

**Estudio patológico y propuesta de intervención al edificio Torre Pijao en la ciudad de
Bogotá D.C.**

Ing. Nicolás Daniel Andrés Ortega Cárdenas

Ing. Diego Felipe Rodríguez Sepúlveda.

Especialización en Patología de la Construcción, Universidad Santo Tomás

Trabajo Profesional Integrado

Ing. Oscar Julián Cardozo Sarmiento.

19 de diciembre de 2021

Título

Estudio patológico y propuesta de intervención al edificio Torre Pijao en la ciudad de Bogotá
D.C.

Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| Título | 2 |
| Tabla de contenido | 3 |
| Índice de figuras | 6 |
| Índice de tablas | 9 |
| 1. Introducción..... | 10 |
| 2. Justificación..... | 12 |
| 3. Objetivos..... | 14 |
| 3.1. General | 14 |
| 3.2. Específicos | 14 |
| 4. Marco referencial..... | 15 |
| 4.1. Teórico | 15 |
| 4.1.1. Tipos de lesiones..... | 15 |
| 4.1.2. Causas directas de los procesos patológicos. | 16 |
| 4.2. Contextual | 16 |
| 4.2.1. Frente de carbonatación..... | 17 |
| 4.2.2. Apique obra en construcción | 17 |
| 4.2.3. Medición de espesor de barras expuestas. | 17 |
| 4.2.4. Extracción de núcleos..... | 18 |
| 4.3. Legal | 18 |
| 5. Alcance y limitaciones | 21 |

| | |
|---|----|
| 6. Metodología | 22 |
| 6.1. Descripción de la selección del paciente | 22 |
| 6.2. Preparación y planteamiento del estudio | 22 |
| 6.2.1. Inspección preliminar del paciente..... | 22 |
| 6.2.2. Recopilación de información necesaria para el estudio..... | 23 |
| 6.2.3. Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente..... | 23 |
| 6.2.4. Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración..... | 24 |
| 6.3. Historia Clínica..... | 24 |
| 6.3.1. Responsables del estudio..... | 24 |
| 6.3.2. Fecha de realización del estudio..... | 25 |
| 6.3.3. Datos generales del paciente: | 25 |
| • <i>Sistema estructura y constructivo</i> | 28 |
| 6.3.4. En la edificación y/o construcción civil: | 30 |
| 6.3.5. Aplicación patológica: | 33 |
| 6.3.6. Datos específicos de las lesiones | 34 |
| 6.3.7. Descripción de la patología más relevante en el paciente | 35 |
| 6.3.8. Datos generales del entorno:..... | 37 |
| 6.3.10. Arquitectura (descripción general)..... | 39 |
| 6.3.11. Estructura (descripción general) | 42 |
| • <i>Sismicidad</i> | 42 |

| | | |
|--------|---|----|
| 7. | Estudio de vulnerabilidad sísmica..... | 47 |
| 7.1. | Geología urbana..... | 47 |
| 7.2. | Zonificación geotécnica..... | 49 |
| 7.3. | Respuesta sísmica de la zona..... | 50 |
| 7.4. | Respuesta sísmica de la zona..... | 52 |
| 7.5. | Matriz de vulnerabilidad..... | 56 |
| 7.5.1. | Actividad sísmica en la ubicación del proyecto..... | 56 |
| 7.5.2. | Matriz de vulnerabilidad en las zonas críticas del paciente..... | 58 |
| 8. | Diagnostico | 66 |
| 8.1. | Lesiones mecánicas, físicas y químicas. | 66 |
| 8.2. | Ensayos destructivos y no destructivos. | 72 |
| 8.2.1. | Exploración de las fisuras en vigas:..... | 72 |
| 8.2.2. | Determinación de carbonatación en la sección de concreto mediante el uso de fenolftaleína. | 75 |
| 8.2.3. | Extracción de cilindros para ensayos a compresión..... | 77 |
| 9. | Propuestas de intervención. | 80 |
| 9.1. | Intervención inmediata. | 80 |
| 9.2. | Intervención total..... | 82 |
| 9.3. | Intervenciones locativas..... | 83 |
| 9.3.1. | Asentamientos | 83 |
| 9.3.2. | Reparación de muros en el sótano..... | 83 |

| | | |
|-------|--|----|
| 10. | Presupuesto..... | 85 |
| 10.1. | Presupuesto de intervenciones inmediatas | 85 |
| 10.2. | Presupuesto de intervenciones inmediatas | 86 |
| 11. | Conclusiones y recomendaciones..... | 87 |
| 12. | Bibliografía | 89 |
| | Anexo A..... | 92 |
| | Anexo B..... | 93 |

Índice de figuras

| | | |
|-----------------|---|----|
| Figura 1 | Clasificación de las lesiones | 15 |
| Figura 2 | Correo de autorización por escrito de parte de la administración del edificio Torre Pijao..... | 24 |
| Figura 3 | Ubicación de la localidad del proyecto (a) Distribución de las localidades de la ciudad de Bogotá (b) Ubicación de la localidad 11 de Suba (c) Localización del proyecto en la calle 149 con carrera 48 | 26 |
| Figura 4 | Mapa Urbano del barrio Victoria Norte Bogotá D.C..... | 27 |
| Figura 5 | Despiece de columnas Edificio Torre Pijao..... | 29 |
| Figura 6 | Sección tipo de placa aligerada de entre piso | 29 |
| Figura 7 | Plano general de la tipología de pilotes hincados en la cimentación . Edificio Torre Pija | 30 |
| Figura 8 | <i>Planta general primer piso. Edificio Torre Pijao</i> | 31 |
| Figura 9 | <i>Planta general sótano. Edificio Torre Pijao</i> | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura 10 <i>Estado general del Edificio Torre Pijao</i> | 33 |
| Figura 11 Mapa según el esquema de Koppen en Colombia. | 38 |
| Figura 12 Temperatura media (a) y precipitación media (b) de Bogotá | 39 |
| Figura 13 Arquitectura de planta piso tipo. | 40 |
| Figura 14 Arquitectura de planta piso tipo. | 41 |
| Figura 15 Zona Sísmica en Colombia | 43 |
| Figura 16 Determinación coeficiente Aa Zona Sísmica en Colombia | 44 |
| Figura 17. Determinación coeficiente Av Zona Sísmica en Colombia | 45 |
| Figura 18 Localización geográfica, plancha 228 – Bogotá Noreste | 47 |
| Figura 19 (a)Ubicación de la formación Sabana (Q_1sa) Pleistoceno medio, (b) Ubicación del anticlinal de Bogotá. | 48 |
| Figura 20 Ubicación de la respuesta sísmica del paciente en estudio | 49 |
| Figura 21 Ubicación de la respuesta sísmica del paciente en estudio | 51 |
| Figura 22 (a) Figura A.2.3-1 – Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av, (b) Figura A.2.3-2 — Mapa de valores de Aa, (c) Figura A.2.3-3 - Mapa de valores de Av. | 53 |
| Figura 23 Espectro de diseño del paciente. | 54 |
| Figura 24 Ubicación de la estación de acelerómetro más cercana al proyecto | 56 |
| Figura 25 Registro de eventos sísmicos en la ciudad de Bogotá durante el periodo del 99 al 2010 | 57 |
| Figura 26 a) Ubicación del jardín en las zonas comunes del edificio y (b) Estado actual de la zona clausurada al público. | 66 |
| Figura 27 (a) Zona inferior de la placa de entrepiso, (b) Estado del casetón, (c) Pérdida de recubrimiento y (d) medida de la sección del acero de refuerzo sin pérdida de sección..... | 68 |

| | |
|---|----|
| Figura 28 (a) Patrón de fisuración a flexión en viguetas, (b) espesor de las fisuras (c) y(d) patrón de fisuración al $L/3$ en el apoyo. | 69 |
| Figura 29 (a) Patrón de fisuración a flexión en viguetas y (b) medida del ancho de grieta. | 70 |
| Figura 30 (a) Humedad por filtraciones de agua, (b) desprendimiento del acero de refuerzo de la sección de concreto, (c) falla dúctil del acero de refuerzo y (d) esquema de falla dúctil del acero de refuerzo. acero de refuerzo de la sección de concreto. | 71 |
| Figura 31 (a) Extremo de la viga del eje 7 apoyado en el eje D (b) Apoyo intermedio en el eje E de la viga del eje 7 (c) Acero de refuerzo longitudinal por fuera de los estribos en el apoyo intermedio del eje E (d) medida del diámetro del acero de refuerzo. | 73 |
| Figura 32 (a) Ubicación del acero de refuerzo longitudinal y transversal de la viga en el eje entre ejes E–F y (b) medida del diámetro del acero de refuerzo. | 74 |
| Figura 33 (a) Ubicación del acero de refuerzo longitudinal y transversal de la viga en el eje entre ejes E–F y (b) medida del diámetro del acero de refuerzo. | 76 |
| Figura 34 (a) Extracción del núcleo en la placa de entrepiso y (b) Extracción del núcleo en la viga carguera | 77 |
| Figura 35 Ubicación de los parales en la placa de entrepiso indicadas en | 81 |
| Figura 36 | 84 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Cuadro de secciones del plano de despieces de columnas.....</i> | 28 |
| Tabla 2 <i>Distribución de áreas. Edificio Torre Pijao.....</i> | 31 |
| Tabla 3 <i>Registro fotográfico de lesión en el sótano 1 – parqueadero 29.....</i> | 36 |
| Tabla 4 <i>Registro fotográfico de lesión en el sótano 1 – parqueadero 11.....</i> | 36 |
| Tabla 5 <i>Parámetros sísmicos para la ciudad de Bogotá.D.C.....</i> | 46 |
| Tabla 6 <i>Respuesta Sísmica: Lacustre 200.....</i> | 52 |
| Tabla 7 <i>Datos de entrada para el cálculo del espectro de diseño.....</i> | 54 |
| Tabla 8 <i>Tabla A.3-3 Sistema estructural de pórticos resistente a momento.....</i> | 55 |
| Tabla 9 <i>Registro de los sismos con mayor relevancia entre 1999 al 2010.....</i> | 57 |
| Tabla 10 <i>Registro de los sismos con mayor relevancia en el año 2016.....</i> | 58 |
| Tabla 11 <i>Presupuesto de intervenciones inmediatas.....</i> | 85 |
| Tabla 12 <i>Presupuesto de estudios previos.....</i> | 86 |

1. Introducción

Durante su vida útil, las edificaciones construidas por el hombre son sujeto de riesgos físicos, mecánicos y/o químicos que afectan la durabilidad de los inmuebles y en casos particulares, ocasionan lesiones que resultan del deterioro de las edificaciones. Cabe resaltar, además que, las fuerzas externas transmitidas por medio de cargas sísmicas, asentamientos, empujes, entre otras; son un agravante en el detrimento de la edificación, ya que, forman esfuerzos en los materiales, los cuales, pueden generar fisuras o grietas.

