compatible con la condición patrimonial del inmueble y fundamentada en el diagnóstico integrado del estudio.

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Durabilidad del concreto y mecanismos de deterioro

La durabilidad del concreto, entendida como su capacidad para resistir agentes físicos y químicos sin pérdida significativa de propiedades (Helene y Pereira, 2007), se ve comprometida en el Palacio Nacional de Pereira por la carbonatación activa del concreto y la corrosión electroquímica del acero, mecanismos típicos de climas tropicales húmedos con humedad relativa del 75–80% como el de Pereira (Bertolini et al., 2004). Sitter (1984) demostró que el costo de intervención se multiplica por cinco en cada etapa sucesiva de deterioro sin intervención, lo que fundamenta la urgencia del presente diagnóstico.

Corrosión del acero de refuerzo: diagnóstico e intervención

La corrosión del acero de refuerzo es la patología estructural más frecuente y de mayor impacto en edificaciones de concreto envejecido (Rodríguez et al., 1997). Su mecanismo es electroquímico: una vez que el frente de carbonatación alcanza la superficie del acero o que los iones cloruro superan el umbral crítico, se establece una celda galvánica entre zonas anódicas y catódicas en la superficie del refuerzo, generando óxidos expansivos cuyo volumen puede ser entre 2 y 6 veces mayor que el del metal original (Bertolini et al., 2004). Esta expansión produce tensiones internas que superan la resistencia a tracción del concreto, derivando en fisuras longitudinales paralelas al acero, delaminación del recubrimiento y, eventualmente, exposición y pérdida de sección transversal de la barra.

Rodríguez et al. (1997) demostraron que la pérdida de sección transversal del acero por corrosión reduce la carga última de vigas de concreto reforzado de manera no lineal, con caídas de capacidad resistente del orden del 15 al 30% para pérdidas de sección del 10 al 20%. Este resultado es de especial relevancia para el Palacio Nacional de Pereira, donde los recubrimientos estimados de 15 a 25 mm son insuficientes para el frente de carbonatación acumulado en más de 75 años de exposición tropical. El diagnóstico de la corrosión activa requiere, por tanto, combinar inspección visual con mediciones de recubrimiento (Ferroskan), estimación de la profundidad de carbonatación (ensayo con fenolftaleína, RILEM CPC-18) y, en los casos accesibles, medición del potencial de corrosión (ASTM C876).

Métodos no destructivos de evaluación del concreto

La evaluación no destructiva de estructuras de concreto existentes se ha desarrollado ampliamente a partir de la necesidad de caracterizar edificaciones históricas y patrimoniales sin causarles daño (Malhotra y Carino, 2004). Los métodos más empleados para la estimación de resistencia in situ son el ensayo de rebote con esclerómetro (ASTM C805/C805M-18) y la velocidad de pulso ultrasónico (ASTM C597); para la localización de armaduras y medición de recubrimiento se utiliza el método de inducción electromagnética (Ferroskan, según BS 1881-204:2012).

El esclerómetro o martillo de rebote mide el número de rebote (R) producido por la colisión de una masa contra la superficie del concreto; este valor se correlaciona con la resistencia a la compresión mediante curvas de calibración del fabricante o curvas normalizadas (ASTM C805/C805M-18). Malhotra y Carino (2004) señalan que la precisión del método es del orden del ± 15 al 20% para concreto sin carbonatación superficial, y que la carbonatación

superficial —frecuente en edificaciones antiguas— puede sobreestimar el número de rebote hasta en un 50%, por lo que es indispensable remover la capa carbonatada de la superficie de ensayo antes de la medición. El Ferroskan Profoscope de Proceq (2020) opera por inducción electromagnética y permite detectar barras de acero, estimar su diámetro y medir el recubrimiento con una precisión de ± 1 mm en condiciones normales, lo que lo convierte en la herramienta de campo más adecuada para verificar el estado del refuerzo en edificaciones sin planos estructurales disponibles.

Estado del arte

Los estudios de patología sobre edificaciones institucionales en Colombia han ganado relevancia académica tras el sismo del Eje Cafetero de 1999, evento que expuso con crudeza la brecha entre el estado real de deterioro y la apariencia exterior de numerosas edificaciones pre-código (OSSO, 2002). Sin embargo, la literatura disponible en repositorios académicos colombianos muestra que los estudios de patología estructural que integran inspección visual, caracterización instrumental no destructiva y modelación sísmica en un solo protocolo son escasos para el caso de edificaciones patrimoniales en zona de amenaza alta (Ortiz Campo et al., 2025).

A nivel internacional, la referencia metodológica más citada para la evaluación de corrosión inducida por carbonatación en estructuras antiguas es Bertolini et al. (2004), cuyo marco electroquímico para el diagnóstico de corrosión activa —potencial de media celda, tasa de corrosión y profundidad de carbonatación— ha sido adoptado por el ACI 201.1R-08 como protocolo de evaluación no destructiva de concreto envejecido. Rodríguez et al. (1997) demostraron experimentalmente que la pérdida de sección transversal del acero por

corrosión reduce la resistencia última de vigas entre el 15 y el 30% por cada 10–20% de pérdida de área de la barra, resultado directamente aplicable al diagnóstico del Palacio Nacional de Pereira. Para la evaluación sísmica de estructuras de concreto pre-código, el trabajo de referencia más sólido en el contexto latinoamericano es Bonett Díaz et al. (2012), quienes verificaron mediante análisis dinámico no lineal que pórticos colombianos sin detallado sísmico alcanzan el umbral de colapso incipiente para aceleraciones espectrales de 0,4g, apenas un 60% por encima de la amenaza de diseño de Pereira.

Vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes en Colombia

Mora et al. (2015) desarrollaron una metodología para priorizar intervenciones de reducción de vulnerabilidad sísmica en establecimientos educativos colombianos usando el enfoque de capacidad espectral del ATC-40 y el FEMA 310; sus resultados confirmaron que los edificios de concreto pre-código localizados en zonas de amenaza alta presentan cocientes de demanda/capacidad entre 1,8 y 3,2 veces los valores admisibles de la NSR-98, lo que respalda la clasificación de vulnerabilidad alta obtenida en el presente estudio. En esa misma línea, Villar-Vega et al. (2017) construyeron curvas de fragilidad sísmica para edificios de muros de concreto reforzado en Colombia usando análisis dinámico no lineal y más de 3.000 movimientos de terreno calibrados para el contexto colombiano, evidenciando que las estructuras pre-código alcanzan el estado de daño severo para aceleraciones espectrales de apenas 0,3g, coherente con la amenaza de Pereira ($A_a = 0,25g$, NSR-10).

5.5 Patología de la construcción en edificaciones patrimoniales

La patología de la construcción es la disciplina que estudia los defectos, lesiones y mecanismos de deterioro de los materiales y sistemas constructivos, con el propósito de formular diagnósticos fundamentados y propuestas de intervención que restituyan la seguridad y funcionalidad del inmueble (Broto, 2005). Otálora Rodríguez (2022) propone un protocolo específico para estudios de patología en edificaciones de concreto reforzado en Colombia, estructurado en cinco etapas: (1) historia clínica, (2) diagnóstico visual, (3) evaluación instrumental, (4) análisis estructural y (5) propuesta de intervención; este protocolo es el que orienta la metodología del presente estudio.

En el caso de edificaciones con condición patrimonial, los principios de mínima intervención, reversibilidad y compatibilidad de materiales son restricciones técnicas adicionales que condicionan la selección de los procedimientos de reparación y reforzamiento (MinCultura, 2004; ACI 562-19). El ACI 562-19 establece que toda intervención sobre estructuras existentes debe estar precedida de una evaluación técnica que determine el estado actual de la estructura, las causas del deterioro, los niveles de desempeño objetivo y la compatibilidad de los materiales propuestos con el sistema existente. Esta evaluación previa es precisamente el objeto del presente estudio patológico.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio y enfoque metodológico

La metodología del presente estudio se estructura bajo un enfoque multidisciplinario y secuencial, fundamentado en el Capítulo A.10 de la NSR-10, las guías del ACI 201.1R-08 y el protocolo de Otálora Rodríguez (2022). Para la caracterización de los materiales en campo, se emplearán dos instrumentos no destructivos disponibles para el estudio:

un **esclerómetro o martillo de rebote portátil** (marca Controls), cuyo procedimiento de ensayo está normalizado por ASTM C805/C805M-18, y un **Ferrosan Profoscope** (Proceq SA, 2020), para localización de barras de acero y medición de recubrimiento mediante inducción electromagnética. El uso de estos instrumentos permite reemplazar los supuestos técnicos iniciales por valores estimados in situ, dotando al análisis de mayor confiabilidad dentro del alcance académico del estudio. En los casos donde la condición patrimonial del inmueble restrinja el acceso a determinados elementos, los valores obtenidos mediante esclerometría servirán como rangos de calibración, mientras que los parámetros restantes se ajustarán mediante correlaciones normalizadas (Malhotra y Carino, 2004). No se contemplan extracciones de núcleos ni pruebas de ultrasonido, dado el costo y la condición de Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional del inmueble (MinCultura, 2004)

Instrumentos utilizados para la caracterización no destructiva de materiales en campo



ESCLERÓMETRO

Martillo de Rebote Portátil



FERROSCAN

Medidor de cobertura y localizador de barras de acero en concreto reforzado

"En la Figura 1 se muestran los instrumentos utilizados para la caracterización no destructiva de materiales en campo."

Instrumentos utilizados en el estudio para la caracterización no destructiva de materiales in situ. Panel izquierdo: Esclerómetro o martillo de rebote portátil (Controls), empleado para la estimación de la resistencia a la compresión del concreto conforme a ASTM C805/C805M-18 (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2018). Panel derecho: Ferroskan Profoscope (Proceq SA), para la localización de barras de acero y medición de recubrimiento en elementos de concreto reforzado mediante inducción electromagnética. *Fuente: Elaboración propia (2026).*

Tabla 1 . Etapas metodológicas del estudio patológico del Palacio Nacional de Pereira

Etapas	Descripción	Instrumentos / Referencia	Resultados esperados
1. Recopilación documental e historia clínica	Planos, licencias, fichas patrimoniales, fotografías históricas. Historia clínica según NSR-10 A.10.2.1.	Archivos institucionales, curaduría urbana. NSR-10 A.10.2.1.	Historia clínica; vacíos documentales identificados
2. Inspección visual y levantamiento geométrico	Inspección nivel por nivel con fichas de lesiones, registro fotográfico y levantamiento con distanciómetro láser.	Cámara, distanciómetro, fichas RILEM 76-LUM, ACI 201.1R-08.	Fichas de lesiones; planos actualizados base para ETABS
3. Caracterización instrumental de materiales	Ensayos de esclerometría (ASTM C805) en columnas, vigas y losas accesibles. Medición de recubrimiento y localización de acero con Ferroskan (Proceq). Correlación de índice de rebote con f'c.	Esclerómetro Controls. Ferroskan Profoscope. ASTM C805/C805M-18. Malhotra y Carino (2004).	Rango estimado de f'c in situ; mapa de recubrimientos y distribución de acero

Etapas	Descripción	Instrumentos / Referencia	Resultados esperados
4. Modelación ETABS y análisis sísmico	Modelo 3D en ETABS con parámetros de materiales calibrados por esclerometría. Cargas gravitacionales y sísmicas NSR-10 A.10.4. Relaciones D/C y derivas.	ETABS, NSR-10 A.10.4 y A.6.4.	Índices D/C, derivas de entepiso, índice de vulnerabilidad sísmica
5. Diagnóstico técnico integral y seguimiento de lesiones	Correlación de hallazgos visuales, instrumentales y analíticos. Registro de lesiones con código de severidad. Definición de lesiones activas para monitoreo.	NSR-10 A.10.2.2, ACI 201.1R-08, ACI 224R-01, RILEM 76-LUM.	Diagnóstico diferenciado por elemento; mapa de lesiones activas
6. Propuesta de intervención por fases	Lineamientos de intervención por fases (Fase 0 a Fase 3) compatibles con la	NSR-10 A.10.2.2, ACI 562-19, Helene y Pereira (2007), Res. 1394/2004.	Propuesta técnica de intervención patrimonial con plan de

