ESTUDIO DE PATOLOGÍA EN LA EDIFICACIÓN PARADISE BUILDING UBICADO EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN, ANTIOQUIA

Presentado por:
OSCAR ALBERTO FONTALVO OCHOA
MICHAEL ALEXIS LONDOÑO SUAZA
JHONATAN PRIETO PÉREZ

Asesor:
OSMAR ALBERT GAMBA GOMEZ

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

Tabla de Contenido

RESUMEN 3
ABSTRACT 4
1. HISTORIA CLÍNICA 5
1.1 Información General 5
1.2 Línea de Tiempo 5
2. METODOLOGÍA 6
2.1 Inspección Visual 6
2.1.1 Reconocimiento 6
2.1.2 Auscultación Visual 7
2.1.3 Levantamiento de la edificación 7
2.2 Ensayos de Laboratorio 8
3. ANÁLISIS DE DATOS 9
4. DIAGNÓSTICO 11
5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN 12
6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA 13
7. CRONOGRAMA 16
8. PRESUPUESTO 17
9. RESULTADOS 18
10. BIBLIOGRAFÍA 19
11. ANEXOS 20

RESUMEN

El presente estudio de patología se realizó sobre la edificación PARADISE BUILDING ubicada en la ciudad de Medellín, Antioquia, en la cual se proyectó su ampliación mediante el proceso de reforzamiento estructural, con el fin de aumentar el número de pisos. No obstante, se identificó que, durante la ejecución de la obra se estaban presentando deficiencias en los procesos constructivos. En tal sentido, el objetivo es realizar un diagnóstico de la edificación, que permite emitir un concepto de propuestas de intervención para subsanar las afectaciones que se presentan y prevenir el desarrollo de futuras patologías al corto plazo.

En primera medida se realizó una inspección visual a la obra, donde se identificaron las siguientes patologías: Discontinuidad vertical en el 100% de las columnas de la edificación (un total de 20 columnas); insuficiencia en el recubrimiento y exposición de acero de refuerzo en las losas de entrepiso de los pisos 3, 4, 5, 6 y cubierta (100% de las losas nuevas); cambios de sección y hormigueros en un 10% de las vigas y viguetas de las plantas 3 y 4.

Como complemento, se realizaron los siguientes ensayos no destructivos: esclerometría, para verificar la resistencia a la compresión del concreto, donde se identificaron 4 elementos con una resistencia inferior a 21MPa; ultrasonido, para identificar posibles fisuras y hormigueros, donde se identificaron 2 elementos con velocidad inferior a 3.5 km/s; y detección de acero de refuerzo para verificar el recubrimiento, donde se identificó un 65% de los puntos por debajo de 4 cm.

Finalmente, se presentó como propuesta de intervención para la terminación de las obras, en términos de garantizar el recubrimiento mínimo de refuerzo, obtener la resistencia requerida del concreto y garantizar la continuidad y regularidad de los elementos.

Palabras clave: Exposición de acero, irregularidades en planta, sistemas no paralelos, trayectoria de fuerzas, resistencia a la compresión, ensayos no destructivos.

ABSTRACT

This structural pathology study was conducted on the PARADISE BUILDING, located in Medellín, Antioquia. An expansion of the building was planned through a structural reinforcement process in order to increase the number of floors. However, during the execution of work, deficiencies in the structural construction processes were identified. Therefore, the aim is to carry out a diagnostic assessment of the building, which allows issue a technical assessment of intervention aimed at correcting the identified damages and preventing the occurrence of short-term structural pathologies.

First, a visual inspection of the building was carried out, where the following pathologies were identified: vertical discontinuity in 100% of the building's columns (a total of 20 columns); insufficient coated and exposed reinforcement steel in the concrete slabs of levels 3, 4, 5, 6, and the roof slab (100% of the new slabs constructed); changes in cross-sections and honeycombing (voids) in approximately 10% of the beams and joists slabs on levels 3 and 4.

Subsequently, the following non-destructive testing were performed: sclerometer test (Rebound hardness test), to verify the compressive strength of the concrete, it was found 4 elements with a resistance lower than 21 MPa; Ultrasonic pulse velocity test, to detect possible cracks and honeycombing, it was found 2 elements present a velocity lower than 3.5 km/s; and reinforcing bars location using pachometer, to verify coating reinforcement steel, it was found 65% of the tested points were below 4 cm.