Adicionalmente, la ubicación geográfica de los proyectos, es determinante en lo que concierne a las afectaciones por agentes climáticos externos, como las fluctuaciones de temperatura causadas por periodos de lluvias, mareas y viento. Así mismo, los rayos UV emitidos por el sol, degradan los materiales expuestos.

En este orden de ideas, el deterioro prematuro de las edificaciones, responde en gran medida la baja calidad de los materiales, debido a que, como consecuencia de la reducción de costos y/o la necesidad de ahorrar capital en el proceso de construcción; es posible que se escojan materiales más económicos y/o de menor calidad, lo cual, altera el comportamiento en la durabilidad de la estructura de las edificaciones.

A lo anterior se añade, las malas prácticas en el proceso constructivo, donde se encuentran involucrados los calculistas y las curadurías, quienes, llevan al límite los diseños de las edificaciones, con el fin de hacer las obras civiles, financieramente más rentables, sin importar la normatividad y la aplicación en los criterios de diseño.

Por esta razón, es importante enfatizar en el comportamiento y la toma de decisiones en el ámbito de la construcción civil, puntualizando en la formación de los profesionales que están involucrados en el diseño, construcción y mantenimiento de las edificaciones. Aunado a ello, es

menester concientizar a los profesionales en las implicaciones y/o consecuencias en la toma de decisiones del proceso de construcción. Lo anterior, teniendo en cuenta que, desde el ámbito de la Ingeniería Civil, es fundamental identificar las necesidades sociales y con ello, asegurar programas preventivos y correctivos, cuyo objetivo sea prolongar la vida útil de las construcciones, evitando la corrupción, resaltando los valores éticos y aplicando el código deontológico profesional.

2. Justificación

Considerando que, para las familias colombianas una de las principales metas, durante su trayecto de vida, es la adquisición de vivienda propia como parte de su patrimonio familiar; se hace indispensable garantizar, mantener y cuidar las edificaciones y viviendas que generan estabilidad económica y seguridad social en el núcleo familiar de sus propietarios.

En el caso particular del edificio Torre Pijao, el cual, alberga alrededor de 37 propietarios; su deterioro ha ocasionado la devaluación en el predio, afectando la estabilidad económica de los hogares, para los que la edificación representa una parte importante de su patrimonio familiar.

A propósito de ello, durante los últimos 3 años se han presentado afectaciones en las zonas comunes, los parqueaderos del sótano y el de visitantes, como las siguientes:

- Sótano de parqueadero: Filtraciones de agua y presencia de eflorescencias, fisuras en los muros de acceso al sótano, donde se evidencia enchape del muro de fachada levantado.
- Parqueadero de visitantes: Inadecuada conformación del concreto en la placa de entrepiso, fisuración del concreto de las viguetas y desprendimiento del recubrimiento dejando expuesto el acero de refuerzo.
- Zonas comunes: presencia de fisuras en los elementos de mampostería en muros divisorios, los cuales se encuentran sin anclajes a estructuras de soporte y fisuras de la placa de piso que genera filtraciones al sótano.

Todas estas lesiones han conllevado a que la copropiedad del edificio clausure las zonas de parqueadero y genere reparaciones con un alcance limitado, como reparaciones

visuales ineficientes a largo plazo y sin un fundamento técnico que ataque el problema de fondo, generado sobrecostos a los propietarios de las viviendas.

Con base a lo anterior, se evidencia la necesidad de establecer un estudio con fundamentos técnicos, teóricos e ingenieriles, con el fin de investigar el origen de lesiones presentadas en el edificio, identificado las causas de los mismos y plantear reparaciones definitivas que garanticen la estabilidad y durabilidad de la estructura a largo plazo, creando en los propietarios de los apartamentos un ambiente de seguridad y confianza en sus viviendas, evitando que se presente algún tipo de inestabilidad en su patrimonio.

3. Objetivos

3.1. General

Desarrollar el estudio patológico del edificio Torre Pijao realizando una recolección de información en campo y una evaluación de esta, para proponer unas soluciones a las lesiones que presenten el proyecto.

3.2. Específicos

- Analizar la información recolectada en campo para conocer el estado actual que se encuentra el proyecto.
- Identificar las lesiones y causas de cada una de las patologías que se presenten en las zonas afectadas del proyecto.
- Establecer soluciones económicas y viables para la reparación de las lesiones encontradas en el proyecto.

4. Marco referencial

4.1. Teórico

4.1.1. Tipos de lesiones

Las lesiones en las edificaciones, se clasifican en cuatro tipos: físicas, mecánicas, químicas y organismos.

Figura 1

Clasificación de las lesiones



Nota. Adaptado de “Patología en tierra cruda, estudio de caso construcciones en el Área Andina” (p.5), por L. Lara, 2017, CONPAT, 2.

4.1.2. Causas directas de los procesos patológicos.

- Lesiones físicas: Son todas aquellas patologías causadas por fenómenos físicos. Las más comunes son humedad, erosión y suciedad (Broto, 2005).
- Lesiones mecánicas: Son aquellas en las que predomina un factor mecánico que provoca movimientos, desgaste, abertura o separaciones de materiales o elemento constructivos. Se pueden dividir en 5 grandes apartados como lo son: deformaciones, fisuras, grietas desprendimientos, roturas y desgates mecánicos. (Broto, 2005).
- Lesiones químicas: “Son las que se producen a partir de un proceso de carácter químico” (Broto, 2005, p. 34). El origen de las lesiones químicas suele estar asociado a la presencia de agua, óxidos, sales, ácidos o álcalis que reaccionan, provocando descomposiciones que afectan la integridad del material y afectan su durabilidad. Este tipo de lesiones se dividen en: eflorescencias, oxidaciones, corrosión y exfoliación. (Broto, 2005).
- Lesiones por organismos vivos: Suelen ser lesiones secundarias, causadas principalmente por exposición de los materiales factores medioambientales, como la humedad o falta de protección. Las principales son: Insectos, mohos, hongos y plantas superficiales. (Broto, 2005).

4.2. Contextual

A continuación, se enunciarán los estudios más importantes a desarrollar en el paciente donde se plantea el laboratorio, su ubicación en la estructura y el grado de importancia.

4.2.1. Frente de carbonatación

Establecer el frente de carbonatación en la placa del tanque que sirve de rampa para la entrada de vehículos en la parte superior. Para esto se deben realizar apiques en diferentes puntos, que sirvan de muestreo aleatorio en la placa. Con el fin de hacer efectivo el ensayo, se requiere de una disolución del Fenostaleina (90% de alcohol industrial, 9% de agua y 1% de Fenostaleina en polvo), que mide el PH presente en el concreto. Es oportuno mencionar que, si este se encuentra por encima de 9.5, la fórmula va a tomar una coloración rojo violáceo. Con este ensayo se puede determinar el nivel de intervención que requiere esta placa.

4.2.2. Apique obra en construcción

Realizar un apique cerca a la columna 2A desde la obra vecina, para revisar el tipo de cimentación que se encuentra en el muro del eje A 1-2. De ese modo, establece si la estructura es independiente y si es posible inducir la dilatación que se presentó en eje de la placa, en el eje 2 entre los ejes A y F.

4.2.3. Medición de espesor de barras expuestas.

Las varillas expuestas en la parte inferior de las vigas sobre los parqueaderos 11, 12 y 13 en la zona de parqueaderos de visitantes, presenta oxidación; por lo cual, se debe comprobar el espesor de las varillas. Durante dicho proceso, se debe limpiar la barra con métodos manual mecánicos y con la ayuda de un calibrador, para medir el espesor y establecer el tipo de intervención a estos aceros.

4.2.4. Extracción de núcleos.

En el sector del parqueadero de visitantes, se evidencian cavidades entre los materiales pétreos del concreto, es decir, sin la pasta que los aglutine. En ese sentido, se propone extraer 2 núcleos para definir la resistencia a compresión que tiene estos elementos de la estructura y definir el método más acertado para repotenciar esta placa.

4.3. Legal

La cordillera de los andes está en continuo movimiento, por lo que se evidencia la presencia de fallas geológicas en dirección norte – sur. Adicional a ello, en el océano pacifico se encuentra la placa de nazca y los cocos, las cuales, por su desplazamiento subducen bajo la placa sudamericana. En Colombia, el en extremo norte, se encuentra ubicada la placa Caribe que choca contra la placa suramericana, lo cual, ocasiona liberación de energía. Como resultado de ello, la historia sísmica colombiana se ha caracterizado por la persistencia de fenómenos sísmicos, que han afectado a varios sectores del país. En mérito de lo previamente descrito, el Servicio Geológico Colombiano (2022) destaca la actividad sísmica que tuvo lugar en las siguientes fechas: el 18 de mayo de 1875 en Cúcuta(Norte de Santander); 9 de Enero de 1936 en Nariño; el 19 de enero de 1958 en Nariño (Cauca); el 29 de Julio de 1967 en Santander; el 30 de Agosto de 1977 en Antioquia; el 23 de noviembre de 1979 en El Cairo (Norte de Santander); el 31 de marzo de 1983 en Popayán (Cauca); el 25 de enero de 1990 en el Eje cafetero y el 8 de febrero de 1995 en Cali (Servicio Geológico Colombiano, 2022).

