

Estudio de Patología Estructural Apartaestudios San Francisco

Presentado por:
Carlos Alberto Ramírez Jiménez

Asesor:
Mag. Osmar Albert Gamba Gómez

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

TABLA DE CONTENIDO

ABSTRACT	3
1. HISTORIA CLÍNICA	4
2. METODOLOGÍA	5
3. ANÁLISIS DE DATOS.....	6
4. DIAGNÓSTICO	8
5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	9
6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	10
7. CRONOGRAMA	14
8. PRESUPUESTO	15
9. RESULTADOS.....	15
10. BIBLIOGRAFÍA	17
11. ANEXOS	18

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Ensayos propuestos.....	5
Tabla 2 Análisis de datos	7
Tabla 3 Diagnóstico.....	8
Tabla 4 Propuesta de intervención.....	10
Tabla 5 Análisis de vulnerabilidad sísmica.....	11

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Cronograma de actividades	14
Figura 2 Presupuesto	15

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1 Fichas de inspección vigas	18
Anexo 2 Fichas de inspección columnas	19
Anexo 3 Fichas de inspección losas	20
Anexo 4 Resumen de resultados ensayo resistencia a la compresión de núcleos de concreto	21
Anexo 5 Resumen de resultados ensayo esclerométrico	21
Anexo 6 Resumen de resultados ensayo determinación de la profundidad de carbonatación.....	22
Anexo 7 Resumen de resultados del ensayo de tracción y doblado del acero	22
Anexo 8 Resumen del Ensayo de detección electromagnética de refuerzo (ferroscan)	23

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo realizar un diagnóstico integral de las patologías en el edificio "Apartaestudios San Francisco" en Ibagué, con cerca de diez años y desarrollo inconcluso.

Se aplicarán inspecciones visuales exhaustivas para identificar manifestaciones superficiales de daño, complementadas con ensayos destructivos de extracción de núcleos para evaluar la resistencia del concreto, así como ensayos no destructivos como la esclerometría para estimar propiedades superficiales del material.

El proceso fue realizado conforme a las normas técnicas aplicables, incluyendo la NSR-10, NTC y ASTM, adaptando criterios y parámetros a las características y nivel de importancia del paciente, entendido como la edificación evaluada, de acuerdo con el marco normativo colombiano vigente.

Los resultados muestran deterioro severo en elementos estructurales, donde la acción persistente de la humedad, fisuras, corrosión del acero expuesto y degradación química del concreto han comprometido la integridad y durabilidad. Los ensayos revelaron resistencias de concreto entre 9 y 15 MPa, inferiores al diseño mínimo de 17.5 MPa, incumpliendo los requisitos. Se detectaron secciones insuficientes en columnas, algunas veces a sobreesfuerzos por encima de los límites normativos, y las losas presentan daños críticos que afectan su estabilidad.

Se evaluaron técnicas de reparación como la inyección de resinas epóxicas y el confinamiento con fibra de carbono, descartadas por la gravedad del daño, costos y complejidad. Se concluye que la demolición total es la opción más segura y técnica, garantizando la seguridad de los ocupantes y posibilitando la reconstrucción bajo los estándares sísmicos actuales, priorizando la durabilidad y seguridad en la zona sísmica de Ibagué.

Palabras clave: Patologías estructurales, Edificio San Francisco Ibagué, Diagnóstico del concreto, Inspección visual, Demolición estructural.

ABSTRACT

The purpose of this study is to conduct a comprehensive diagnosis of the pathologies in the "Apartaestudios San Francisco" building in Ibagué, which is nearly five years old and unfinished. Thorough visual inspections will be carried out to identify surface damage, complemented by destructive core extraction tests to assess the strength of the concrete, as well as non-destructive tests such as sclerometry to estimate the surface properties of the material.

The process was carried out in accordance with applicable technical standards, including NSR-10, NTC, and ASTM, adapting criteria and parameters to the characteristics and level of importance of the patient, understood as the building being evaluated, in accordance with the current Colombian regulatory framework.

The results show severe deterioration in structural elements, where persistent moisture, cracks, corrosion of exposed steel, and chemical degradation of concrete have compromised integrity and

durability. The tests revealed concrete strengths between 10 and 15 MPa, lower than the design strength of 17.5 MPa, failing to meet requirements. Insufficient sections were detected in columns, sometimes with overloads above regulatory limits, and the slabs show critical damage that affects their stability.

Repair techniques such as epoxy resin injection and carbon fiber confinement were evaluated but ruled out due to the severity of the damage, costs, and complexity. It was concluded that total demolition is the safest and most technically sound option, ensuring the safety of occupants and enabling reconstruction in accordance with current seismic standards, prioritizing durability and safety in the seismic zone of Ibagué.

Keywords: Structural pathologies, San Francisco Ibagué Building, Concrete diagnosis, Visual inspection, Structural demolition.

1. HISTORIA CLÍNICA

El edificio Apartaestudios San Francisco, ubicado en la comuna 6 de Ibagué, barrio Altos de San Francisco (Calle 80 No. 17-30), presenta un estado estructural delicado debido a la suspensión de su construcción, iniciada en el año 2015.