Finally, an intervention proposal was presented for the project accomplishment, aimed at ensuring the minimum coating reinforcement steel, achieving the required concrete strength, ensuring the continuity and regularity of the structural elements.

Keywords: exposed reinforcement steel, plan irregularities, Non-parallel Systems, load path, compressive strength, non-destructive techniques.

1. HISTORIA CLÍNICA

1.1 Información General

La edificación *Paradise Building* se encuentra localizada en la Carrera 80B 36-37 del barrio Las Acacias de la ciudad de Medellín, Antioquia.

Información Original

Fecha de construcción original: mayor a 30 años.
Sistema constructivo original: mampostería de confinamiento con espesores entre los 20 y 25 cm. Entrepiso en losa aligerada con ladrillo prensado de 35 cm de espesor.
Uso Original: Residencial (vivienda).
Número de pisos original: 2

Información Actual

Fecha de inicio ampliación: enero de 2020.
Sistema constructivo ampliación: Reforzamiento estructural mediante pórticos resistentes a momentos en concreto reforzado. Entrepiso en placa aligerada de concreto reforzado. Mampostería en bloque.
Uso proyectado: Edificio residencial.
Número de pisos proyectados: 6
Altura: 15 m
Área Total Construida: 1162 m2.

1.2 Línea de Tiempo

Tabla 1. Información Histórica

FECHA	EVENTO	IMPACTO TÉCNICO	DOCUMENTACIÓN
Enero - 2020	Solicitud de licencia de ampliación.	Cambio de uso (Vivienda Edificio). Requiere reforzamiento estructural.	Licencia 02-20-2136. (Anexo A-1)
Noviembre – 2020	Oposición de vecinos (Edificio *Génesis*).	Reporte de vibraciones y fisuras en colindante. Suspensión de obra por riesgo.	Ficha de Evaluación Técnica (Anexo A-2).

FECHA	EVENTO	IMPACTO TÉCNICO	DOCUMENTACIÓN
Diciembre – 2020	Evaluación técnica (empresa D&L).	Diagnóstico: falta de estudio de suelos y planos estructurales. Obra sin diseños.	Ficha de Evaluación Técnica (Anexo A-2).

Nota: Documentos anexos aportados por los propietarios.

Tabla 2. Evidencia de transición de la edificación.

Estructura original	Estructura actual

Nota: Imagen suministrada por los propietarios. 2020. Fotografía tomada por autores. 2024.

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el estudio patológico de la edificación se realizó de la siguiente manera:

2.1 Inspección Visual

La inspección visual se llevó a cabo en las siguientes etapas:

2.1.1 Reconocimiento

Se realizó vista de reconocimiento de la edificación en donde se identificaron características tales como localización, uso, número de pisos, sistema constructivo, información climática (temperatura, humedad, pluviosidad.), sismicidad, topografía del terreno y, proximidad a organismos (animal, vegetal), cuerpos de agua y edificaciones colindantes. Así mismo, se identificaron los datos más relevantes licencia de construcción en modalidad de ampliación.

Los datos obtenidos hacen parte de la historia clínica y se complementaron con el registró de ficha de reconocimiento inicial (Anexo A-1)

Así mismo, se indago sobre la información previa historia de la edificación, donde se obtuvo, la ficha de evaluación técnica realizada por la empresa D&L, los cuales hacen parte de la historia clínica y se presentan en el Anexo A-2.

2.1.2 Auscultación Visual

Una vez obtenida la información básica y general, se procedió a realizar visita de auscultación visual con el fin de identificar posibles patologías que se presentan en la edificación.

En la auscultación visual se identificaron 3 tipos de patologías de la edificación:

- Discontinuidad vertical en el 100% de las columnas de la edificación (un total de 20 columnas). Irregularidad en planta.
- Reducción de la sección y exposición de acero de refuerzo en las losas de entrepiso de los pisos 3, 4, 5, 6 y cubierta (100% de las losas nuevas)
- Cambios de sección y hormigueros en un 10% de las vigas y viguetas de las plantas 3 y 4. Irregularidad en planta.

Se identificó que, las posibles causas indirectas de las patologías presentadas se deben a la mala ejecución en los procesos constructivos en la actividad de vaciado del concreto.

Las especificaciones detalladas de las patologías evidenciadas se registraron en fichas técnicas de auscultación visual (Anexo B)

2.1.3 Levantamiento de la edificación

Posteriormente se realizó visita para la ejecución del levantamiento urbano, arquitectónico y estructural, el cual fue llevado a cabo con ayuda de equipos de precisión tales como estación topográfica, cinta, flexómetro, distanciómetro laser, con el fin de obtener un levantamiento preciso de la edificación y sus características de áreas, alturas, secciones de los elementos estructurales y no estructurales, verticalidad de las columnas.