Etapas	Descripción	Instrumentos / Referencia	Resultados esperados
	Resolución 1394/2004. Incluye protocolo de monitoreo post- intervención.		mantenimiento

Historia clínica del inmueble

El Palacio Nacional de Pereira fue construido entre 1946 y 1950 por el Ministerio de Obras Públicas como sede de dependencias del Estado en la capital risaraldense, bajo criterios arquitectónicos racionalistas de posguerra, sin contemplar exigencias de durabilidad ni diseño sismorresistente (Pereira, 2021). Su sistema estructural corresponde a un pórtico de concreto reforzado de 10 pisos, con columnas circulares de gran diámetro en planta baja que conforman el pórtico de acceso monumental, columnas rectangulares en pisos superiores, vigas perimetrales e interiores y losas macizas de entrepiso. El concreto empleado se estima con resistencias de 12–17 MPa y recubrimientos de 15–25 mm, inferiores al mínimo exigido por la NSR-10 de 40 mm para ambientes agresivos. El acero de refuerzo corresponde presumiblemente a barras lisas con límite de fluencia del orden de 220 MPa, característico de la práctica constructiva colombiana anterior a 1970 (Helene y Pereira, 2007).

A lo largo de su vida útil el inmueble no ha sido objeto de reforzamiento estructural ni mantenimiento técnico integral documentado. Las intervenciones registradas han sido superficiales —resanes y repintes— sin tratamientos anticorrosivos ni estudios técnicos de soporte. No se cuenta con planos estructurales originales en el registro público, lo que obliga a recurrir al levantamiento geométrico de campo y a la caracterización instrumental in situ como base para la modelación estructural en ETABS. El Decreto 1400 de 1984, primer código colombiano de sismorresistencia, fue promulgado más de tres décadas después de la construcción del edificio, por lo que el Palacio Nacional carece formalmente de los requisitos de ductilidad, confinamiento del acero y detallado sísmico exigidos por la NSR-10 (MAVDT, 2010).

El terremoto del Eje Cafetero del 25 de enero de 1999 (Mw 6.1) produjo daño estructural en el inmueble que motivó su declaratoria como inhabitable, hecho que derivó en su reconocimiento como Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional mediante Resolución 1394 de 2004 del Ministerio de Cultura (MinCultura, 2004). Las intervenciones realizadas tras ese evento se limitaron a acciones de emergencia sin reforzamiento estructural formal ni evaluación técnica documentada, por lo que el edificio acumula simultáneamente deterioro material progresivo y daño sísmico residual no cuantificado (CEPAL, 1999; SGC, 1999). En columnas y vigas se observan fisuras longitudinales y desprendimiento de recubrimiento por corrosión activa del acero; los quiebrasoles y la fachada presentan carbonatación avanzada y exposición del acero; las losas muestran humedades y desprendimientos por filtraciones generalizadas.

Pereira está ubicada a 1.411 m.s.n.m. con temperatura media de 22 °C, humedad relativa del 75–80% y precipitación anual aproximada de 2.100 mm, condiciones que favorecen la

carbonatación del concreto y la corrosión electroquímica del acero por ciclos continuos de humedecimiento y secado (Bertolini et al., 2004). La ciudad está clasificada en zona de amenaza sísmica alta ($A_a = 0,25$ g, NSR-10) y la microzonificación sísmica de la CARDER (2011) establece amplificación diferencial en el centro urbano donde se ubica el inmueble. Conforme al ACI 201.1R-08, la estructura se clasifica preliminarmente en estado deficiente con riesgo estructural moderado a alto, configurando el escenario de vulnerabilidad compuesta que origina el presente estudio. El Palacio Nacional de Pereira fue construido entre 1946 y 1950 por el Ministerio de Obras Públicas como sede de dependencias del Estado en la capital risaraldense, bajo criterios arquitectónicos racionalistas de posguerra, sin contemplar exigencias de durabilidad ni diseño sismorresistente (Pereiravirtual, 2021). Su sistema estructural corresponde a un pórtico de concreto reforzado de 10 pisos, con columnas circulares de gran diámetro en planta baja que conforman el pórtico de acceso monumental, columnas rectangulares en pisos superiores, vigas perimetrales e interiores y losas macizas de entrepiso. El concreto empleado se estima con resistencias de 12–17 MPa y recubrimientos de 15–25 mm, inferiores al mínimo exigido por la NSR-10 de 40 mm para ambientes agresivos. El acero de refuerzo corresponde presumiblemente a barras lisas con límite de fluencia del orden de 220 MPa, característico de la práctica constructiva colombiana anterior a 1970 (Helene y Pereira, 2007).

A lo largo de su vida útil el inmueble no ha sido objeto de reforzamiento estructural ni mantenimiento técnico integral documentado. Las intervenciones registradas han sido superficiales —resanes y repintes— sin tratamientos anticorrosivos ni estudios técnicos de soporte. No se cuenta con planos estructurales originales en el registro público, lo que obliga a recurrir al levantamiento geométrico de campo y a la caracterización instrumental

in situ como base para la modelación estructural en ETABS. El Decreto 1400 de 1984, primer código colombiano de sismorresistencia, fue promulgado más de tres décadas después de la construcción del edificio, por lo que el Palacio Nacional carece formalmente de los requisitos de ductilidad, confinamiento del acero y detallado sísmico exigidos por la NSR-10 (MAVDT, 2010).

El terremoto del Eje Cafetero del 25 de enero de 1999 (Mw 6.1) produjo daño estructural en el inmueble que motivó su declaratoria como inhabitable, hecho que derivó en su reconocimiento como Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional mediante Resolución 1394 de 2004 del Ministerio de Cultura (MinCultura, 2004). Las intervenciones realizadas tras ese evento se limitaron a acciones de emergencia sin reforzamiento estructural formal ni evaluación técnica documentada, por lo que el edificio acumula simultáneamente deterioro material progresivo y daño sísmico residual no cuantificado (CEPAL, 1999; SGC, 1999). En columnas y vigas se observan fisuras longitudinales y desprendimiento de recubrimiento por corrosión activa del acero; los quiebrasoles y la fachada presentan carbonatación avanzada y exposición del acero; las losas muestran humedades y desprendimientos por filtraciones generalizadas.