Desde las primeras fases se evidenciaron inconsistencias de diseño y fallas en la ejecución, problemas que con los años se han intensificado por la acción directa del clima, la ausencia de mantenimiento y la falta de dirección técnica continua. A esto se añaden las dificultades económicas y técnicas que frenaron su desarrollo, generando un escenario de deterioro progresivo.

El proyecto se planteó como un conjunto habitacional de dos pisos con cinco apartaestudios destinados a uso residencial. La zona donde se levanta está clasificada con amenaza sísmica intermedia, considerando los coeficientes de aceleración para diseño (A_a y A_v de 0.20) y las condiciones de suelo tipo SM.

De acuerdo con la NSR-10, corresponde a una edificación de importancia moderada, pues cumple una función de vivienda y no está destinada a servicios estratégicos o de carácter crítico.

Aunque este nivel de clasificación no obliga a aplicar criterios de diseño especiales, sí requiere que la estructura cumpla a cabalidad con la normativa vigente y cuente con planes de conservación y mantenimiento adecuados. Solo así podría garantizarse la estabilidad de la edificación y la seguridad de sus ocupantes frente a un eventual sismo.

Durante los primeros años de obra se realizaron trabajos de cimentación y vaciado de elementos estructurales. En 2018, se aplicaron morteros de reparación en columnas del primer nivel para atender desprendimientos superficiales, sin abordar causas profundas como la humedad ni la protección del acero. En 2023, se hizo limpieza de losas y se aplicó pintura impermeabilizante, sin resultados visibles.

No existen registros técnicos ni seguimiento de estas acciones, lo que impide evaluar su impacto. La falta de continuidad y de medidas integrales ha favorecido el avance del deterioro, comprometiendo la estabilidad estructural y la viabilidad del edificio.

El estudio realizado en el edificio evidenció múltiples daños estructurales que comprometen su funcionamiento y seguridad. Se identificaron fisuras verticales activas en columnas del segundo nivel, con aperturas entre 0,4 y 0,6 mm, ubicadas en zonas de confinamiento y puntos de contacto con muros divisorios. En las vigas del entrepiso, especialmente en el eje longitudinal central, se observaron grietas horizontales asociadas a sobrecargas y deficiencias en el refuerzo de acero. Las losas presentaron fisuras capilares de trayectorias irregulares, generadas por tensiones internas y retracción del concreto. También se detectaron desprendimientos de recubrimiento en bordes y encuentros estructurales, dejando expuesto el acero de refuerzo con signos de oxidación activa.

En las losas de entrepiso y cubierta, la corrosión avanzada provocó pérdida de recubrimiento y exposición directa de las barras. La humedad persistente en columnas y vigas favoreció la aparición de eflorescencias, hongos y vegetación en los muros perimetrales. Un hallazgo crítico fue el alabeo en las losas del segundo nivel, con flechas que exceden los límites establecidos por la NSR-10, afectando la planimetría y el uso de los espacios. A esto se suma la baja resistencia del concreto, confirmada por ensayos de núcleos que arrojaron valores entre 10 y 15 MPa, muy por debajo de lo requerido. La carbonatación acelerada agrava el problema, reduciendo el pH del concreto y debilitando la protección del acero. Finalmente, se identificaron fenómenos de pandeo y corrosión en columnas del eje A, B y la losa de cubierta. Estos daños comprometen la estabilidad general del edificio, haciendo que la demolición total sea la opción más segura y viable.

2. METODOLOGÍA

La evaluación estructural del edificio Apartaestudios San Francisco se realizó siguiendo las disposiciones de la NSR-10 y las normas NTC 4017 y NTC 2289, cuyos resultados se resumen en la Tabla 1. El estudio comprendió la inspección visual de la edificación, la revisión de los documentos técnicos disponibles y la ejecución de ensayos orientados a determinar su estado actual.

Los hallazgos revelaron fallas significativas en diseño y construcción, por lo que la estructura fue calificada como “Mala”. Se detectó una resistencia del concreto inferior a la prevista, con valores entre 20% y 45,1% con un valor medio de $\approx 11,8$ MPa ($\approx 32,7$ % por debajo del diseño), lo que representa un incumplimiento en los parámetros de seguridad establecidos por la NSR-10.

Tabla 1

Ensayos propuestos

Etapas	Descripción	Instrumentos Utilizados	Resultados Esperados
Etapas 1: Inspección visual preliminar	En esta fase inicial se realiza una revisión documental técnica y una inspección visual detallada para evaluar la estructura del edificio.	Linterna, flexómetro, cámara fotográfica, conforme a las Normas Técnicas NTC 6731 (capítulos 5 y 6) y NTC 4025.	Identificación de grietas, fisuras, desprendimientos, humedad, corrosión, oxidación y daños estructurales en áreas críticas para seguimiento.