El levantamiento realizado se representó software AutoCAD, en el cual se especifica la localización de las patologías correspondientes a la discontinuidad de las columnas y cambio de sección de vigas y viguetas (irregularidades en planta). (Anexo C).

2.2 Ensayos de Laboratorio

El procesamiento de la información obtenida en la inspección visual se complementó con la elaboración de los siguientes ensayos.

Tabla 3. Ensayos Propuestos

Etapa	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
Esclerometría	Medición de resistencia a compresión (NTC 3692): 10 pruebas, 1/columnas. 10 pruebas, 1/vigas. 1. Calibración 2. 10 golpes por punto (en cuadricula) 3. Distancia entre golpes de 25 mm.	Martillo Schmidt Proceq SilverSchmidt (certificado ICONTEC 2024).	Mapa de resistencias (MPa). Valores <21 MPa indican zonas críticas (NSR-10. C.1.1.1; C.4).
Ultrasonido	Detección de discontinuidades internas (NTC 4325): 10 mediciones. 1/columna. 1. Colocación transductores en transmisión directa en columnas. 2. Medición de la longitud de trayectoria redondear a 1% de distancia medida. 3. Verificar acoplamiento de transductores. 4. Medición de tiempo de recorrido.	Pundit PL-200 (frecuencia 54 kHz).	Velocidad <3.5 Km/s sugiere hormigueros o fisuras.

Etapa	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
Detección de aceros	Verificación de recubrimiento y diámetro (ASTM E797): Mediciones cada 50 cm en zonas expuestas. 6 pruebas/losa. 48 mediciones en viga. 1. Calibración 2. Marcar ubicación acero. 3. Anotar profundidad.	Pachómetro Proform 5 (precisión ±1 mm).	Recubrimiento < 4cm (NSR-10 C.7.7.4) requieren intervención).

Nota: Basado en NTC 3692, NTC 4325 y ASTM E797. Ensayos no destructivos.

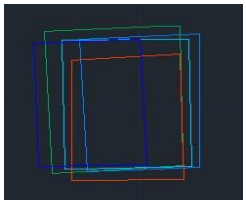
3. ANÁLISIS DE DATOS

Una vez ejecutadas cada una de las etapas de la inspección visual y ensayos de laboratorio, se realizó el análisis de los datos obtenidos como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 4. Análisis de Datos

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
Recubrimiento Acero (losas entrepiso)	6 mediciones con Pachómetro en cada losa de entrepiso (5). 30 mediciones en total.	Comparación con NSR-10 C.7.7. (Ver anexo B)	100% de los puntos <4 cm (mínimo normativo).

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
Recubrimiento Acero (vigas niveles 3 y 4)	48 mediciones con Pachómetro.	Comparación con NSR-10 C.7.7. (Ver anexo B)	23% de los puntos <4 cm (mínimo normativo).
Recubrimiento Acero (vigas niveles 3 y 4)	1 ficha técnica de auscultación visual (Anexo B-2).	Comparación con NSR-10 C.7.7. (Ver anexo B)	3 elementos <4 cm (mínimo normativo). Presentan hormigueros.
Resistencia Concreto (columnas)	12 pruebas de esclerometría (Anexo D-2).	Análisis estadístico (mínimos).	4 elementos <21 MPa (NSR-10 C.1.1.1; C.4).
Resistencia Concreto (vigas)	10 pruebas de esclerometría (Anexo D-2).	Análisis estadístico (mínimos).	1 elemento <21 MPa (NSR-10 C.1.1.1; C.4).
Continuidad Estructural (vigas)	10 mediciones de ultrasonido (Anexo D-1).	Correlación con esclerometría (r=0.82).	2 elementos con velocidad <3.5 km/s (anomalías).
Continuidad Estructural (vigas)	Levantamiento estructural (Anexo C).	Comparación con NSR-10 A.3.4.2, A.3.6.3.1, A.5.2.1. (Ver anexo B)	6 elementos con cambio de sección.

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
Continuidad Estructural (columnas)	Levantamiento estructural (Anexo C).	Sobreposición de las columnas de todos los niveles.  (Ver anexo B)	100% de los elementos presentan discontinuidad vertical. Se identificaron variaciones de hasta 2,64 cm.