Pereira está ubicada a 1.411 m.s.n.m. con temperatura media de 22 °C, humedad relativa del 75–80% y precipitación anual aproximada de 2.100 mm, condiciones que favorecen la carbonatación del concreto y la corrosión electroquímica del acero por ciclos continuos de humedecimiento y secado (Bertolini et al., 2004). La ciudad está clasificada en zona de amenaza sísmica alta ($A_a = 0,25$ g, NSR-10) y la microzonificación sísmica de la CARDER (2011) establece amplificación diferencial en el centro urbano donde se ubica el inmueble. Conforme al ACI 201.1R-08, la estructura se clasifica preliminarmente en estado deficiente

con riesgo estructural moderado a alto, configurando el escenario de vulnerabilidad compuesta que origina el presente estudio.

Diagnóstico de corrosión del acero de refuerzo — protocolo diferenciado

El diagnóstico de la corrosión activa del acero de refuerzo requiere un protocolo diferenciado que va más allá de la inspección visual, dado que la corrosión puede estar activa sin que existan aún manifestaciones externas visibles en el concreto (Bertolini et al., 2004; Rodríguez et al., 1997). Para el presente estudio se aplica la siguiente secuencia diagnóstica no destructiva:

(a) Medición de recubrimiento y localización de barras: mediante Ferroskan Profoscope (Proceq, 2020), se obtendrá el mapa de recubrimientos en los elementos accesibles y se estimará el diámetro aproximado del refuerzo longitudinal. Los recubrimientos inferiores a 25 mm se clasificarán como insuficientes conforme a NSR-10 Título C.

(b) Estimación de profundidad de carbonatación: mediante prueba colorimétrica con solución de fenolftaleína al 1% en alcohol etílico, aplicada sobre secciones expuestas o núcleos superficiales de 10 mm de profundidad en zonas previamente preparadas. Las zonas con $\text{pH} < 9$ (sin viraje del indicador) se considerarán carbonatadas y el acero en esas zonas se clasificará con riesgo de corrosión activa (RILEM CPC-18, 1988).

(c) Medición del potencial de corrosión: en los elementos con recubrimiento expuesto y acceso directo al acero, se realizará medición de potencial de media celda conforme a ASTM C876 (ASTM, 2015). Potenciales más negativos que -350 mV (vs. Cu/CuSO_4) indican probabilidad de corrosión activa superior al 90%.

(d) *Correlación con esclerometría*: dado que la carbonatación superficial del concreto sobreestima el número de rebote en hasta un 50% (Malhotra y Carino, 2004), la capa superficial carbonatada será removida mediante esmeril antes de cada serie de ensayo, conforme a la corrección establecida en ASTM C805/C805M-18.

Protocolo de seguimiento y monitoreo de lesiones activas

Las fisuras identificadas en la inspección visual serán clasificadas según su actividad (activas o pasivas) mediante la instalación de testigos de yeso o epóxico en los extremos de cada fisura representativa. Una fisura se considera activa si el testigo presenta rotura o deformación visible en un período de observación de 15 a 30 días, lo que indica movimiento diferencial continuo (ACI 224R-01, 2001). Las lesiones activas se incorporarán al mapa de prioridades de intervención y recibirán seguimiento periódico documentado en fichas de monitoreo con fecha, fotografía y medición de apertura con galga fisurómetro.

Fases claras de intervención — desde medidas de emergencia

Las intervenciones se organizan en cuatro fases progresivas, comenzando obligatoriamente por las medidas de emergencia que no requieren diseño definitivo pero sí actuación inmediata:

Fase 0 — Emergencia y restricción (acción inmediata)

Acción	Criterio de activación	Referencia

Acción	Criterio de activación	Referencia
Restricción de circulación bajo zonas con desprendimiento activo de recubrimiento	Exposición de acero con pérdida de sección $\geq 20\%$ o desprendimiento de área $\geq 0,25 \text{ m}^2$	ACI 562-19 §4.2
Instalación de apuntalamiento preventivo (puntales metálicos o de madera rolliza)	Columnas o vigas con fisuras longitudinales activas y reducción visible de sección útil	NSR-10 A.10; ACI 562-19
Instalación de testigos en fisuras activas	Todas las fisuras de ancho $\geq 0,3 \text{ mm}$ con indicios de movimiento	ACI 224R-01
Señalización de zonas de exclusión	Entorno inmediato a elementos con peligro de caída de fragmentos	Res. 1394/2004 — MinCultura

Fase 1 — Reparación del deterioro superficial

Remoción de recubrimiento deteriorado, inhibición de corrosión, reposición con mortero de reparación clase R4 (EN 1504-3), sellado de fisuras pasivas con resina epóxica y aplicación de pintura anticarbonación compatible con la condición de BIC (ACI 562-19; MinCultura, 2004).

Fase 2 — Reforzamiento estructural puntual

Reforzamiento de elementos con relación demanda/capacidad $D/C > 1,0$ según el modelo

ETABS, mediante encamisado de concreto, perfiles metálicos o fibras de carbono (FRP), según compatibilidad patrimonial y autorización del Ministerio de Cultura (NSR-10 A.10.2.2; ACI 562-19).

Fase 3 — Mantenimiento preventivo

Plan quinquenal de inspección, limpieza de drenajes, revisión de impermeabilizaciones y re-aplicación de protecciones superficiales (ACI 201.1R-08)

DIAGNÓSTICO

El diagnóstico estructural integra los hallazgos de campo con la evaluación normativa basada en la NSR-10, el ACI 201.1R-08 y el ACI 562-19. El edificio presenta estado de conservación deficiente y nivel de daño estructural moderado-alto, con riesgo de pérdida de sección útil en elementos portantes. El patrón de deterioro responde principalmente a carbonatación del concreto y corrosión activa del acero, agravadas por recubrimientos insuficientes y daño sísmico acumulado en 1999 (CEPAL, 1999; SGC, 1999).