Etapas	Descripción	Instrumentos Utilizados	Resultados Esperados
Etapa 2: Revisión detallada mediante ensayos no destructivos	Se emplearán técnicas no destructivas para evaluar el estado del concreto, acero de refuerzo y otras patologías sin afectar la integridad estructural.	Lupa y linterna; esclerómetro (ASTM C805, NTC 3692), para estimar resistencia a la compresión; ferroskan (NTC 2289); conforme a NTC 6731.	Detectar y medir defectos en concreto, estimar resistencia superficial, verificar ubicación y protección del acero, y evaluar riesgo de corrosión en zonas críticas.
Etapa 3: Revisión detallada mediante ensayos destructivos	Análisis de núcleos de concreto y muestras de acero que permite determinar con precisión la resistencia y propiedades reales, garantizando una evaluación rigurosa de la integridad y calidad estructural.	1. Ensayo de núcleos de concreto (NTC 673, 3658) 2. Ensayo de acero de refuerzo (NTC 2289, NTC 161).	Se extraerán cilindros de concreto y muestras de acero para evaluar resistencia y alargamiento, comparando los resultados con la NSR-10, Título C, y NTC 2289, asegurando el cumplimiento estructural.

3. ANÁLISIS DE DATOS

La información recopilada en la Tabla 2 permitió relacionar los resultados de laboratorio y las inspecciones con las patologías observadas en el edificio Apartaestudios San Francisco. El análisis confirma que la resistencia del concreto, con valores entre 10 y 15 MPa, es insuficiente frente al diseño de 17.5 MPa, lo que compromete la capacidad portante de columnas y losas. La correlación con la esclerometría ratifica deficiencias en la mezcla y en la calidad del vaciado, manifestadas en fisuras capilares, desprendimientos de recubrimiento y oxidación del refuerzo.

El estudio documental y visual evidenció que la corrosión de los aceros y la elevada porosidad del concreto están directamente asociadas a la exposición prolongada a humedad, lo que acelera la pérdida de sección en los elementos portantes. Aunque la carbonatación medida fue moderada (entre 3 y 12 mm), la presencia de agentes biológicos y condiciones ambientales adversas incrementa el riesgo de degradación futura.

En términos normativos, el incumplimiento parcial de la NSR-10 y de las NTC aplicables refleja que la estructura no garantiza durabilidad ni resistencia adecuadas, aumentando su vulnerabilidad ante cargas sísmicas. En conjunto, los resultados permiten establecer una conexión clara entre las deficiencias constructivas, las patologías detectadas y el riesgo estructural, concluyendo que el edificio presenta un estado crítico que exige medidas de intervención inmediatas.

Tabla 2

Análisis de datos

Aspecto Analizado	Datos Recopilados	Métodos de Análisis	Resultados del Análisis
Estado del paciente: edificio Apartaestudios San Francisco.	Construcción incompleta y avance (35%). Corrosión en aceros (NSR-10/NTC 2289 (ver anexo 7 y 8). Porosidad (3 muestras), manchas, eflorescencias y desgaste severo en losas.	Revisión documental e historial del edificio, inspección visual normas ASTM C823/C823M, y análisis de refuerzos vigentes (NTC 2289 en Colombia, ASTM A615).	El estudio confirma un deterioro severo causado por fallas en diseño y construcción. Corrosión y porosidad, que comprometen la estabilidad y seguridad. Estado: MALA
Resistencia del Concreto	Ensayos destructivos: resistencia del concreto entre 9 y 15 MPa (ver anexo 4), inferior al diseño 17.5 MPa, no cumple NSR-10. Esclerometría: se evaluaron 14 puntos según INV E 413-13 / NSR-10-C. (ver anexo 5)	Vulnerabilidad estructural (NSR-10 A.3) Esclerometría (ASTM C805) correlacionada con núcleos (NTC 673/ASTM C42) según NSR-10 C.3.5.4. (ver tabla 5)	El riesgo estructural y sísmico es elevado. La esclerometría indica una probable falla en la mezcla o en la fundición del concreto. Los resultados, confirman un alto grado de incumplimiento de la norma NSR-10.
Cumplimiento Normativo NSR 10	La carbonatación es moderada (3 y 12 mm), el concreto no cumple con la resistencia ni durabilidad. Se detectan fallas estructurales según la NSR-10. Solo hay cumplimiento parcial de la NSR-10 (Títulos A, C, H) y las NTC 673 y 2289."	Comparación de los datos con la norma NSR-10 para detectar fallas estructurales se evidenció pérdida de durabilidad (NTC 6731). Resistencia incumpliendo la NSR-10 y la NTC 673.	Baja resistencia, durabilidad limitada, carbonatación moderada (riesgo futuro por humedad). Aplicación parcial de la norma. (ver anexo 6, profundidad de carbonatación)

Aspecto Analizado	Datos Recopilados	Métodos de Análisis	Resultados del Análisis
Condiciones Ambientales	Humedad elevada (77-83%), lluvias intensas (797 mm/año), presencia de hongos y vegetación que retienen humedad y liberan ácidos.	Análisis de impacto ambiental: humedad, agentes biológicos y carbonatación.	La humedad provoca un rápido deterioro estructural. Si bien la carbonatación es baja, existe un alto riesgo de corrosión futura en el acero de refuerzo.