Conviene enfatizar que, según García (2015) en el momento en el que sucedió el sismo de Popayán, en 1983, la ciudad contaba con una población de 200.000 habitantes. Sin

embargo, como consecuencia de la actividad sísmica, se calculan unas 200 pérdidas humanas. Sumado a esto, se evidenciaron daños materiales que incluían numerosos problemas relacionados con: acabados, fachadas, diseños de la estructura, golpeteo entre edificaciones, entre otros (García, 2015). Por consiguiente, según García (2015) surgió la necesidad de desarrollar la norma de sismo resistencia colombiana, la cual, se expidió por medio de decreto 1400 de 1984, tramitada ante el amparo de la Ley 11 de 1983. Posteriormente, fue aprobada por el congreso de la república la Ley 400 de 1997, al amparo de la cual se expidieron los Reglamentos de Construcción Sismo Resistente NSR-98 (1988) y la actualización expedida en el 2010, Reglamento NSR-10 (2010) vigente hasta la actualidad.

Por otra parte, el Instituto de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), es un organismo privado, fundado en 1963, el cual tiene en su jurisdicción a nivel nacional, la normalización y actualización de los procedimientos de carácter técnico en Colombia. Además de ello, esta entidad ha publicado documentos donde se dictan una serie de pautas que sirven como guía a los procedimientos, fabricación y ensayos que se realizan a los materiales que se utilizan en la construcción.

4.4. Histórico

El edificio Torre Pijao fue construido hace aproximada 36 años, por la firma Inversiones Pijao LTDA, su diseño estructural estuvo a cargo del ingeniero Gustavo León Zambrano con matrícula profesional 12631 I.C.S.C.I y el ingeniero Francisco A. Manrique L. con matrícula profesional 12626 I.C.S.C.I, siguiendo los parámetros del reglamento sismo resistente nacional (CCCSR-84) Decreto 1400 del 7 de junio de 1984. En lo que concierne a las características estructurales, el edificio consta de 7 pisos distribuidos de la siguiente manera: El primer piso,

cuenta con un apartamento, los 6 pisos restantes, cuentan con 6 apartamentos cada uno, con un total de 37 apartamentos. Adicionalmente, el edificio cuenta con parqueaderos en el primer piso y en el sótano, una zona común con ciclisteros y dos parqueaderos de visitantes; el tanque de agua se encuentra ubicado debajo de la rampa de acceso al sótano.

5. Alcance y limitaciones

El estudio de patología que se adelantará en el edificio Torre Pijao, tiene por objeto plantear las posibles soluciones a las diferentes lesiones de la estructura. Para esto, se llevará a cabo una fase de investigación que consiste en recopilar información disponible a través de la historia clínica, planos de construcción, clasificación de las patologías desde un enfoque cualitativo; así como, el ensayo de campo para determinar el estado actual de la edificación. Posteriormente, se realizará una fase de evaluación donde se determinará el estado actual de conservación de la edificación y las causas que dan origen a las patologías. A partir de los resultados del estudio y análisis estructura, se construirá un documento con las propuestas de las intervenciones y rehabilitación que, de ser efectivas, aportarán a la preservación del proyecto. Finalmente, se presentará el presupuesto para cada una de las soluciones planteadas.

6. Metodología

6.1. Descripción de la selección del paciente

El edificio Torre Pijao, fue construido en el año 1985 en el norte de Bogotá y se encuentra ubicado en la calle 149 No. 48 – 31, en el barrio Victoria Norte de la localidad de Suba.

Este edificio fue concebido con un sistema estructural aporticado con un sótano y siete pisos, el primer sótano presenta 36 parqueaderos; el primer piso consta de un apartamento, salón social, portería, 7 parqueaderos destinados a los propietarios y 2 parqueaderos para visitantes, los cuales, actualmente se encuentran clausurados. Desde el segundo piso al séptimo se cuenta con 6 apartamentos por piso dando un total de 43 apartamentos.

6.2. Preparación y planteamiento del estudio

6.2.1. Inspección preliminar del paciente.

Esta primera etapa del estudio, consiste en identificar las condiciones actuales de la estructura, clasificando las patologías que se manifiestan en la edificación y la gravedad de los problemas que la afectan. En ese sentido, el primer momento se llevará a cabo a través de la fase de observación de campo, localización y mediciones.

6.2.2. Recopilación de información necesaria para el estudio.

Las fuentes primarias de información, serán aquellos datos suministrados por la administración y los residentes. Teniendo en cuenta que, en algunas copropiedades se guardan las memorias de la construcción, como planos estructurales y arquitectónicos. No obstante, no fue posible obtener información sobre los procesos constructivos realizados en la obra, bitácora de obra o algún tipo de registro por parte de los profesionales que estuvieron involucrados en esta actividad. Finalmente, se estableció un diálogo con los copropietarios más antiguos, con el fin de conocer el mantenimiento realizado a la edificación. Cabe resaltar, además, que se realizó un registro fotográfico donde se fue posible localizar y evidenciar cada una de las patologías de la edificación.


6.2.3. Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente.

A continuación, se adjunta imagen del correo electrónico enviado por la administradora del edificio Torre Pijao, la señora Esperanza Rodríguez quien autoriza los estudios patológicos de la estructura.

Figura 2

Correo de autorización por escrito de parte de la administración del edificio Torre Pijao.

15/12/21 21:57 Correo de Universidad Abierta y a Distancia - VUAD - Autorización



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMERA CALIDAD UNIVERSITARIA DEL CECOLIBRA
— ESCUELA — ABERTA — A DISTANCIA —

Nicolas Daniel Andres Ortega Cardenas <nicolasortega@ustadistancia.edu.co>

Autorización
1 mensaje

EDIFICIO TORRE PIJAO P.H <edtorrepijao@gmail.com> 29 de septiembre de 2021, 18:22
Para: "nicolasortega@ustadistancia.edu.co" <nicolasortega@ustadistancia.edu.co>

Buenas tardes Nicolás Ortega:

Cordial saludo:

Me permito manifestarle que en reunión de Consejo de Administración se trató el tema en el cual usted y su compañero estarían interesados en realizar algunos diagnósticos a la parte física y estructural del edificio Torre Pijao para su proyecto de grado de la Universidad Santo Tomás sin que represente algún costo para el edificio.

Tema que fue aprobado por el Consejo de Administración.

Atentamente,

Esperanza Rodríguez
Administradora

6.2.4. Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración.

La exploración estará a cargo de los ingenieros Diego Rodríguez y Nicolás Ortega quienes son los encargados de desarrollar este Trabajo Profesional Integrado.

6.3. Historia Clínica

6.3.1. Responsables del estudio.

La realización de este estudio estará a cargo de los ingenieros Diego Rodríguez y Nicolás Ortega quienes son los encargados de desarrollar este Trabajo Profesional Integrado

6.3.2. Fecha de realización del estudio

A la fecha se han realizado tres visitas al proyecto, las cuales tuvieron lugar los días 02 de septiembre, 06 de octubre y 18 de octubre, donde se llevó a cabo la inspección visual de la estructura, algunas reuniones con el consejo y la administración del edificio y la recopilación de información y planos de la estructura.

Actualmente se están definiendo el tipo de estudio y los laboratorios a desarrollar en el paciente, los cuales se ejecutarán en el mes de enero del 2022. Una vez obtenida la información necesaria, se establecerá la etapa de análisis de resultados.

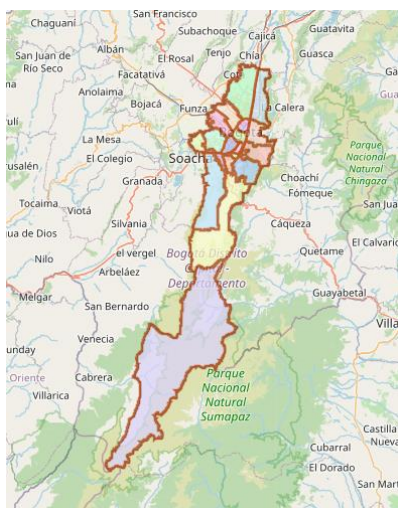
6.3.3. Datos generales del paciente:

- *Nombre y Localización:*

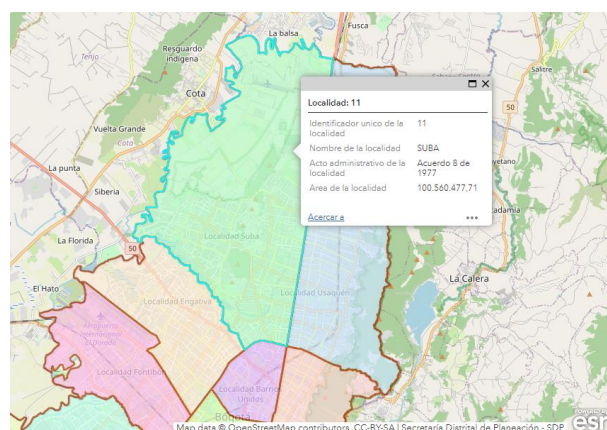
El edificio Torre Pijao se encuentra ubicado en la Calle 149 # 48 -31 en la localidad de Suba, la cual se encuentra identificada como la número 11. Esta localidad, cuenta con una extensión de 10056 hectáreas y 1'252.675 habitantes según la página de la Alcaldía Mayor de Bogotá (2021).