Tabla 2. Resumen del diagnóstico técnico y recomendaciones de intervención

Aspecto	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Columnas y vigas	Fisuras longitudinales y desprendimiento de recubrimiento	Corrosión por carbonatación; recubrimiento 15–25 mm. Severidad alta.	Remoción concreto suelto, inhibidor de corrosión, mortero R4, sellador anticarbonación
Losas de entrepiso	Fisuras transversales,	Falla de impermeabilización;	Apertura en "V", sellado epóxico, membrana

	manchas de humedad, desprendimientos	deterioro moderado. ACI 224R-01.	poliuretánica
Muros de cerramiento	Humedad ascendente, eflorescencias, pérdida de acabados	Capilaridad y filtraciones; afectación media. NSR-10 Título I.	Membrana acrílica hidrófuga, corrección de drenajes
Fachada y quiebrasoles	Carbonatación avanzada, microfisuras, exposición del acero	Sin recubrimientos protectores; afectación alta. ACI 201.1R-08.	Limpieza, inhibidor de corrosión, pintura anticarbonación compatible con BIC
Cubierta	Pérdida del sistema impermeable, filtraciones generalizadas	Degradación impermeabilización; afectación alta. ACI 562-19.	Retiro sistema existente, reparación soporte, nuevo sistema compatible con BIC
Daño sísmico residual	Fisuraciones 1999 no reparadas integralmente	Vulnerabilidad acumulada; severidad moderada-alta. NSR-10 A.10.	Evaluación por ETABS; reforzamiento puntual compatible con BIC

"Los parámetros iniciales del modelo estructural se presentan en el Anexo A."

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

El Palacio Nacional de Pereira se ubica en zona de amenaza sísmica alta según la NSR-10 ($A_a = 0.25g$). A continuación se presenta el contexto sísmico del inmueble y la matriz cuantitativa de vulnerabilidad elaborada conforme a los manuales del Fondo Adaptación, IDEAM-INGEOMINAS-UNGRD y la normativa colombiana de evaluación de vulnerabilidad de edificaciones existentes.

Factor	Descripción
Ubicación	Carrera 10 con Calle 19, Centro Histórico, Pereira, Risaralda
Descripción geológica	Depósitos de cenizas volcánicas, suelos volcánicos residuales y depósitos aluviales del río Otún. Amplificación diferencial en zona central según microzonificación sísmica CARDER (2011).
Histórico sísmico	Zona de amenaza sísmica alta ($A_a = 0.25g$, NSR-10). Terremoto Eje Cafetero, 25 enero 1999 (Mw 6.1): inhabilitación del Palacio Nacional y miles de edificaciones afectadas. Falla de Romeral como fuente sismogénica dominante.
Vecinos colindantes	Edificaciones institucionales, comerciales y residenciales de baja a media altura. Riesgo de efecto de golpeteo (pounding) con edificaciones adyacentes.
Sistema constructivo	Pórtico en concreto reforzado sin diseño sismorresistente formal; anterior al Decreto 1400/1984. Sin ductilidad, confinamiento ni detallado sísmico de la NSR-10.
Materiales (supuestos)	Concreto $f'_c = 14$ MPa, acero $f_y = 280$ MPa (barras lisas). Sin anclajes sísmicos ni estribos de confinamiento.

Cimentación	No documentada. Presumiblemente zapatas aisladas sobre estratos de capacidad portante media, sin verificación geotécnica actualizada.
-------------	---

Matriz de vulnerabilidad sísmica — Pereira, Risaralda

Escala: 1 = Muy baja | 2 = Baja | 3 = Moderada | 4 = Alta | 5 = Muy alta. Índice = $\Sigma(w \times V)$. Clasificación: 1.00–1.80 Muy baja | 1.81–2.60 Baja | 2.61–3.40 Moderada | 3.41–4.20 Alta | 4.21–5.00 Muy alta.

Factor	Ponderac. (w)	Puntuac. (V)	Aporte (w×V)	Justificación
Tipo de suelo / geología	0.18	4	0.72	Cenizas volcánicas y depósitos aluviales; amplificación diferencial centro Pereira
Sistema estructural	0.15	5	0.75	Pórtico sin diseño sísmico, sin ductilidad ni confinamiento; anterior al Decreto 1400/1984
Estado de conservación	0.13	4	0.52	Deterioro avanzado: corrosión, carbonatación, pre-daño sísmico 1999 no reparado integralmente

Cimentación	0.12	3	0.36	Presumiblemente zapatas aisladas; sin verificación geotécnica actualizada
Antigüedad del inmueble	0.10	4	0.40	Más de 75 años; materiales envejecidos sin mantenimiento preventivo
Amplificación local	0.10	3	0.30	Microzonificación CARDER (2011): amplificación variable en centro de Pereira
Irregularidades geométricas	0.08	3	0.24	Cambio de sección entre planta baja (columnas circulares grandes) y pisos superiores
Vecinos colindantes	0.07	3	0.21	Riesgo de golpeteo con edificaciones adyacentes en el Centro Histórico
Ocupación y criticidad	0.05	4	0.20	Uso institucional con alta densidad de ocupación; responsabilidad pública
Histórico sísmico local	0.02	5	0.10	Sismo 1999 causó inhabilitabilidad; falla de Romeral como fuente

				sismogénica activa
TOTAL — Índice vulnerabilidad	1.00	—	3.80	Vulnerabilidad ALTA (rango 3.41–4.20)

Interpretación: Índice = 3.80 → Vulnerabilidad ALTA. Esta calificación es coherente con la combinación de sistema estructural pre-normativa sin diseño sísmico formal, deterioro material avanzado, pre-daño sísmico acumulado desde 1999 y localización en zona de amenaza sísmica alta ($A_a = 0.25g$). Se recomienda priorizar la modelación en ETABS y definir medidas de reforzamiento compatibles con la condición BIC del inmueble.