4. DIAGNÓSTICO

La Tabla 3 presenta la evaluación técnica del edificio Apartaestudios San Francisco, realizada conforme a los criterios establecidos por la NSR-10 (AIS, 2010). El estudio permitió identificar diferencias significativas en el estado de conservación de los elementos estructurales. En el caso de las columnas, se observó un comportamiento relativamente aceptable, sin pérdidas relevantes de sección transversal. No obstante, se evidenciaron signos iniciales de corrosión asociados a la exposición ambiental, lo cual, de no ser atendido, podría afectar la adherencia entre el acero y el concreto, comprometiendo la resistencia futura del sistema.

Las vigas mostraron condiciones más críticas. La presencia de vacíos de compactación en el concreto y el refuerzo expuesto con procesos activos de oxidación han generado pérdidas de material y disminución de la capacidad portante, lo que concuerda con lo planteado por Mehta y Monteiro (2014) sobre el impacto de una consolidación deficiente en la durabilidad estructural.

El estado más delicado corresponde a las losas de entrepiso y cubierta, que presentan deterioro severo: desprendimiento de recubrimiento, humedad persistente, proliferación biológica y exposición del acero de refuerzo. Estas patologías han provocado la pérdida total de funcionalidad estructural. Los ensayos de núcleos confirmaron resistencias a compresión muy inferiores a lo exigido (10–15 MPa frente a 17 MPa según NSR-10), validando lo indicado por Saravia (2017) y CEN (2004): el reforzamiento es inviable, siendo la demolición la única alternativa segura.

Tabla 3

Diagnóstico

Aspecto Analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Columnas Ejes A Y B	El acero presenta condiciones aceptables, sin deterioro relevante ni pérdida de sección. Se observan signos de	Refuerzo: revisión en 6 columnas, sin pérdida significativa de área. Carbonatación, sin	Realizar la evaluación detallada de la carbonatación para estimar la vida útil, con comparación frente a los límites estructurales.

Aspecto Analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
	corrosión y variaciones de diámetro atribuibles a la acción ambiental.	problemas en zonas expuestas.	
Vigas Ejes A Y B	Corrosión química en vigas por exposición y humedad. Refuerzo expuesto y oxidado; armado fundido de varios elementos.	La inspección de 16 vigas reveló pérdida de concreto, corrosión media en el acero y vacíos por mala compactación que reducen la resistencia estructural.	Reparar recubrimiento, limpiar y proteger acero expuesto, reparar hormigón poroso. Reforzar con nuevas vigas o placas metálicas.
Losas Entrepiso y Cubierta Ejes A Y B	El elemento presenta un nivel de deterioro severo, caracterizado por acumulación de humedad, materia orgánica y un estado general deficiente.	Problemas de conservación, la humedad favorece el moho/vegetación y afecta la protección del acero.	Limpieza con biocida, sellado antimicrobiano, ventilación adecuada y protección del acero para controlar el deterioro.
Evaluación NSR - 10 A/ 10.2	Los ensayos de núcleos mostraron que las muestras no alcanzan el diseño ($f_c' = 21$ MPa) ni el mínimo NSR-10 (17 MPa), lo que compromete la estabilidad sísmica y descarta la rehabilitación estructural. (ver anexo 4)	La no conformidad de los núcleos refleja un incumplimiento crítico de la NSR-10, con resistencia insuficiente para seguridad sísmica y alto riesgo de daño o colapso.	El concreto no alcanza la resistencia mínima exigida por la NSR-10, lo que limita su capacidad estructural y compromete la seguridad sísmica, descartando toda posibilidad de rehabilitación.

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

La propuesta de intervención para el edificio Apartaestudios San Francisco parte del diagnóstico estructural que evidencia daños severos en columnas, vigas y losas evidenciados en las fichas de inspección de los anexos 1 al 3, junto con corrosión avanzada en las armaduras y pérdida significativa de resistencia del concreto. Se recomienda una demolición controlada para mitigar riesgos sísmicos y garantizar la seguridad durante el proceso. En la Tabla 4 se puede apreciar el detalle de las acciones propuestas, incluyendo el uso de retroexcavadora, martillo neumático y oxicorte, además de medidas de protección para operarios y terceros. Una vez finalizada la demolición, la reconstrucción se proyectará

conforme a la NSR-10, empleando materiales certificados y un plan de mantenimiento preventivo que preserve la estabilidad estructural a largo plazo.