Figura 3

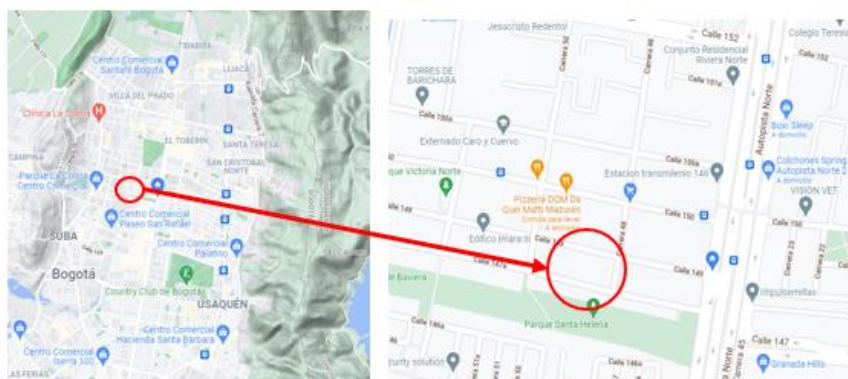
Ubicación de la localidad del proyecto (a) Distribución de las localidades de la ciudad de Bogotá (b) Ubicación de la localidad 11 de Suba (c) Localización del proyecto en la calle 149 con carrera 48



(a)



(b)



(c)

Nota: Adaptado por Google Maps, 2021, (<https://www.google.com/maps/@4.7331388,-74.0549192,17z?hl=es>). Copyright

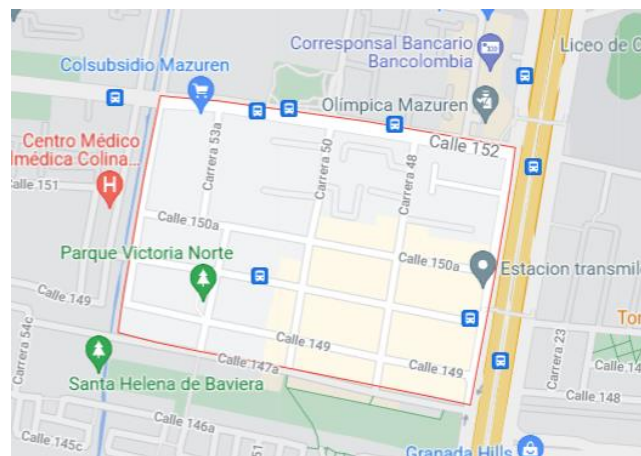
- *Uso:*

El edificio Torre Pijao, fue concebido desde su diseño en el año de 1985, como un inmueble de uso residencial, el cual, hasta la actualidad se mantiene en dicho uso. Por su ubicación y vecindad se prevé que a largo paso continúe en este tipo de uso.

El barrio Victoria Norte, donde se encuentra ubicado el edificio Torre Pijao, está situado en una zona residencial y comercial como se ilustra en la Figura 4

Figura 4

Mapa Urbano del barrio Victoria Norte Bogotá D.C.



Nota: Adaptado por Google Maps, 2021,

(<https://www.google.com/maps/@4.7331388,-74.0549192,17z?hl=es>).

Copyright.

- *Sistema estructura y constructivo*

La estructura del edificio Torre Pijao, se caracteriza por ser un sistema aporticado en dos direcciones, construida bajo el reglamento sismo resistente nacional (CCCSR-84) decreto 1400 del 7 de junio de 1984. El concreto reforzado, resistente a movimientos, con sistema de entrepiso aligerado y casetón de guada de 35 cm de espesor. Las vigas presentan secciones a lo largo de cada planta de 25 x 35 cm, 45x35 cm y 35x35 cm, principalmente. Las columnas presentan secciones variables en 12 tipos como se describe en la tabla N° 6. desde cimentación hasta el último nivel según planos estructurales (ver figura No. 4). Los materiales utilizados según diseño fueron concreto de $f'c=3000$ psi, acero de refuerzo principal de $f_y=6000$ psi y acero de flejes A-36 $f_y=3700$ psi.

Tabla 1

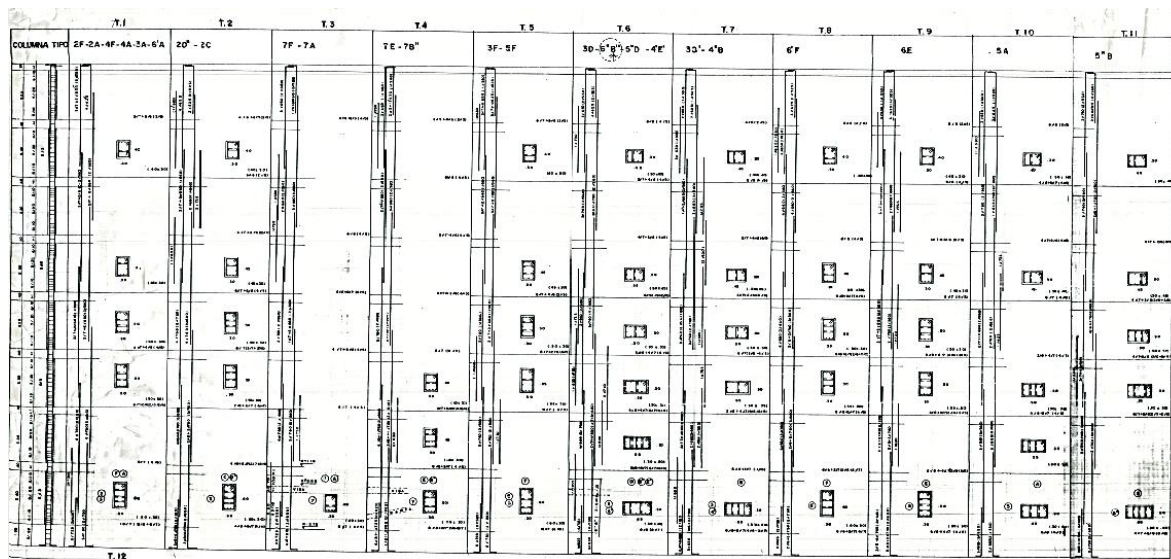
Cuadro de secciones del plano de despieces de columnas.

| CUADRO DE SECCIONES | | | |
|---------------------|--------------------------|----------------|-------|
| SECCION (b x f) | (B + T + .10) x 2 | E _v | Long. |
| gancho | $\frac{10}{25} \cdot 10$ | 3 | .45 |
| (.25x.25) | (.20 + .20 + .10) x 2 | 3 | 1.00 |
| (.30 x .30) | (.25 + .25 + .10) x 2 | 3 | 1.20 |
| (.30x .40) | (.25 + .35 + .10) x 2 | 3 | 1.40 |
| (.30x.45) | (.25 + .40 + .10) x 2 | 3 | 1.50 |
| (.30x.50) | (.25 + .45 + .10) x 2 | 3 | 1.60 |
| (.30x.55) | (.25 + .50 + .10) x 2 | 3 | 1.70 |
| (.30x.60) | (.25 + .55 + .10) x 2 | 3 | 1.80 |
| (.30x.65) | (.25 + .60 + .10) x 2 | 3 | 1.90 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Nota: Información suministrada por la administración del edificio.

Figura 5

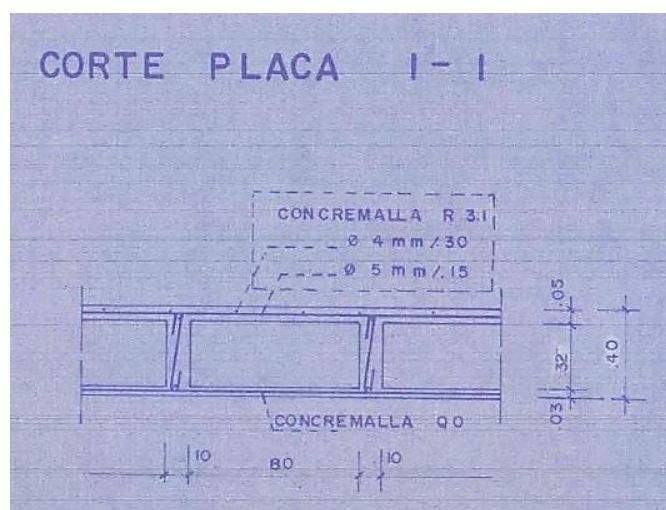
Despiece de columnas Edificio Torre Pijao



Nota: Información suministrada por la administración del edificio.

Figura 6

Sección tipo de placa aligerada de entre piso



Nota: Información suministrada por la administración del edificio.

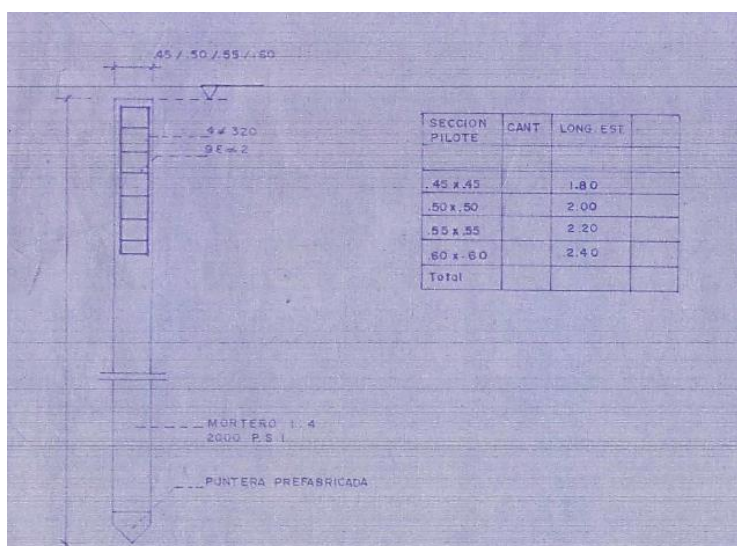
6.3.4. En la edificación y/o construcción civil:

- Tipo de cimentación

La estructura cuenta con una cimentación de pilotes hincados en las columnas principales de la estructura, con un mortero de relación 1:4 para una resistencia a la compresión de 2000 PSI como se describe en la siguiente figura:

Figura 7

Plano general de la tipología de pilotes hincados en la cimentación. Edificio Torre Pijao



Nota: Información suministrada por la administración del edificio.

No se encontró información relacionada al número de pilotes y la ubicación en planta de estos elementos de la cimentación.

- *Cuadro de área, altura de la estructura y número de pisos*

En la siguiente tabla se muestran la distribución de áreas del edificio y en las Figura 8

y Figura 9

se muestra la planta general del edificio del primer piso y sótano.