Nota: Fotografías y levantamiento tomado en visita de reconocimiento.

4. DIAGNÓSTICO

Con el análisis de los datos obtenidos en la inspección visual y ensayos, se obtuvo el diagnóstico de la edificación, describiendo la evaluación del estado del paciente, los hallazgos encontrados y las recomendaciones de la intervención a realizar, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Diagnostico

Aspecto analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Recubrimiento Acero (losas)	Deficiencias en protección de acero de refuerzo (NSR-10 C.7.7).	- 5 losas de entrepiso con recubrimiento <4 cm. (mínimo normativo). - 10% de puntos con oxidación incipiente.	1. Limpieza mecánica (SA 2.5). 2. Aplicación de mortero de reparación (ASTM C387).
Recubrimiento Acero (vigas niveles 3 y 4)	Deficiencias en protección de acero de refuerzo (NSR-10 C.7.7).	- 11 vigas con recubrimiento <4 cm. (mínimo normativo). - 35% de puntos con oxidación incipiente.	1. Limpieza mecánica (SA 2.5). 2. Aplicación de mortero de reparación (ASTM C387)

Aspecto analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Resistencia Concreto	Capacidad estructural comprometida (NSR-10 C.1.1; C.4).	- 4 columnas con <21 MPa (promedio de 18.25 MPa). - 1 viga con <21MPa (18.1 MPa).	1. Encamisado con CFRP (ACI 440.2R).
Continuidad Estructural (vigas niveles 3 y 4)	Irregularidad en planta 5P, Sistemas no paralelos. (NSR-10 A.3-6)	-2 vigas con fisuras >1 mm. - 6 vigas con cambio de sección no diseñado.	1. Encamisado con CFRP (ACI 440.2R). 2. Refuerzo con angulares de acero (AISC 360). 3. Análisis estructural complementario.
Continuidad Estructural (columnas)	Irregularidad en planta 4P, Desplazamientos del plano de acción de elementos verticales. (NSR-10 A.3-6; A.3.6.12)	-20 columnas con discontinuidad horizontal.	1. Encamisado con CFRP (ACI 440.2R). 2. Análisis estructural complementario.

Nota: diagnóstico resultado de la inspección visual y ensayos realizados.

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Con el diagnostico obtenido de la edificación, se dispone a presentar la propuesta de intervención, ya sea demolición parcial, total o reforzamiento de los elementos afectados, con el fin de restaurar la capacidad estructural de la edificación.

Tabla 6. Propuesta de Intervención

Área/ componente	Propuesta de intervención	Objetivo
Losas aligeradas (Niveles 3, 4, 5, 6 y cubierta).	1. Refuerzo con malla electrosoldada (ASTM A185). 2. Vaciado de capa de compresión (5 cm, f'c= 21 MPa).	Recuperar la rigidez (NSR-10 C.8.7).

Área/ componente	Propuesta de intervención	Objetivo
Vigas (niveles 3 y 4) Ejes 7 entre C-A, 1-2 entre E-F) y 3 entre D-E)	1. Demolición parcial del hormigón dañado (hasta 5 cm de profundidad). 2. Aplicación de mortero tixotrópico (ASTM C387). 3. Protección con imprimante antioxidante (ISO 12944).	Garantizar recubrimiento ≥4 cm (NSR-10 C.7.7) y resistencia ≥21 MPa (C.1.1.1.).
Columnas (todas las columnas niveles 1, 2, 3, 4 y 5)	1. Demolición parcial del hormigón dañado (hasta 5 cm de profundidad). 2. Aplicación de mortero tixotrópico (ASTM. C387). 3. Protección con imprimante antioxidante (ISO 12944).	Aumentar capacidad axial de 25 ton (NSR-10 C.8.10).

Nota: propuesta de intervención más eficiente costo-beneficio.