Tabla 4

Propuesta de intervención

Área / componente	Propuesta de intervención	Objetivo
Ejes A y B – Columnas (Niveles 1 y 2)	Retiro total de columnas ($\approx 7 \text{ m}^3$): demolición estructural completa que incluye replanteo, corte de armaduras, fragmentación, retiro de escombros y limpieza general. Se aplican medidas de seguridad para operarios y terceros, con control de polvo y desprendimientos. Equipo: retroexcavadora (martillo), oxicorte, martillo neumático y herramientas menores.	Restaurar la capacidad estructural y eliminar riesgo de colapso. Se evidenció deficiencia frente a los requisitos de la NSR-10 (Título C: durabilidad y resistencia; Título A: seguridad sísmica), por lo que se requiere demolición total.
Ejes A y B – Vigas (Niveles 1 y 2)	Retiro total de vigas ($\approx 9 \text{ m}^3$): demolición controlada completa que contempla replanteo, corte de acero, fragmentación y retiro de escombros. Ejecución con retroexcavadora (martillo), oxicorte y martillo neumático. Cumplimiento de normas de seguridad: señalización, andamios y EPP.	Recuperar la funcionalidad estructural y prevenir fallas en sismo. Las vigas presentan no conformidad con la NSR-10 en aspectos de diseño y comportamiento sísmico (Títulos A y C), lo que hace necesaria su demolición total.
Losas (Niveles 1 y 2)	Retiro total de losas macizas ($\approx 27 \text{ m}^3$, $\leq 20 \text{ cm}$): demolición completa con retiro previo de materiales, corte de acero, fragmentación, levantamiento y transporte de escombros. Ejecución con retroexcavadora (martillo), oxicorte y neumático. Control de polvo y medidas de seguridad perimetral.	Restituir la seguridad y estabilidad de los entrepisos. Las losas presentan falta de cumplimiento de la NSR-10 (Título C: durabilidad; Título A: seguridad sísmica), lo que obliga a su demolición total.

6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

El análisis realizado permite reconocer el nivel de vulnerabilidad sísmica del edificio *Apartaestudios San Francisco*. Se tuvieron en cuenta las condiciones estructurales, constructivas y los daños observados durante la inspección, contrastados con lo establecido en la NSR-10. A partir de este estudio fue posible identificar los principales factores de riesgo que afectan la seguridad y desempeño

del inmueble. Los datos y características analizadas se encuentran resumidos en la Tabla 5, donde se presentan los resultados y la matriz de vulnerabilidad.

Tabla 5

Análisis de vulnerabilidad sísmica

Ubicación	Comuna 6, Barrio Altos de San Francisco, Calle 80 No. 17-30, Ibagué, Tolima, coordenadas geográficas: 4°26'40"N -75°11'17", altura promedio 1.285 msnm, temperatura promedio entre 17 °C y 28°C, clima tropical, 2.217 mm de precipitación anual (Alcaldía de Ibagué, ibague.gov.co)
Descripción geológica	Conos de deyección de arenas finas a gruesas con limos y arcillas (4-8 m), luego franjas de arenas gruesas y roca fracturada con cuarzoimagen. Tipo de suelo SM.
Histórico de sismos	Zona de amenaza sísmica intermedia; cercano a la Falla geológica de Ibagué; coef. de aceleración sísmica de 0.20, eventos relevantes el 24 de agosto de 2012 – San Antonio (Tolima): Magnitud 5.0, sentido con fuerza en Ibagué. Enjambres sísmicos del Cerro Machín (2022 y 2024): Se registraron más de 100 temblores en pocas horas, algunos superiores a magnitud 4.0, que generaron alarma en Ibagué y Cajamarca. (Servicio Geológico Colombiano – Catálogo Sísmico https://sismo.sgc.gov.co/)
Vecinos colindantes	Al norte con la casa #1, al sur con una vía peatonal, al oriente con el parque El Pedregal y al occidente con la calle 80.
Sistema constructivo	Sistema de pórticos de concreto reforzado; muros de cerramiento en mampostería simple sin refuerzo. Estructura en dos niveles.
Materiales	Concreto reforzado en estructura, mampostería en bloques de arcilla y mortero para muros no estructurales.
Cimentación	Losa de cimentación y zapatas aisladas rígidas con vigas de cimentación.
Sistema estructural	Pórticos resistentes a momentos, capacidad moderada de disipación de energía (DMO), diseñados para cargas sísmicas y gravitacionales.

MATRIZ DE VULNERABILIDAD SÍSMICA CUALITATIVA			
FACTORES ESTRUCTURALES			
Criterio	Evaluación (Alta/Media/Baja)	Normativa de Referencia	Observaciones
Configuración en planta (Regularidad, simetría)	Vulnerabilidad baja. Planta simétrica, sin irregularidades geométricas significativas.	NSR-10, Capítulo A.3 (Zonificación sísmica), Capítulo A.6 (Configuración estructural).	La geometría de la planta es adecuada, sin concentraciones de masa ni irregularidades que afecten el desempeño sísmico.