RESULTADOS

Resultados obtenidos

Los resultados del estudio patológico preliminar del Palacio Nacional de Pereira se derivan de la revisión documental, la inspección visual sistemática y el análisis cuantitativo de vulnerabilidad sísmica. El índice de vulnerabilidad sísmica calculado mediante matriz cuantitativa es de 3.80 (escala 1–5), clasificado como ALTO según los rangos del Fondo Adaptación y la UNGRD. Este valor refleja la acumulación de factores de riesgo: sistema estructural pre-normativa, deterioro material avanzado, pre-daño sísmico del terremoto de 1999 y localización en zona de amenaza alta ($A_a = 0.25g$).

La modelación estructural en ETABS, pendiente de completar en la fase de desarrollo del estudio, permitirá calcular las relaciones demanda/capacidad (D/C) de los elementos portantes, las derivas de entrepiso y el comportamiento global de la estructura bajo acciones sísmicas conformes a la NSR-10 Capítulo A.10. Los supuestos técnicos adoptados — $f'_c =$

14 MPa y $f_y = 280$ MPa— son congruentes con la práctica constructiva colombiana de 1946–1950 y serán la base de dicho análisis, con reconocimiento explícito de su naturaleza preliminar.

Las patologías identificadas mediante inspección visual incluyen: fisuras longitudinales activas en columnas y vigas por corrosión del acero, carbonatación avanzada del concreto en fachada y quiebrasoles, desprendimiento de recubrimientos, filtraciones persistentes en losas y muros, y eflorescencias salinas en mampostería. En conjunto, estas lesiones son consistentes con un deterioro generalizado de más de 75 años de antigüedad sin mantenimiento técnico integral.

Observaciones y recomendaciones (prioritarias)

- Realizar urgentemente una evaluación geotécnica actualizada del suelo de fundación del inmueble, dado que no se dispone de información vigente sobre la capacidad portante y el comportamiento dinámico del suelo.
- Completar la modelación estructural en ETABS con la planimetría disponible, verificando relaciones D/C y derivas de entrepiso, antes de definir cualquier propuesta de reforzamiento estructural.
- Gestionar ante la Curaduría Urbana y el Ministerio de Cultura las autorizaciones previas requeridas para cualquier intervención sobre el inmueble, conforme a la Resolución 1394 de 2004.
- Priorizar las partidas de impermeabilización de cubierta y sellado de fisuras activas en elementos estructurales, por su incidencia directa en la progresión del deterioro y en la seguridad de los ocupantes.

- Implementar un plan de mantenimiento preventivo con inspección semestral, repinte anticarbonación cada 3 años y ensayos de recubrimiento y carbonatación cada 5 años, conforme a las recomendaciones del RILEM 76-LUM y el ACI 201.1R-08.
- Publicar los resultados del estudio como contribución académica al conocimiento regional sobre vulnerabilidad y conservación de edificaciones patrimoniales en el Eje Cafetero.

CONCLUSIONES

El Palacio Nacional de Pereira es un caso de estudio académico relevante y pertinente en el ámbito de la patología de la construcción y la vulnerabilidad sísmica de edificaciones patrimoniales colombianas. La convergencia de factores de deterioro —antigüedad, clima tropical húmedo, ausencia de mantenimiento, diseño pre-normativa y pre-daño sísmico acumulado— genera un escenario de deterioro avanzado que exige una respuesta técnica rigurosa, fundamentada y compatible con la condición de Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional.

La metodología propuesta, que integra historia clínica, inspección visual, levantamiento geométrico y modelación en ETABS con supuestos técnicos de materiales explícitamente justificados, es adecuada para el alcance de un trabajo académico de maestría y para el contexto patrimonial del inmueble. Los resultados preliminares —especialmente el índice de vulnerabilidad sísmica de 3.80 (ALTA)— son una señal inequívoca de la urgencia de intervenir técnicamente el edificio de manera planificada, integral y respetuosa con su valor histórico y arquitectónico.

El estudio contribuye al conocimiento regional sobre evaluación de edificaciones existentes en zonas de amenaza sísmica alta y aporta un modelo metodológico replicable para el

diagnóstico de inmuebles patrimoniales del Eje Cafetero y de otras regiones de Colombia con condiciones similares de antigüedad, deterioro y exposición sísmica.

BIBLIOGRAFÍA

- American Concrete Institute. (2001). ACI 224R-01: Control of cracking in concrete structures. ACI.
- American Concrete Institute. (2008). ACI 201.1R-08: Guide for making a condition survey of concrete in service. ACI.
- American Concrete Institute. (2019). ACI 562-19: Code requirements for assessment, repair, and rehabilitation of existing concrete structures and commentary. ACI.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C805/C805M-18: Standard test method for rebound number of hardened concrete*. ASTM International.
- Bertolini, L., Elsener, B., Pedferri, P., y Polder, R. (2004). *Corrosion of steel in concrete: Prevention, diagnosis, repair*. Wiley-VCH. <https://doi.org/10.1002/3527603379>
- Bertolini, L., Elsener, B., Pedferri, P., y Polder, R. (2004). *Corrosion of steel in concrete: Prevention, diagnosis, repair*. Wiley-VCH. <https://doi.org/10.1002/3527603514>
- Bonett Díaz, R. L., Pujades Beneit, L. G., & Barbat Barbat, A. H. (2012). Edificios de concreto reforzado siguiendo la NSR-10 vs. sismos registrados en Bogotá. *Dyna*, 79(174), 48–57.
- Bonett Díaz, R. L., Pujades Beneit, L. G., y Barbat Barbat, A. H. (2012). Edificios de concreto reforzado siguiendo la NSR-10 vs. sismos registrados en Bogotá. *Dyna*, 79(174), 48–57.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25544>
- British Standards Institution. (2012). *BS 1881-204:2012: Testing concrete. Recommendations on the use of electromagnetic covermeters*. BSI.