6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

En la siguiente tabla se presenta un análisis sobre la sismicidad en la región:

Tabla 7. Características sísmicas de la edificación

Ubicación	Medellín, Antioquia Georreferenciación: 6°14’41.26’’N – 75°36’06.94W
Descripción geológica	El suelo se clasifica como perfil *D*, perfiles suelo y rocas de rigidez media *Su*: Mayor que 100 KPa. Zona de periodos cortos del espectro *Fa* = 1.50 A.2.4-3 zona de periodos intermedios del espectro *Fv* = 2.00 A.2.4-4 (NSR-10) complejidad del proyecto: categoría MEDIA, con un área aproximada de 304,62 m2. Grupo de uso *I* - Estructuras de ocupación normal
Histórico de sismos	Zona sísmica intermedia. Últimos 20 años: Nota: Tomado de Servicio geológico colombiano

No.	Fecha del sismo	Hora local	Lat.	Long.	Magnitud	Prof. (km)	Centro poblado	Int. sitio	Int. Máx.	Área epicentral
30	2008/05/24	14:20	4.44	-73.81	5.9	10	Medellín	3	8	Quetame, Cundinamarca
31	2013/02/09	09:16	1.113	-77.561	7	162.8	Medellín	3	7	Guaitarilla, Nariño
32	2015/03/10	15:55	6.825	-73.134	6.4	157.7	Medellín	5	7	Los Santos, Santander
33	2016/10/30	19:20	3.405	-74.636	5.3	13.2	Medellín	2	6	Colombia, Huila
34	2020/04/15	05:59	9.017	-74.486	5.8	50	Medellín	3	6	Santa Cruz De Mompox, Bolívar
35	2023/08/17	12:04	4.42	-73.63	6.1	13	Medellín	3	7	San Juanito, Meta

vecinos colindantes	Al sur: Edificación de 5 niveles en sistema de pórticos en concreto reforzado. Al norte: Lote de antigua edificación demolida, sin uso (abandono). Al este (frente): espacio público con anden en plantilla de concreto, adyacente a vía en pavimento flexible. Al oeste (posterior): Edificación de 2 niveles en sistema de muros de confinamiento.
sistema constructivo	Sistema de pórticos resistentes a momentos.
Materiales	Estructura (Vigas y columnas) en concreto reforzado. Losas de entrepiso aligeradas. Mampostería en bloque.
Cimentación	Zapatas asiladas en concreto reforzado.
sistema estructural	Edificación de seis (6) niveles y semisótano terminando en cubierta en losa con estructura compuesta por vigas de fundación de 40cm por 40cm, columnas de 40x60 cm y vigas de 40x60 cm en los dos sentidos principales de la estructura. Las viguetas de borde para vacíos y escaleras son de 15x40 cm.

Nota: basado en visita de reconocimiento y NSR-10.

A continuación, se presenta el análisis de vulnerabilidad sísmica de la edificación, a través de una matriz cualitativa de los diferentes factores que interfieren en los riesgos de sismicidad.

Tabla 8. Matriz de vulnerabilidad sísmica cualitativa

Criterio	Evaluación (Alta/Media /Baja)	Normativa de Referencia	Observaciones
1. FACTORES ESTRUCTURALES			
Configuración en altura (Discontinuidades, masa)	MEDIA	NSR-10 A.3-7 A.3.2.4.1. Tipo 5aA	Piso Débil. Niveles 1 y 2 construcción original. La resistencia de estos niveles es menor al 80% de los pisos superiores, construcción nueva. Tipo
Configuración en planta (Regularidad, simetría)	ALTA	NSR-10 A.3-6; A.3.6.12. Tipo 4P.	Desplazamiento de elementos verticales (100% columnas), crea discontinuidad en trayectoria de fuerzas.

Criterio	Evaluación (Alta/Media /Baja)	Normativa de Referencia	Observaciones
Configuración en planta (Regularidad, simetría)	ALTA	NSR-10 A.3-6. Tipo 5P.	Sistemas no paralelos (vigas con cambio de sección), no son simétricamente ortogonales.
Sistema resistente (Pórticos, muros, dual)	ALTA	NSR-10 C.3.5	5 elementos con resistencia <21 MPa, entre vigas y columnas.
Detalles sismorresistentes (Armadura s, conexiones)	ALTA	NSR-10 C.7.7	16 elementos con recubrimiento <4 cm, entre losas y vigas de placa aligerada de entrepiso.
Daños preexistentes (Fisuras, deformaciones)	ALTA	NSR-10 D.10.6	6 vigas con cambio de sección no diseñado 3 vigas presentan hormigueros. Baja resistencia del concreto y exposición de acero de refuerzo.
2. FACTORES NO ESTRUCTURALES			
Elementos no estructurales (Fachadas, tabiques)	BAJA	NSR-10 A.1.3.6	Muros en mampostería parcialmente construidos (Sin terminar). No presentan patologías.
Equipos críticos (Anclajes, sistemas mecánicos)	BAJA	NSR-10 A.1.3.6	La edificación y sistema constructivo no cuenta equipos críticos.
3. CIMENTACIÓN Y SUELO			
Tipo de cimentación (Zapatas, pilotes)	MEDIA	NSR-10 A.1.3.5	Se evidenciaron zapatas aisladas en concreto reforzado. No obstante, no se cuenta con diseño de cimentación
Condiciones del suelo (Licuación, asentamientos)	BAJA	NSR-10 A.2.4	Rigidez mayor a 100 KPa Perfil D; Fa = 1.50; Fv = 2.00 Complejidad del proyecto se clasifica como de categoría Media.