Criterio	Evaluación (Alta/Media/Baja)	Normativa de Referencia	Observaciones
Configuración en altura (Discontinuidades, masa)	Vulnerabilidad media. Estructura de dos niveles, pero afectada por deterioros diferenciales en columnas y losas, (ver anexos 2 y 3).	NSR-10, Capítulo A.3 y A.6.	Aunque la configuración en altura es simple, el daño estructural (fisuras y desprendimientos) genera discontinuidades funcionales que incrementan la vulnerabilidad.
Sistema resistente (Pórticos, muros, dual)	Vulnerabilidad media-alta. Sistema aporticado, pero con deficiencias en resistencia y rigidez debido a la pérdida de capacidad en columnas y vigas.	NSR-10, Capítulo A.3 (Zonificación sísmica), Título C (Concreto estructural).	El sistema aporticado presenta pérdida de eficiencia estructural por la degradación de los elementos principales, (ver anexos 1 y 2).
Detalles sismorresistentes (Armaduras, conexiones)	Vulnerabilidad alta. Deficiencia en disposición, recubrimiento y anclaje de acero. Corrosión avanzada en armaduras y pérdida de sección efectiva.	NSR-10, Título A (Requisitos generales), Título C (Concreto estructural).	Deficiencias constructivas y falta de protección de armaduras frente a agentes agresivos. No cumple criterios modernos de detallado sísmico.
Daños preexistentes (Fisuras, deformaciones)	Vulnerabilidad alta. Fisuras generalizadas en vigas, columnas y losas; desprendimientos de recubrimiento y pérdida de capacidad resistente.	NSR-10, Capítulo C.3.4 (Diseño y durabilidad), C.21 (Sismo).	Los daños acumulados comprometen seriamente la seguridad estructural, elevando el nivel de vulnerabilidad sísmica del edificio, (ver anexos 1 al 3).

FACTORES NO ESTRUCTURALES

Criterio	Evaluación	Normativa	Observaciones
Elementos no estructurales (Fachadas, tabiques)	Mampostería de bloques de arcilla utilizada en fachadas y divisiones interiores. Al ser de baja resistencia y no estar confinada adecuadamente, presenta vulnerabilidad media ante acciones sísmicas.	NSR-10: Título E (Mampostería), requisitos para mampostería no estructural y de cerramiento. Título A (Requisitos generales, seguridad sísmica).	Se identifican muros de cerramiento que no aportan capacidad estructural, con riesgo de agrietamiento y desprendimiento en caso de sismo. Requieren refuerzo o confinamiento adecuado.

Equipos críticos (Anclajes, sistemas mecánicos)	No se evidencian equipos críticos ni sistemas mecánicos relevantes que incrementen la vulnerabilidad no estructural. Evaluación baja.	NSR-10, Título J (Requisitos para elementos no estructurales y equipos mecánicos).	La edificación carece de instalaciones mecánicas o equipos especiales que requieran anclajes sísmicos. No se identifican riesgos significativos en este aspecto.
---	---	--	--

CIMENTACIÓN Y SUELO			
Criterio	Evaluación	Normativa	Observaciones
Tipo de cimentación (Zapata, pilotes)	La cimentación se resuelve con zapatas aisladas de dimensiones mínimas de 0.80 m, apoyadas sobre suelo granular tipo SM. Se considera una vulnerabilidad baja, ya que se ajustan a las condiciones de capacidad portante.	NSR-10 (Cimentaciones): Título H - Requisitos generales de diseño y construcción. H.3: Diseño general (dimensiones, cargas, seguridad). H.4: Cimentaciones superficiales (zapatas). H.6: Estudios geotécnicos (clasificación de suelos).	Las zapatas fueron calculadas para que las presiones de contacto no superen 20 t/m ² , en correspondencia con la capacidad portante estimada del suelo tipo SM.
Condiciones del suelo (Licuación, asentamientos)	El perfil del suelo es de tipo SM (arena limosa), sin presencia de nivel freático en superficie. El potencial de licuación es bajo y el riesgo de asentamientos diferenciales se considera moderado. Vulnerabilidad baja a media en este aspecto.	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título H - Estudios Geotécnicos. Clasificación de suelos con base en velocidad de onda de corte y propiedades mecánicas.	El suelo granular con fracción limosa (SM) presenta buen drenaje y resistencia, aunque requiere control en compactación para reducir asentamientos. No es dispersivo ni altamente erosionable.