Tabla 2

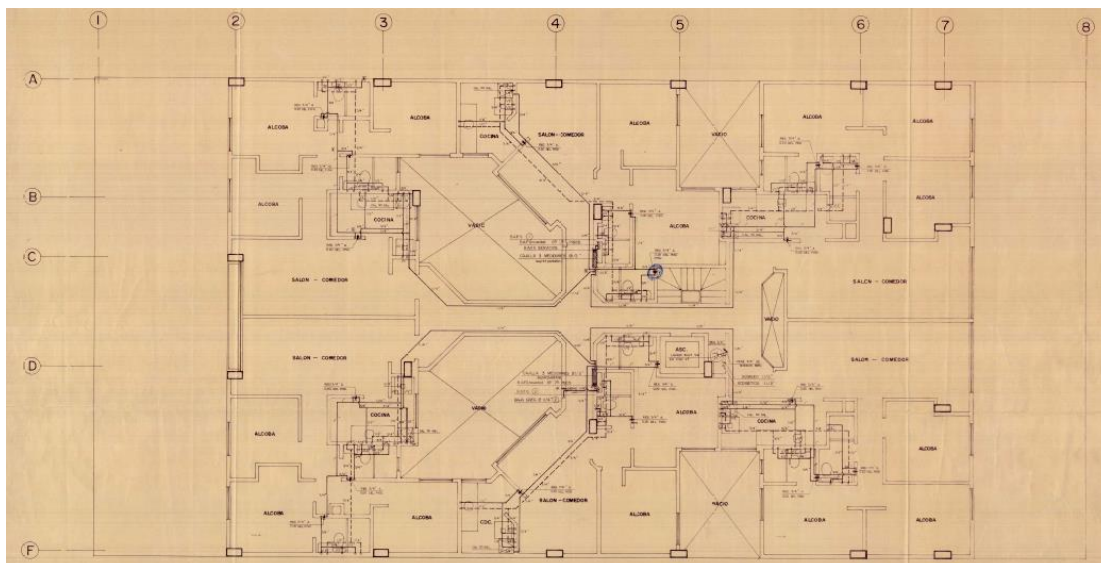
Distribución de áreas. Edificio Torre Pijao.

| CUADRO DE AREAS m ² | | | | |
|--------------------------------|---------------|----------------|--------------|------------|
| Pisos | Descripción | Área por Zonas | Área Privada | Área Común |
| Sótano | Parqueaderos | 667.80 | | 667.80 |
| Primer Piso | Apt 101 | 70.00 | 70.00 | |
| | Zona Comunes | 132.19 | | 132.19 |
| | Parqueaderos | 247.33 | | 247.33 |
| Piso Tipo 2,3,4,5,6,y 7 | Apartamentos | 2.365.56 | 2.365.56 | |
| | Zonas comunes | 189.60 | | 189.60 |
| TOTAL AREAS | | 3.672.48 | 2.435.56 | 1.236.92 |

Nota: Información suministrada por la administración del edificio.

Figura 8

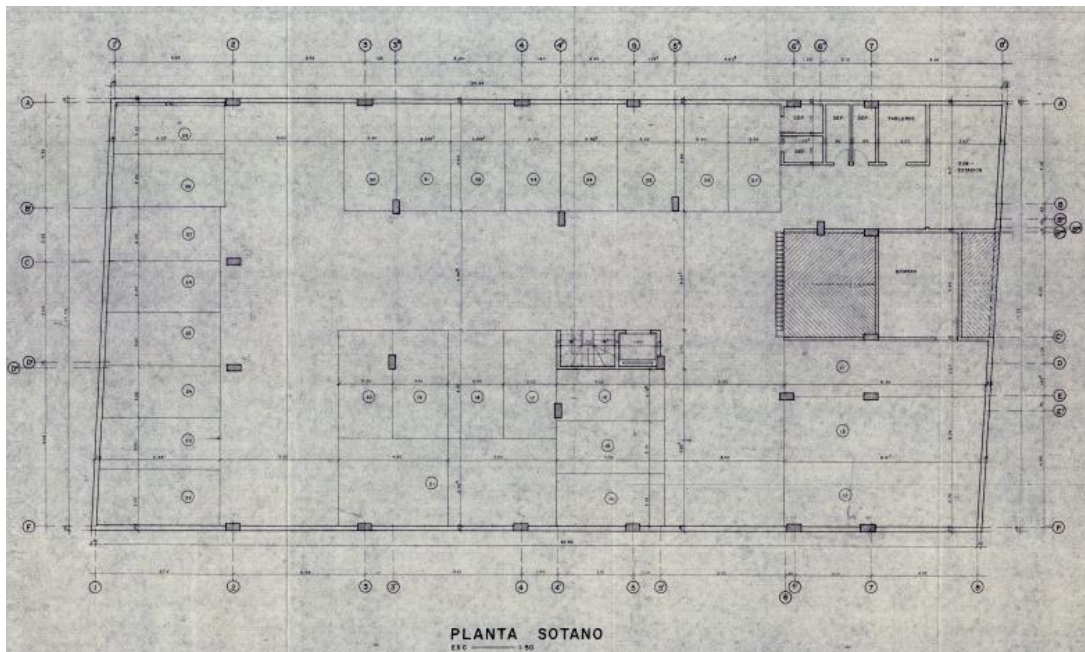
Planta general primer piso. Edificio Torre Pijao



Nota: Información suministrada por la administración del edificio.

Figura 9

Planta general sótano. Edificio Torre Pijao. Fuente: Planos Administración



Nota: Información suministrada por la administración del edificio.

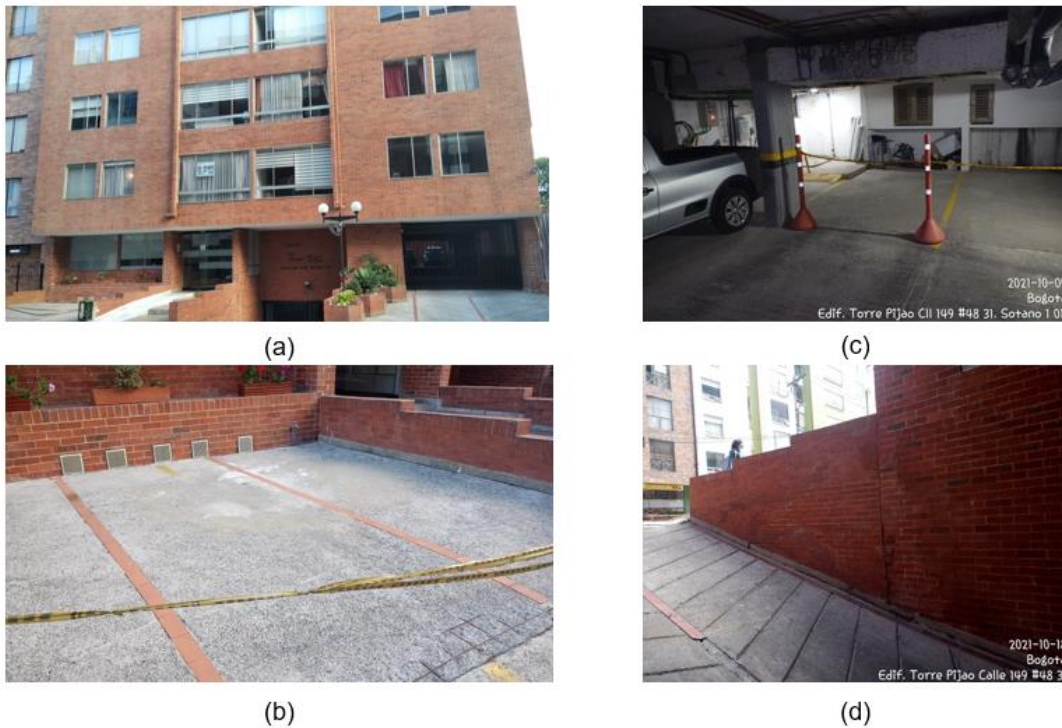
- *Estado actual de la estructura.*

En la actualidad, los apartamentos del edificio se encuentran habitados y las zonas comunes, como el salón comunal, la portería y el bicicletero se encuentra en uso. Sin embargo, como resultado de diversos problemas presentados en el parqueadero de visitantes, situaciones que se describirán en los próximos apartados, la administración tomó la disposición de clausurar dichas zonas. A propósito de ello, en la Figura 10

se presenta un registro fotográfico general del estado del paciente

Figura 10

Estado general del Edificio Torre Pijao. (a) Fachada Principal, (b) parqueadero de visitantes, (c) primer sótano, (d) rampa de acceso al sótano.



Nota: Evidencias trabajo de recopilación de información.

6.3.5. Aplicación patológica:

- *Geriátrica:*

Consideramos que las lesiones que presenta la estructura en algunos sectores, se ubican dentro de esta categoría, puesto que, desde hace tiempo se han tratado de reparar con morteros, pero debido a la persistencia de los movimientos estas afectaciones se manifiestan nuevamente.

En la cubierta del tanque de agua potable del edificio, se presentan desprendimientos de la torta inferior del mortero.

- *Forense:*

Se evidencia elementos de concreto desprendidos, varillas oxidadas, expuestas y fracturadas.

6.3.6. Datos específicos de las lesiones

- *Afectaciones,*

Los asentamientos que se presentaron en el edificio, generaron fisuras transversales sobre los ejes 2, lo cual, generó filtraciones y el desprendimiento del mortero bajo la torta. Así mismo, se visualizaron manchas de óxido y desprendimiento de concreto. Dentro de las practicas constructivas se pudo establecer material orgánico que presenta desprendimiento.

En la placa superior del tanque, se evidencian micro fisuras al ambiente húmedo y la emisión de gases de color que han afectado el concreto, por medio de la carbonatación en el concreto y la oxidación en las varillas.

- *Localización y levantamiento de daños.*

Los principales daños se presentan en los extremos norte y sur de la edificación donde se encuentran las zonas comunes para el sótano 1 y piso 1.

- *Evaluación Física y mecánica. Composición y estructura del concreto y/o materiales.*

Durante el proceso constructivo del edificio se tomó la decisión de hacer un cambio de uso y se determinó hacer una placa que funcionó como parqueadero de visitantes, dicha estructura

conecta el muro de contención que da a la calle principal y al primer eje de columnas. Cabe resaltar que, cuando se produjo el asentamiento se presentaron unos esfuerzos que cizallaron las varillas de las vigas. Adicionalmente, aparecieron fisuras de una lesión mecánica, que al filtrarse el agua oxidaron los refuerzos de las vigas.