Nota: análisis de vulnerabilidad basado en historia clínica y diagnóstico.

La clasificación de la vulnerabilidad se describe en la siguiente tabla.

Tabla 9. Clasificación matriz de vulnerabilidad

CALIFICACIÓN GLOBAL DE VULNERABILIDAD		
Índice de Vulnerabilidad	**Rango**	**Acciones Recomendadas**
Alta	Estructuralmente deficiente.	Refuerzo urgente.
Media	Requiere mejoras.	Evaluación detallada (FEMA 356).
Baja	Cumple normativas.	Monitoreo periódico.

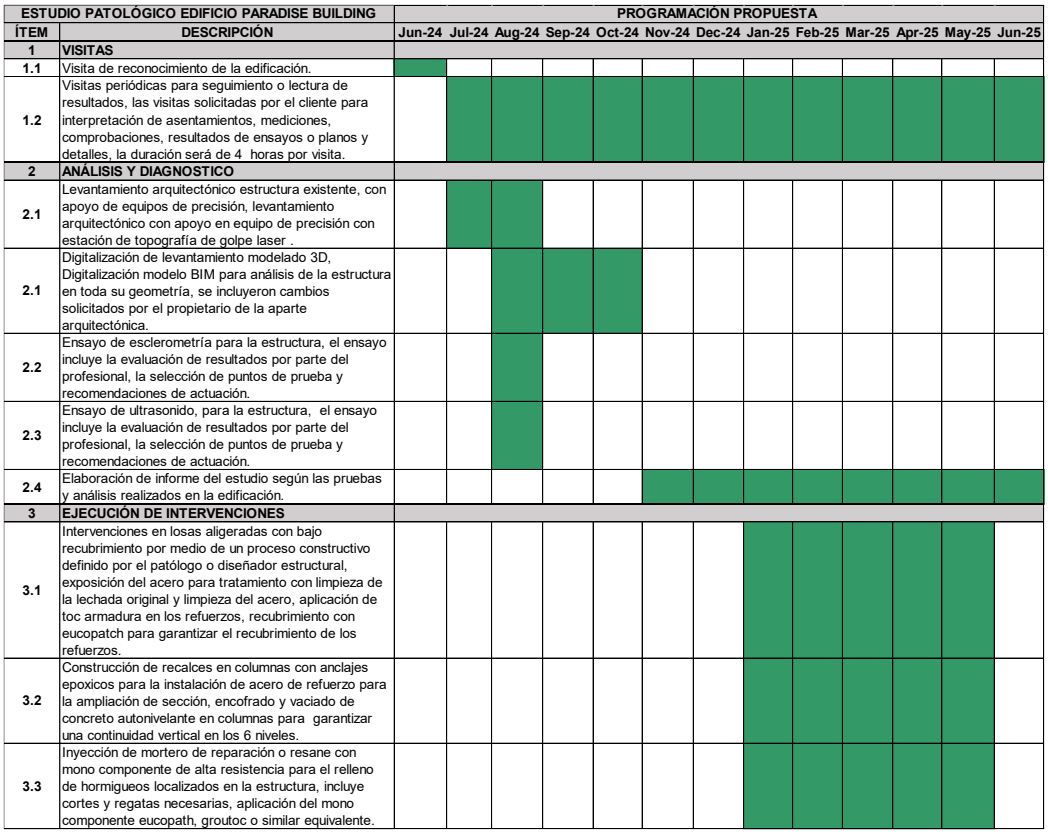
Nota: Clasificación aplicada a matriz de vulnerabilidad.

De acuerdo con la matriz de vulnerabilidad, la edificación presenta una amenaza alta en el factor estructural, por lo cual se requiere su intervención inmediata.

7. CRONOGRAMA

El cronograma de actividades se describe a continuación.

Figura 1. Cronograma de actividades.