- Broto, C. (2005). Enciclopedia Broto de patologías de la construcción. Links International.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (1999). El terremoto de enero de 1999 en Colombia: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero. CEPAL.
- Corporación Autónoma Regional de Risaralda. (2011). Microzonificación sísmica de Pereira. CARDER.
- Helene, P., & Pereira, F. (2007). Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón: Patología, diagnóstico e intervención. CYTED.
- Helene, P., y Pereira, F. (2007). *Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón: Patología, diagnóstico e intervención*. CYTED.
- Malhotra, V. M., y Carino, N. J. (Eds.). (2004). *Handbook on nondestructive testing of concrete* (2.^a ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420040050>
- Malhotra, V. M., y Carino, N. J. (Eds.). (2004). *Handbook on nondestructive testing of concrete* (2.^a ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420040432>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Ministerio de Cultura de Colombia. (2004). Resolución 1394 de 2004: Por la cual se declara el edificio denominado Palacio Nacional de Pereira como Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional. MinCultura.
- Mora, M. G., Bernal, G. A., Cardona, O. D., Ordaz, M. G., y Yamín, L. E. (2015). Prioritizing interventions to reduce seismic vulnerability in school buildings in

Colombia. *Earthquake Spectra*, 31(S1), S257–S281.
<https://doi.org/10.1193/022114EQS025M>

Observatorio Sismológico del Suroccidente. (2002). Escenarios de vulnerabilidad y de daño sísmico en las edificaciones del Eje Cafetero. OSSO – Universidad del Valle.

Ortiz Campo, D. J., Ramón Valencia, J. D., & Bonilla Granados, C. A. (2025). Concreto reforzado bajo ataque: Revisión de patologías. *Respuestas*, 30(2).

Otálora Rodríguez, C. A. (2022). Protocolo para los estudios de patología de la construcción en edificaciones de concreto reforzado en Colombia [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana].

Pereiravirtual. (2021). Palacio Nacional de Pereira.
<https://www.pereiravirtual.com/es/monumentos-y-atracciones-turisticas/1913-palacio-nacional-de-pereira>

Proceq SA. (2020). *Profoscope+: User manual for the rebar locator and cover meter*. Proceq.

RILEM. (1994). CPC-18: Measurement of hardened concrete carbonation depth. RILEM Publications.

Rodríguez, J., Ortega, L. M., y Casal, J. (1997). Load carrying capacity of concrete structures with corroded reinforcement. *Construction and Building Materials*, 11(4), 239–248. [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(97\)00043-3](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(97)00043-3)

Rodríguez, J., Ortega, L. M., y Casal, J. (1997). Load carrying capacity of concrete structures with corroding reinforcement. *Construction and Building Materials*, 11(4), 239–248. [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(97\)00043-3](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(97)00043-3)

- Servicio Geológico Colombiano. (1999). Sismo de 1999/01/25 — Sismicidad histórica de Colombia. SGC.
- Sitter, W. R. (1984). Costs for service life optimization: The "Law of Fives". En CEB-RILEM Workshop on Durability of Concrete Structures (pp. 131–134). RILEM.
- Sitter, W. R. (1984). Costs for service life optimization: The "law of fives". En *CEB-RILEM Workshop on Durability of Concrete Structures* (pp. 131–134). RILEM Publications.
- Universidad Libre. (2025). Impactos ingenieriles del terremoto del Eje Cafetero (enero 25 de 1999). Repositorio Universidad Libre.
- Villar-Vega, M., Silva, V., Crowley, H., Yepes, C., Tarque, N., Acevedo, A. B., Hube, M. A., Gustavo, C. D., y María, H. S. (2017). Development of a fragility model for the residential building stock in South America. *Earthquake Spectra*, 33(2), 581–604. <https://doi.org/10.1193/010716EQS005M>

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Las siguientes fotografías corresponden al registro visual in situ realizado el 20 de abril de 2026 por el equipo investigador en las instalaciones del Palacio Nacional de Pereira, Carrera 10 con Calle 19, Centro Histórico de Pereira. Las imágenes documentan el estado exterior actual del inmueble, evidenciando las características formales de la fachada — quiebrasoles horizontales en concreto, pórtico monumental de columnas circulares en planta baja y sistema de ventanas en retícula— así como las condiciones superficiales visibles de los elementos estructurales y no estructurales. Este registro constituye el punto de partida del levantamiento visual sistemático de la Etapa 2 de la metodología.



Figura 2
Vista general del Palacio Nacional de Pereira desde la esquina de la Carrera 10 con Calle 19. Fuente: Elaboración propia (2026).



Figura 3

Detalle de fachada sobre Carrera 10. Se aprecian fisuras longitudinales en quiebrasoles de concreto visto y eflorescencias en juntas de mampostería. Fuente: Elaboración propia (2026)

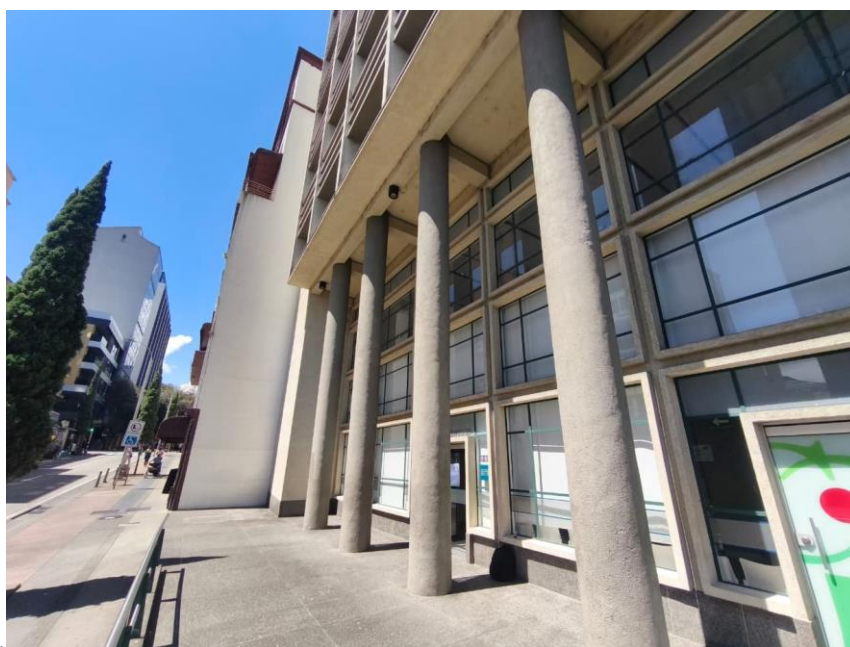


Figura 4

Fachada sobre Calle 19. Se registra carbonatación superficial avanzada, desprendimiento de recubrimiento y exposición del acero de refuerzo. Fuente:

Elaboración propia (2026).