6.3.7. Descripción de la patología más relevante en el paciente

Por medio de la observación de campo soportada en la sistematización del registro fotográfico y fichas de calificación, se identifica el tipo de lesión, se realiza la evaluación y su posterior clasificación cualitativa de daño por cada componente de la edificación.

El registro fotográfico permite la descripción respectiva de cada lesión y del daño causado en cada zona de interés. A su vez, se muestra la ficha de calificación, la cual, comprende la descripción de cada componente del Edificio Torre Pijao. Es oportuno mencionar que, el porcentaje de daño se establece a partir del análisis de frecuencia según aparición y tipo de lesión, clasificando según su grado de conservación.

La metodología planteada fue descriptiva-cualitativa, a través de la técnica de observación, utilizando ficha de inspección para su calificación.

A continuación, se da cuenta de algunas de las fichas del registro fotográfico realizado el 15 de septiembre de 2021.


Tabla 3

Registro fotográfico de lesión en el sótano 1 – parqueadero 29

| Edificio Torre Pijao - Bogotá, Sept - 2021 | | |
|---|------------------------------|---|
| Ubicación: | Sotano 1 - Parqueadero 29 | Foto:  |
| Tipo de Lesion | Mecánica Secundaria | |
| | Severo | |
| Causa | Indirecta | |
| | | |

Tabla 4 *Registro fotográfico de lesión en el sótano 1 – parqueadero 11*

Registro fotográfico de lesión en el sótano 1 – parqueadero 11

| Edificio Torre Pijao - Bogotá, Sept - 2021 | | |
|---|------------------------------|---|
| Ubicación: | Sotano 1 - Parqueadero 11 | Foto:  |
| Tipo de Lesion | Física mecánica Primaria | |
| | Grave | |
| Causa | Indirecta | |
| | | |

6.3.8. Datos generales del entorno:

- *Edificaciones u obras vecinas.*

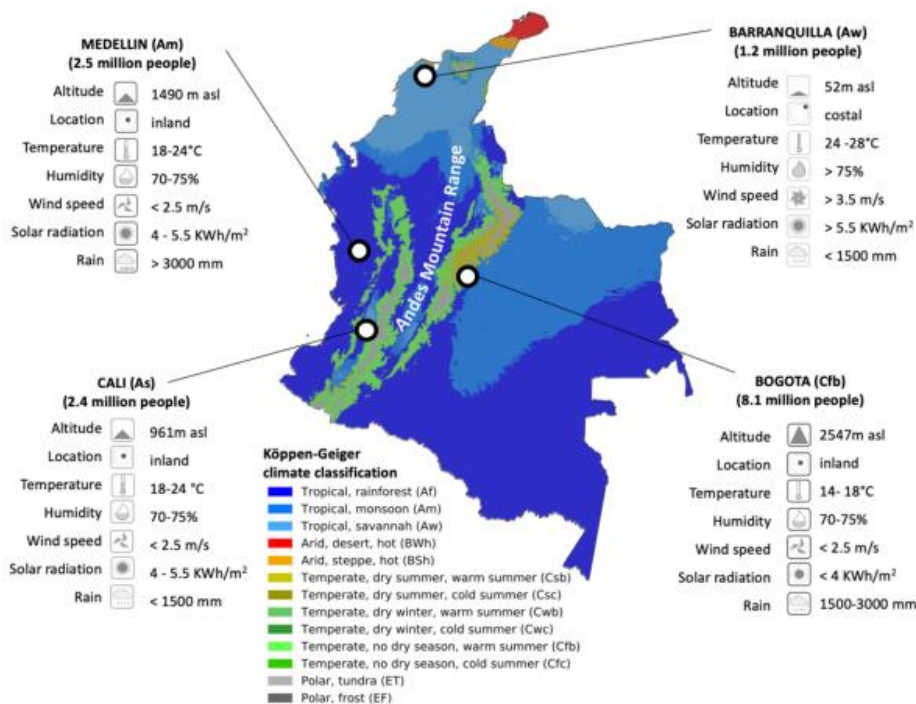
En el costado norte de la estructura se encuentra la calle 149 entre carrera 49 y 50; al costado este se ubica una edificación de 8 pisos de alto, la cual, no cuenta con la distancia idónea entre edificios ; al costado sur se encuentra una estructura de 7 pisos separada de la edificación en estudio y al costado oeste se encuentra un lote donde se está llevando a cabo la construcción de un edificio, con avance en la construcción de la cimentación. No obstante, en la actualidad las actividades de construcción se encuentran detenidas.

- *Medio ambiente.*

El proyecto ubicado en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., se sitúa a 2661 m.s.n.m, siendo una de las ciudades más altas del mundo. Adicional a ello, de acuerdo con la clasificación de Kopper presenta un clima templado oceánico - mediterráneo atípico de su latitud ecuatorial. La ciudad posee clima templado o clima de montaña y presenta una escasa oscilación térmica a lo largo del año. Las temperaturas oscilan entre los 8 y 19°C, con una media anual de 12.5°C. (Medina et al., 2021)

Figura 11

Mapa según el esquema de Köppen en Colombia.



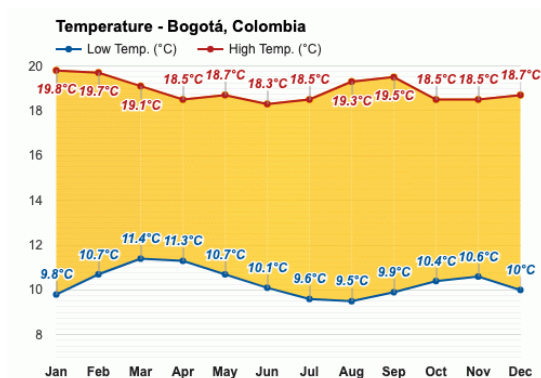
Nota: Adaptado de “Scoping review of thermal comfort research in Colombia”, (p.2), por J. Medina et al. (2021), *Buildings*, 11(6).

- *Clima*

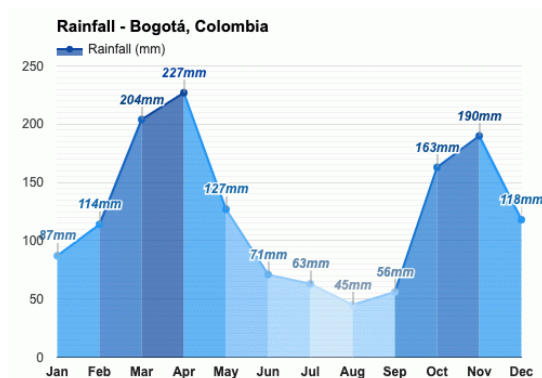
Se presentan cuatro temporadas climáticas principales: dos periodos de lluvia y dos estaciones secas, las precipitaciones son abundantes de marzo a mayo y de septiembre a noviembre. En contraste, las temporadas más secas del año son entre diciembre a febrero y de junio a agosto.

Figura 12

Temperatura media (a) y precipitación media (b) de Bogotá



(a)



(b)

Nota. Previsión Meteorológica y Clima Mensual Bogotá, Colombia., por Weather Atlas, 2021, Weather Atlas (<https://www.weather-atlas.com/es/colombia/bogota-clima>).

Copyright.

El mes de enero es el más cálido del año con una temperatura media alrededor de 19.8°C, el mes más lluvioso es abril con 227 mm de precipitación, mientras que el mes de enero con 45 mm en promedio es el más seco. (Weather Atlas, 2021)

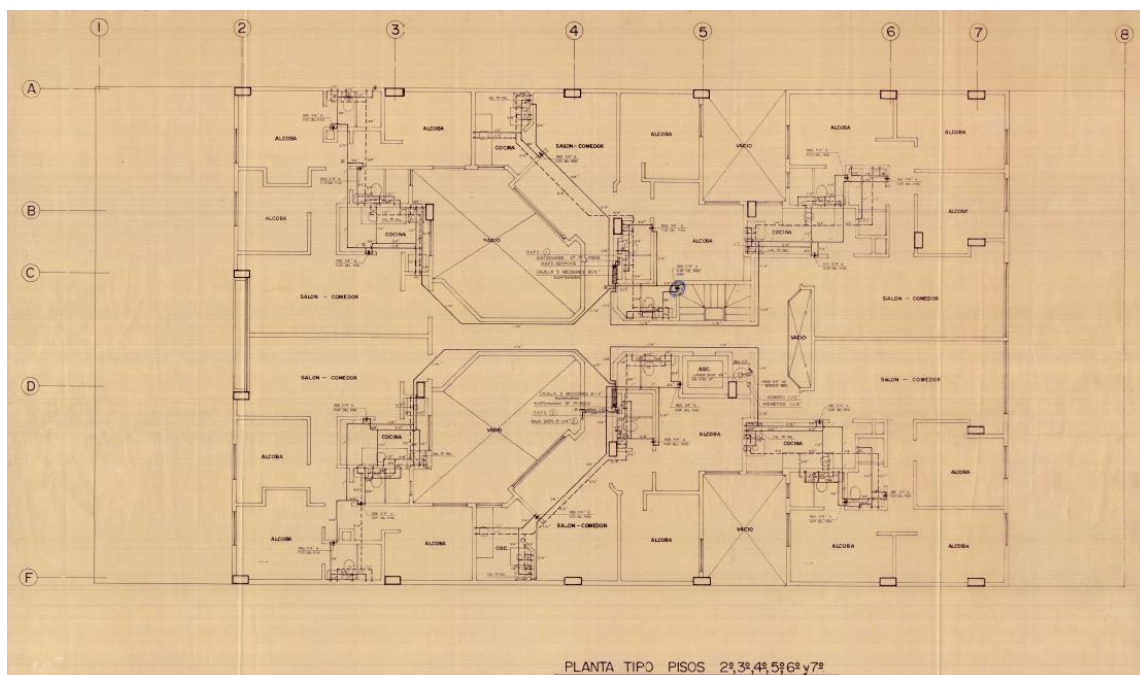
6.3.10. Arquitectura (descripción general)

No se encuentra información relevante sobre la arquitectura, en la zona donde se encuentra ubicado (Barrio Victoria Norte) se presentan edificación con una altura entre 6 a 10 pisos, al ser una zona residencial su arquitectura entra dentro de los rangos comunes para la época en que se construyó.