Nota: Cronograma bajo aprobación del estudio.

8. PRESUPUESTO

El presupuesto de las actividades se presenta a continuación.

Figura 2. Presupuesto de actividades.

ESTUDIO PATOLÓGICO EDIFICIO PARADISE BUILDING		PRESUPUESTO			
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
1	**VISITAS**	**$**			**8.150.000,00**
1.1	Visita de reconocimiento de la edificación.	un	1	$ 550.000,00	$ 550.000,00
1.2	Visitas periódicas para seguimiento o lectura de resultados, las visitas solicitadas por el cliente para interpretación de asentamientos, mediciones, comprobaciones, resultados de ensayos o planos y detalles, la duración será de 4 horas por visita.	un	20	$ 380.000,00	$ 7.600.000,00
2	**ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO**	**$**			**24.462.000,00**
2.1	Levantamiento arquitectónico estructura existente, con apoyo de equipos de precisión, levantamiento arquitectónico con apoyo en equipo de precisión con estación de topografía de golpe laser .	m2	1386	$ 5.000,00	$ 6.930.000,00
2.1	Digitalización de levantamiento modelado 3D, Digitalización modelo BIM para análisis de la estructura en toda su geometría, se incluyeron cambios solicitados por el propietario de la aparte arquitectónica.	m2	1386	$ 7.000,00	$ 9.702.000,00
2.2	Ensayo de esclerometría para la estructura, el ensayo incluye la evaluación de resultados por parte del profesional, la selección de puntos de prueba y recomendaciones de actuación.	un	12	$ 245.000,00	$ 2.940.000,00
2.3	Ensayo de ultrasonido, para la estructura, el ensayo incluye la evaluación de resultados por parte del profesional, la selección de puntos de prueba y recomendaciones de actuación.	un	10	$ 289.000,00	$ 2.890.000,00
2.4	Elaboración de informe del estudio según las pruebas y análisis realizados en la edificación.	un	2	$ 1.000.000,00	$ 2.000.000,00
SUBTOTAL ESTUDIO PATOLÓGICO					$ 32.612.000,00
ADMINISTRACIÓN (20%)					$ 6.522.400,00
IMPREVISTOS (4%)					$ 1.304.480,00
UTILIDAD (6%)					$ 1.956.720,00
TOTAL ESTUDIO PATOLÓGICO					**$ 42.395.600,00**
3	**EJECUCIÓN DE INTERVENCIONES**	**$**			**237.764.000,00**
3.1	Intervenciones en losas aligeradas con bajo recubrimiento por medio de un proceso constructivo definido por el patólogo o diseñador estructural, exposición del acero para tratamiento con limpieza de la lechada original y limpieza del acero, aplicación de toc armadura en los refuerzos, recubrimiento con eucopatch para garantizar el recubrimiento de los refuerzos.	m2	800	$ 98.500,00	$ 78.800.000,00
3.2	Construcción de recalces en columnas con anclajes epoxicos para la instalación de acero de refuerzo para la ampliación de sección, encofrado y vaciado de concreto autonivelante en columnas para garantizar una continuidad vertical en los 6 niveles.	un	80	$ 1.930.800,00	$ 154.464.000,00
3.3	Inyección de mortero de reparación o resane con mono componente de alta resistencia para el relleno de hormigueos localizados en la estructura, incluye cortes y regatas necesarias, aplicación del mono componente eucopath, groutoc o similar equivalente.	un	3	$ 1.500.000,00	$ 4.500.000,00
SUBTOTAL INTERVENCIONES					$ 237.764.000,00
ADMINISTRACIÓN (20%)					$ 47.552.800,00
IMPREVISTOS (4%)					$ 9.510.560,00
UTILIDAD (6%)					$ 14.265.840,00
TOTAL INTERVENCIONES					**$ 309.093.200,00**

Nota: El valor del presente estudio patológico es de $42.395.600 pesos M/cte. El valor de las intervenciones por $309.093.200,00 está supeditado de aprobación para ejecución.

9. RESULTADOS

Es indispensable que, antes de la continuación de la terminación de las obras se realicen las siguientes actividades:

Garantizar el recubrimiento mínimo de acero de refuerzo

Este procedimiento se debe realizar en las losas de entrepiso y vigas donde no se cumple con el recubrimiento mínimo (<4cm) del hacer de refuerzo (mallas electrosoldadas y barras)

1. Intervención del acero de refuerzo con retiro de lechada residual. Limpieza con grata o cepillo de alambre y aplicación de TOC armadura de SIKA sobre el acero. Aplicar capa de EUCOPATH de SIKA.
2. Aplicación de mortero de reparación de acuerdo con la norma (ASTM387).