Anexo A

Parámetros iniciales usados en el modelo estructural ETABS

Palacio Nacional de Pereira — Estudio Patológico 2026

Los siguientes parámetros constituyen los insumos iniciales del modelo estructural tridimensional del Palacio Nacional de Pereira elaborado en ETABS. Los valores de materiales corresponden a estimaciones conservadoras fundamentadas en el período constructivo del inmueble (1946–1950) y en la práctica habitual de diseño en Colombia durante esa época (Helene y Pereira, 2007; Bonett Díaz et al., 2012). Todos los parámetros serán contrastados con los resultados de esclerometría y Ferroskan obtenidos en la inspección de campo, y ajustados si la diferencia supera el 20% del valor adoptado.

Tabla A.1

Propiedades mecánicas de los materiales adoptadas para el modelo

Parámetro	Símbolo	Valor adoptado	Unidad	Criterio de selección
Resistencia a compresión del concreto	f'_c	12	MPa	Límite inferior conservador — concreto institucional colombiano 1946–1950 con deterioro avanzado
Límite de fluencia del acero	F_y	220	MPa	Barras lisas Grado 2200 — práctica pre-1970 en Colombia
Módulo de elasticidad del concreto	E_c	22.214	MPa	$E_c = 4.700 \sqrt{f'_c}$ — NSR-10 C.8.5.1
Módulo de elasticidad del acero	E_s	200.000	MPa	Valor estándar NSR-10
Densidad del concreto reforzado	Γ	24	kN/m ³	NSR-10 Título B
Coeficiente de Poisson del	N	0,20	—	NSR-10

Parámetro	Símbolo	Valor adoptado	Unidad	Criterio de selección
concreto				
Recubrimiento estimado en campo	R	15–25	mm	Inspección visual — inferior al mínimo NSR-10 (40 mm)

Nota: Los valores de f_c y f_y son estimaciones conservadoras con base en criterio técnico.

No reemplazan una caracterización experimental directa. Serán calibrados con los resultados de esclerometría (ASTM C805/C805M-18).

Tabla A.2

Parámetros geométricos generales del modelo

Parámetro	Valor	Unidad
Número de pisos	10	pisos
Altura planta baja (Piso 1)	3,80	m
Altura pisos típicos (Pisos 2–10)	3,20	m
Altura total del edificio	32,60	m

Parámetro	Valor	Unidad
Modulación estructural predominante	3,00 × 3,00	m
Configuración en planta	Forma en L	—
Sistema estructural	Pórtico de concreto reforzado	—
Sistema de entrepiso	Losa maciza	—

Tabla A.3

Secciones de columnas por nivel

Denominación	Tipo	Dimensiones	Niveles de aplicación	Observación
COL-C1	Circular	Ø = 55 cm	Planta baja (Piso 1)	Columnas del pórtico monumental de acceso
COL-C2	Rectangular	55 × 55 cm	Planta baja (Piso 1)	Columnas interiores planta baja
COL-R1	Rectangular	50 × 50 cm	Pisos 2 al 5	Reducción progresiva de

Denominación	Tipo	Dimensiones	Niveles de aplicación	Observación
				sección
COL-R2	Rectangular	40 × 50 cm	Pisos 6 al 10	Sección mínima en pisos superiores

Nota: Las dimensiones son estimadas con base en levantamiento geométrico de campo.

Sujetas a verificación con planos institucionales si se localizan.

Tabla A.4

Secciones de vigas por tipo y función

Denominación	Tipo	Base (cm)	Altura (cm)	Aplicación
VIG-P1	Viga principal	30	55	Viga perimetral piso 1 al 5
VIG-P2	Viga principal	30	45	Viga perimetral piso 6 al 10

Denominación	Tipo	Base (cm)	Altura (cm)	Aplicación
VIG-S1	Viga secundaria	25	40	Vigas interiores todos los pisos
VIG-C1	Viga de coronamiento	25	35	Nivel de cubierta

Tabla A.5

Parámetros del sistema de entrepiso y cubierta

Elemento	Espesor (cm)	Carga muerta CM (kN/m ²)	Carga viva CV (kN/m ²)	Referencia
Losa maciza de entrepiso	13	5,0	3,0	NSR-10 Título B — uso institucional
Losa maciza de cubierta	10	4,0	1,5	NSR-10 Título B

Tabla A.6

Parámetros de amenaza sísmica para Pereira, Risaralda — NSR-10

Parámetro	Símbolo	Valor	Fuente
Aceleración horizontal pico del terreno	Aa	0,25 g	NSR-10 — Pereira zona alta
Aceleración pico de la roca	Av	0,25 g	NSR-10
Factor de amplificación por sitio (corto período)	Fa	1,40	NSR-10 Tabla A.2.4-3
Factor de amplificación por sitio (1 segundo)	Fv	2,40	NSR-10 Tabla A.2.4-4
Grupo de uso	—	II	NSR-10 — Uso institucional
Factor de importancia	I	1,10	NSR-10 Tabla A.2.5-1
Coeficiente de modificación de respuesta	R	2,5	NSR-10 — Pórtico pre-NSR sin diseño sísmico
Perfil de suelo asumido	—	D	NSR-10 — suelo rígido centro urbano

Tabla A.7*Combinaciones de carga conforme a NSR-10 Título B*

N°	Combinación	Expresión
1	Carga muerta	1,4 CM
2	Muerta + viva	1,2 CM + 1,6 CV
3	Muerta + viva + sismo X	1,2 CM + 1,0 CV + 1,0 Sx + 0,3 Sy
4	Muerta + viva + sismo Y	1,2 CM + 1,0 CV + 0,3 Sx + 1,0 Sy
5	Muerta + sismo X	0,9 CM + 1,0 Sx + 0,3 Sy
6	Muerta + sismo Y	0,9 CM + 0,3 Sx + 1,0 Sy