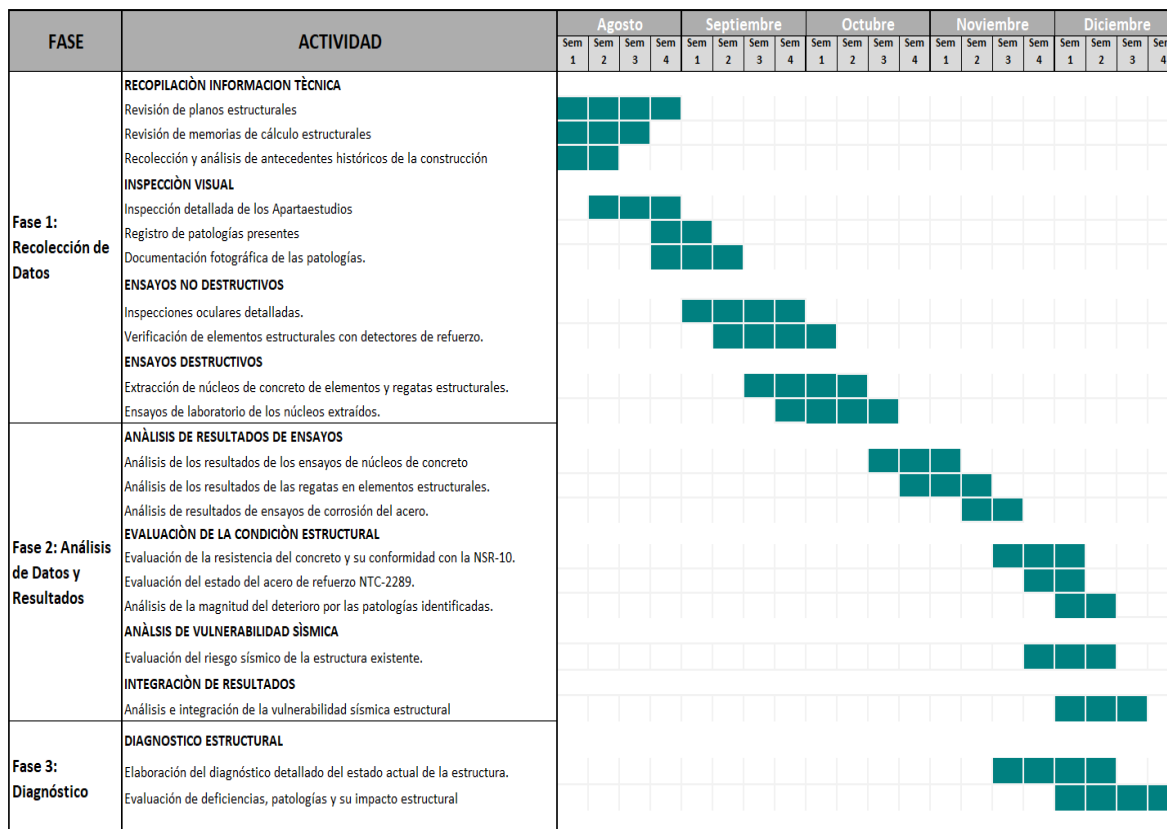
CALIFICACIÓN GLOBAL DE VULNERABILIDAD		
Índice de Vulnerabilidad	Rango	Acciones Recomendadas
Alta	La resistencia del concreto, medida en núcleos extraídos, está entre 11 y 15 MPa. Esto es inferior a los 17.5 MPa mínimos de la NSR-10 para estructuras sismo resistentes. Se confirma que no se alcanzan los requisitos necesarios para la seguridad de la estructura	Demolición de la estructura por riesgo sísmico. Esta decisión se basa en un análisis de viabilidad técnica, por alto riesgo sísmico y limitaciones económicas para el reforzamiento, haciendo inaceptable el peligro para la estructura existente.

7. CRONOGRAMA

El cronograma de la figura 1 establece la secuencia de fases y actividades del proyecto, organizadas de manera lógica y progresiva. Su propósito es garantizar una ejecución eficiente y el cumplimiento de los objetivos dentro del plazo estipulado de 5 meses.

Figura 1

Cronograma de actividades



8. PRESUPUESTO

El presupuesto presenta la asignación de recursos financieros destinados al estudio patológico, detallando los costos operativos, de equipos y permisos necesarios para su implementación. En la figura 2 se expone la secuencia de actividades y los pasos para la planificación y ejecución de esta fase, asegurando una gestión técnica adecuada hasta la obtención de los resultados que servirán de base para el futuro desarrollo de los apartaestudios.

Figura 2
Presupuesto

PRESUPUESTO - ESTUDIO PATOLÓGICO EDIFICIO APARTAESTUDIOS SAN FRANCISCO - IBAGUÉ, TOLIMA						
No.	Actividad	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Subtotal
1	Recolección de información técnica	Revisión de planos, memorias y antecedentes históricos.	Global	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
2	Inspección visual detallada	Visita técnica, registro fotográfico, levantamiento de patologías, uso de EPP.	Día	20	\$ 100.000	\$ 2.000.000
3	Ensayos no destructivos (END)	Martillo esclerométrico, detector de refuerzo, recubrimientos, análisis de datos.	UND.	12	\$ 150.000	\$ 1.800.000
4	Ensayos destructivos (ED)	Extracción de núcleos y regatas, transporte, ensayos de laboratorio.	UND.	8	\$ 650.000	\$ 5.200.000
5	Ensayos de laboratorio especializados	Resistencia, carbonatación, corrosión (NTC 2289, ASTM C39/C876).	UND.	8	\$ 300.000	\$ 2.400.000
6	Análisis de resultados de ensayos	Procesamiento y análisis estadístico de resultados.	Global	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
7	Diagnostico y Elaboración de informes técnicos	Informes preliminar y final, anexos fotográficos y planos.	Global	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
8	Desplazamientos, viáticos y transporte de materiales y muestras	Transporte, alimentación, hospedaje y movilidad.	Global	1	\$ 800.000	\$ 800.000
9	Gastos administrativos y papelería	Impresiones, planos, carpetas, suministros.	Global	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
SUBTOTAL						\$ 17.200.000
Administración					10%	\$ 1.720.000
Imprevistos					10%	\$ 1.720.000
Utilidad					10%	\$ 1.720.000
TOTAL AIU					30%	\$ 5.160.000
TOTAL PRESUPUESTO						\$ 22.360.000

9. RESULTADOS

Evaluación del Estado Estructural: Los ensayos realizados en el edificio *Apartaestudios San Francisco* evidencian un estado estructural comprometido. Las pruebas esclerométricas (ver anexo 5) y los núcleos extraídos mostraron resistencias del concreto entre 10 y 15 MPa (ver anexo 4), valores inferiores al mínimo establecido por la NSR-10 (C.3.5) para edificaciones ubicadas en zonas de amenaza sísmica intermedia como Ibagué.