Sin embargo, debido a la arquitectura irregular de los apartamentos dentro del edificio, no se evidencia simetría en la ubicación de las columnas y vigas en cada una de las siete plantas de la torre, lo cual, genera una irregularidad en planta y una excentricidad entre el centro de gravedad y de rigidez, en la siguiente imagen se puede apreciar una vista en planta de la arquitectura y la estructura de la edificación.

Figura 13

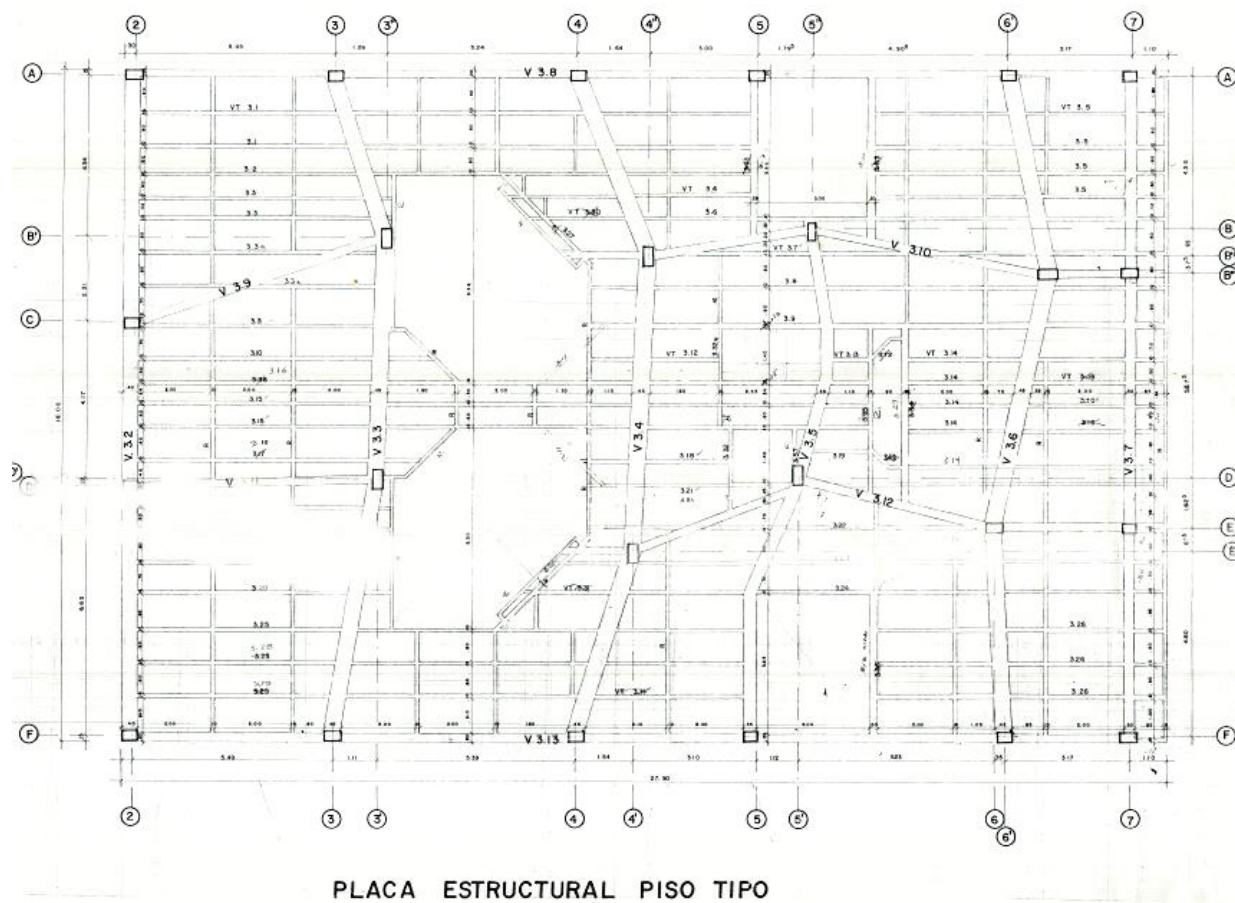
Arquitectura de planta piso tipo.



Nota: Información suministrada por la administración del edificio

Figura 14

Estructura de planta piso tipo.



Nota: Información suministrada por la administración del edificio

6.3.11. Estructura (descripción general)

- *Estructura:*

El reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 decreto 926 del 19 de marzo de 2010 en el numeral A.2.5 (AIS, 2010), clasifica las edificaciones dependiendo de su uso e importancia, bajo un criterio de mantener en pie la estructura en el momento de presentarse un fenómeno sísmico. En el caso de edificación de uso residencial se clasifica como grupo I.

- *Sismicidad*

La sismicidad en Colombia está relacionada generalmente con la actividad en la zona de subducción del pacífico colombiano y en las fallas geológicas activas del país.

El reglamento colombiano de construcción sismo resistente NRS-10, en el título A “Requisitos general de diseño y construcción sismo resistente” (AIS, 2010, p.4), determina los pasos del análisis de las estructuras, los cuales, se dividen en: Obtención del nivel de amenaza sísmica y los valores de constantes A_a y A_v ; movimiento sísmico de diseño, características de la estructuración y del material estructural empleado; grado de irregularidad de la estructura y procedimiento de análisis, determinación de las fuerzas sísmicas, análisis sísmico de la estructura, desplazamiento horizontales, verificación de derivas, combinación de las diferentes sollicitaciones y comprobación comportamiento estructural de los diferentes elementos existentes para realizar el reforzamiento necesario para cumplir la norma (AIS, 2010).

- *Zona de amenaza sísmica*

En el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR 10 determina las zonas de amenaza sísmica en Colombia y las clasifica como bajas medias y altas.

Figura 15

Zona Sísmica en Colombia

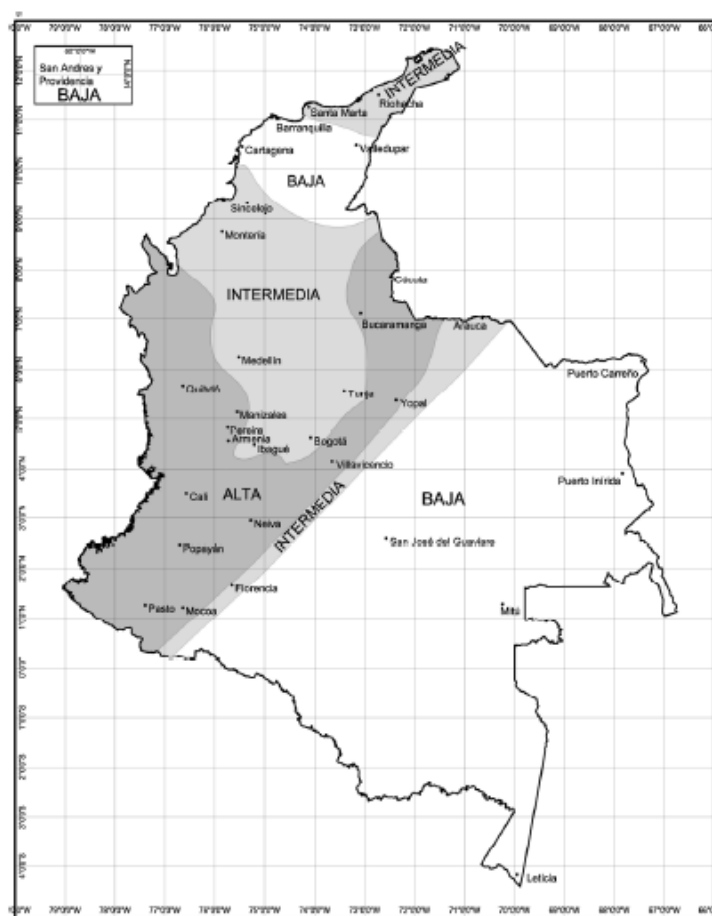


Figura A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_s y A_r

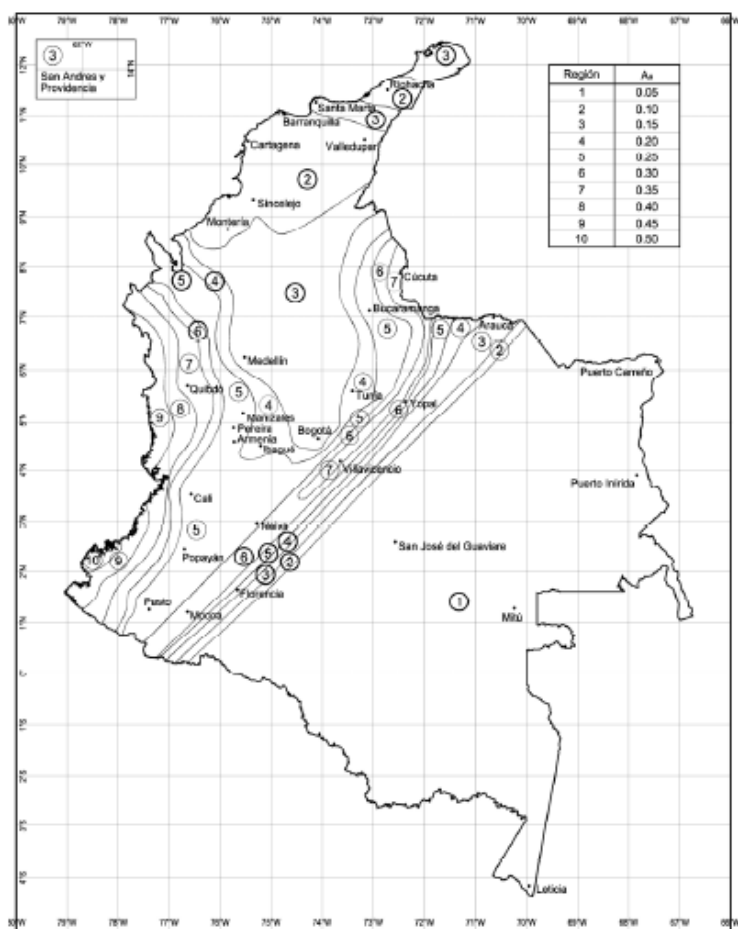
Nota: Adaptado de “Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10” (p.60), por . AIS, 2010. Copyright.