Garantizar la resistencia del concreto

1. Demolición parcial del hormigón dañado (por hormigueros) hasta 5 cm de profundidad.
2. Aplicación de mortero tixotrópico de acuerdo con la norma ASTM C387.
3. Realizar protección del elemento con imprimante antioxidante de acuerdo con la norma ISO 12944)

Garantizar la continuidad de los elementos estructurales. (vigas y columnas)

1. Repotenciación de las columnas y vigas mediante el encamisado con polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP) de acuerdo con la norma ACI 440.2R.
2. Realizar un análisis estructural complementario para evaluar el comportamiento de los elementos reforzados.

Es importante que, para la corrección de las patologías descritas en este informe, se realice una supervisión técnica por parte de un profesional en la materia, con el fin de verificar la correcta ejecución de las actividades de intervención, mediante el seguimiento de ejecución de las actividades siguiendo los diseños presentados en software AutoCAD. (NSR-10. A.1.3.9)

Así mismo, una vez se hayan subsanado las patologías, se deberá continuar con la supervisión técnica de la terminación de la obra, para su satisfactoria terminación, teniendo en cuenta que se identificó que la falta de control de calidad en los procesos constructivos y falta de diseños, causaron las patologías descritas.

Esto con el fin de controlar la correcta instalación de formaletas, vaciado y curado del concreto, ubicación de las barras de refuerzo, que fueron las causas principales en la generación de las patologías descritas.

Para lograr esto, se debe contar con la totalidad de los estudios y diseños que se requieren para la construcción de este tipo de infraestructura como lo son: estudio geotécnico, estudio topográfico, diseño arquitectónico, diseño estructural, diseño de redes hidrosanitarias, diseño de red eléctrica. (NSR-10. A.1.4, A.1.5)

La intervención descrita es necesaria para la terminación de la obra, y cumplimiento de la normativa NSR-10, con el fin de poder dar el uso proyectado a la edificación, evitando riesgos mayores a largo plazo.

El impacto que tiene no actuar en las intervenciones presentadas, pone en riesgo la estabilidad de la estructura, específicamente al momento de aplicar cargas vivas y más aún, bajo fuerzas inducidas por los efectos sísmicos.

10. BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS. (2010) Titulo A-REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. En: Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS. (20010) Titulo B-CARGAS. En: Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS. (20010) Titulo C-CONCRETO ESTRUCTURAL. En: Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Arce I, et al. (1999). Tratado de Rehabilitación -Metodología de la restauración y de la rehabilitación. Editorial Munilla -Leria

Bahman Ghiassi, and Paulo B. Lourenco, Elsevier Science & Technology, 2018. Long-Term Performance and Durability of Masonry Structures: Degradation Mechanisms, Health Monitoring and Service Life Design.

Broto, C. (2006). Enciclopedia Broto De La Construcción: Hormigón, vol. I. México: Océano de México. https://higieneyseguridadlaboralcvs.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion.pdf

Curaduría Urbana Segunda Municipio de Medellín. (2020). Licencia de Construcción. Resolución No. C2-20-2136- del 16 de diciembre de 2020, Trámite No. 05001-2-20-0025-COE-2-2020-13566.

Fiol Olivan, F. (2014). Manual de patología y rehabilitación de edificios. Editorial Universidad de Burgos. https://elibro.net/en/ereader/usta/59487 Elguero, A. M. (2004). Patologías elementales. Editorial Nobuko.

ICONTEC. INSTITUTO Colombiano de Normas Técnicas. 2018. NTC 3696. CONCRETOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NUMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO.

ICONTEC (2011) NTC 4325: Ensayos no destructivo – ensayo ultrasonido – Método para ensayos en concreto. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

Robledo F. (2020). DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO DE CINCO NIVELES UBICADO EN MEDELLÍN, ANTIOQUIA CARRERA 80B # 36 – 37

Servicio geológico colombiano. Sismicidad histórica en Colombia. https://www.sgc.gov.co/

Visual Ingeniería SAS. Estudio geotécnico proyecto Paradise Building. Estudio geotécnico y recomendaciones.

11. ANEXOS

A. Historia Clínica
B. Inspección Visual
C. Levantamiento Estructural
D. Ensayos