Esta deficiencia afecta directamente la capacidad resistente de los elementos portantes, especialmente en columnas y losas, donde se observaron fisuras longitudinales, delaminaciones y pérdida del recubrimiento. Dichas patologías reflejan una disminución significativa en la rigidez y en la capacidad de disipar energía ante cargas dinámicas.

Condiciones Ambientales y Deterioro de Materiales: El comportamiento patológico de la estructura está estrechamente ligado a la exposición prolongada a altos niveles de humedad y cambios térmicos bruscos. La falta de protección superficial favoreció la carbonatación del concreto, confirmada mediante ensayos con fenolftaleína, que mostraron profundidades superiores al recubrimiento del acero (ver anexo 6).

La presencia de eflorescencias, filtraciones y manchas de humedad en fachadas y cubiertas indica un deterioro continuo del sistema de impermeabilización. Estas condiciones han acelerado la corrosión interna del acero, afectando la adherencia entre materiales y reduciendo la integridad estructural del conjunto.

Patologías Estructurales Detectadas: Durante la inspección visual y el análisis técnico se identificaron fisuras diagonales en columnas, delaminación en losas de entrepiso y desprendimiento parcial del concreto en nudos estructurales, (ver anexos 1 al 3). Estos daños están asociados a la pérdida de sección del acero de refuerzo, que en zonas críticas alcanza reducciones estimadas entre el 20 % y el 30 %, (ver anexo 7).

Se registraron además deformaciones diferenciales entre niveles, deflexiones en las losas y agrietamientos en muros de cerramiento tipo escalonado, compatibles con asentamientos diferenciales y redistribución de cargas verticales. Aunque el daño en la mampostería no representa riesgo inmediato de colapso, sí contribuye al avance de la humedad hacia el sistema estructural.

Condiciones del Acero y Aspectos Constructivos: El acero de refuerzo, originalmente conforme a la NTC 2289, presenta ahora signos de corrosión activa y pérdida de adherencia. En varios elementos se observó expansión del óxido, lo que fracturó el recubrimiento y generó fisuras longitudinales.

Así mismo, se detectaron defectos constructivos como nidos de grava, vacíos en el concreto y recubrimientos insuficientes, atribuibles a un vibrado deficiente durante el vaciado. Estos errores de ejecución, sumados al deterioro ambiental, han acelerado la pérdida de capacidad estructural.

Condiciones geotécnicas y riesgo asociado: Las inspecciones de cimentación evidenciaron excavaciones perimetrales sin confinamiento ni drenaje adecuado. El suelo presenta alta variabilidad en su humedad y capacidad portante media, lo que favorece movimientos diferenciales del terreno.

De acuerdo con la NSR-10 (H.5), la falta de estabilización del suelo y la ausencia de drenajes apropiados representan un riesgo geotécnico que puede comprometer la estabilidad global del edificio. Se recomienda implementar drenajes y rellenos compactados en caso de futuras intervenciones para evitar erosión y asentamientos.

En síntesis, los resultados evidencian una estructura gravemente comprometida: el concreto presenta baja resistencia, el acero de refuerzo muestra corrosión avanzada, existen fallas constructivas y una vulnerabilidad sísmica crítica. La combinación de estos factores representa un riesgo inaceptable para su uso.

Aunque se evaluaron opciones de reforzamiento parcial, la magnitud del daño y las limitaciones del material impiden lograr una seguridad estructural adecuada. Por ello, la conclusión técnica es que la demolición y posterior reconstrucción son la única solución viable para garantizar la integridad y cumplimiento normativo.

Esta decisión se basa principalmente en la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-10, la cual exige niveles mínimos de resistencia, ductilidad y capacidad sísmica que la estructura no cumple. En consecuencia, la demolición no solo responde a criterios técnicos y normativos, sino también a la necesidad de proteger la seguridad de los usuarios y asegurar una futura reconstrucción con estándares actuales y seguros para la ciudad de Ibagué.

10. BIBLIOGRAFÍA

ASTM International. (2020a). ASTM A615/A615M-20: Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement. West Conshohocken, PA: ASTM International.

ASTM International. (2020b). ASTM C823/C823M-20: Standard Practice for Examination and Sampling of Hardened Concrete in Constructions. West Conshohocken, PA: ASTM International.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

ICONTEC. (2010). *NTC 2289: Concreto. Extracción y ensayo de núcleos de concreto*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

ICONTEC. (2019). *NTC 4017: Concreto. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2019). *NTC 2289: Barras corrugadas y lisas de acero para refuerzo de concreto*. Bogotá, Colombia: ICONTEC.

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concreto: Microestructura, propiedades y materiales*. McGraw-Hill.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10 (Decreto 926 de 2010 y modificaciones)*.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2023). *Decreto 1401 de 2023: Por el cual se modifica parcialmente el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10*. Gobierno de Colombia.