- *Coefficiente de aceleración A_a y Coeficiente de velocidad horizontal pico.*

El coeficiente de aceleración efectiva A_a representa la aceleración horizontal pico efectiva para diseño y se encuentra en reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 en A.2.3. (AIS, 2010)

Figura 16

Determinación coeficiente A_a Zona Sísmica en Colombia

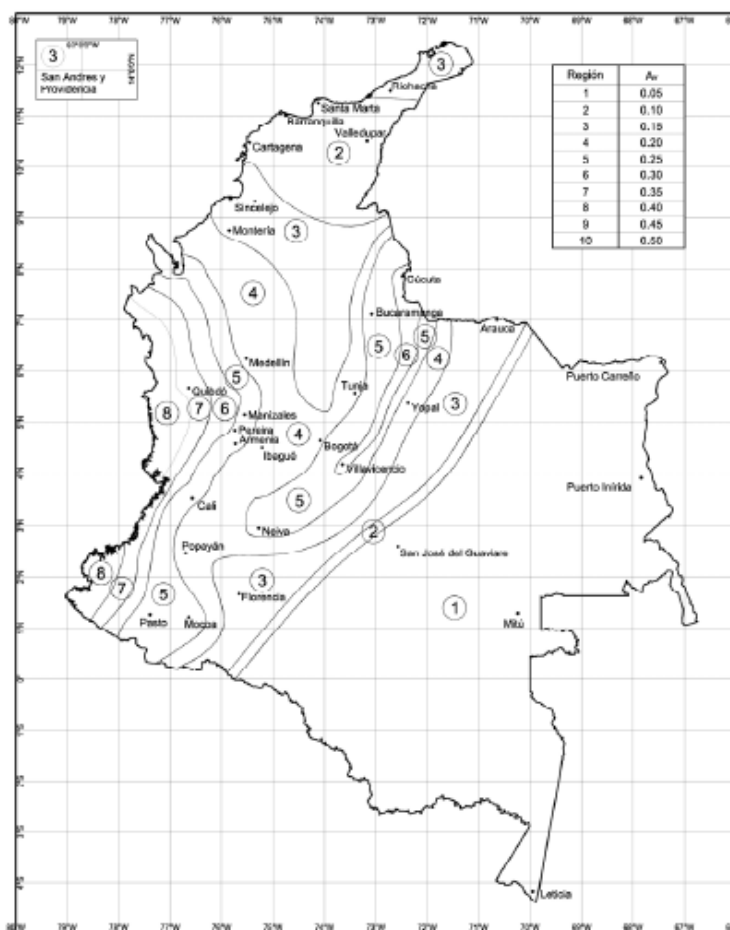


Nota: Adaptado de “Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10” (p.61), por AIS, 2010. Copyright.

El coeficiente de aceleración A_v , representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño y se encuentra en reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 en A.2.3. (AIS, 2010).

Figura 17.

Determinación coeficiente A_v Zona Sísmica en Colombia



Nota: Adaptado de “Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10” (p.62), por AIS, 2010. Copyright.

La ciudad de Bogotá D.C. se encuentra ubicada dentro de una zona de amenaza sísmica intermedia, en la siguiente tabla se resumen los coeficientes A_a y A_v .

Tabla 5

Parámetros sísmicos para la ciudad de Bogotá D.C

| Ciudad | Aa | Av | Zona de Amenaza Sísmica. |
|---------------|-----------|-----------|---------------------------------|
| Bogotá D.C. | 0.15 | 0.20 | Intermedia. |

Nota: Adaptado de “Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10”,(p. 63), por AIS, 2010.

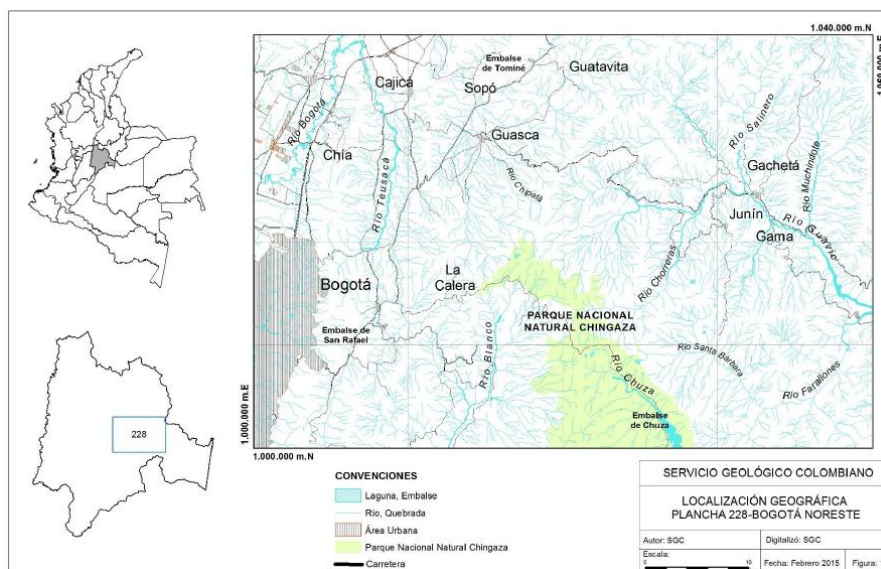
7. Estudio de vulnerabilidad sísmica

7.1. Geología urbana

Durante los años del 2003 al 2008 el Servicio Geológico Colombiano realizó la actualización del mapa geológico de la sabana de Bogotá y sus alrededores, reconstruyendo la plancha 228- Bogotá la cual incluye el nororiente de la ciudad capital donde se encuentra nuestro proyecto y afloran rocas sedimentarias de edades entre el Paleozoico al Cuaternario, localmente cubiertas por depósitos recientes de origen coluvial y aluvial (Corredor & Terraza, 2015).

Figura 18

Localización geográfica, plancha 228 – Bogotá Noreste



Nota: Adaptado de “Geología de la plancha 228, Bogotá Noreste”, por V. Corredor y R. Terraza, 2015, (p.17), Servicio geológico colombiano. Copyright.

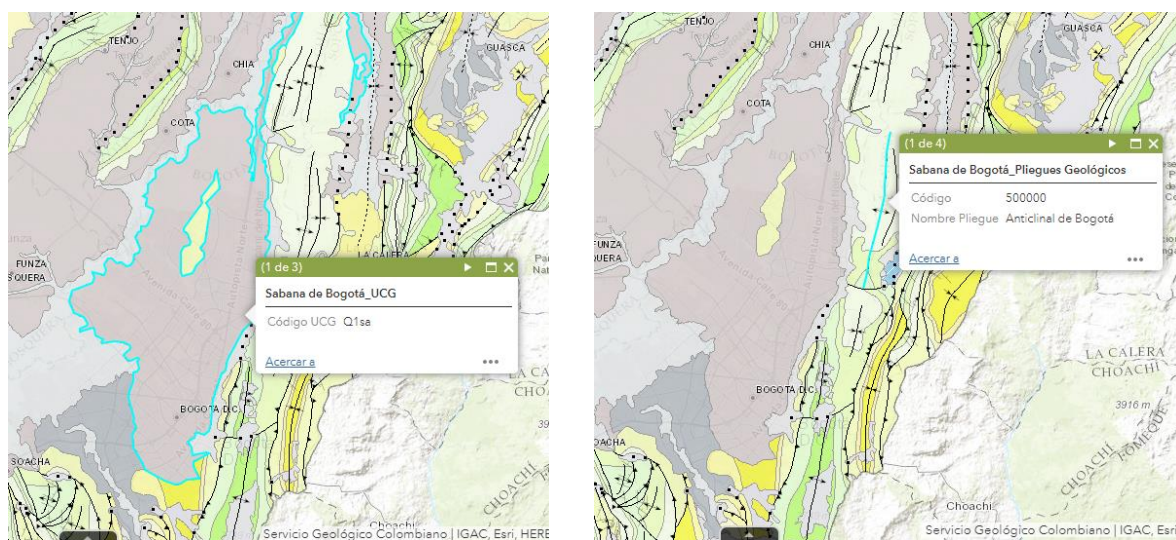
Según el mapa geológico de la sabana de Bogotá se puede identificar la estratigrafía de la zona de estudio, evidenciando una formación Sabana (Q1sa) Pleistoceno medio-superior

como lo muestra la Figura 19 , la cual, consiste en la agrupación depósitos lacustres, paludales y marginales repartidos en la Sabana de Bogotá (Hubach, 1957).

En lo que concierne a la descripción litológica de la zona de la sabana de Bogotá, es oportuno mencionar que, esta consiste de arcillas lacustres y en los márgenes de la cuenca de la ciudad se observa un aumento en las intercalaciones de arcillas orgánicas, turbas arcillas arenosas y arenas arcillosas. Para la posición estratigráfica se presenta la Formación Subachoque encontrada sobre el sustrato rocoso Precuaternario y se establece una edad de Pleistoceno medio y tardío (Helmès, 1990)

Figura 19

(a) Ubicación de la formación Sabana (Q_{1sa}) Pleistoceno medio, (b) Ubicación del anticlinal de Bogotá.



(a)

(b)

Nota: Adaptado de "Mapa geológico de la sabana de Bogotá", por Servicio Geológico Colombiano, 2021, SGC

(http://srvags.sgc.gov.co/Jsviewer/Mapa_Geologico_Sabana_Bogota/). Copyright.

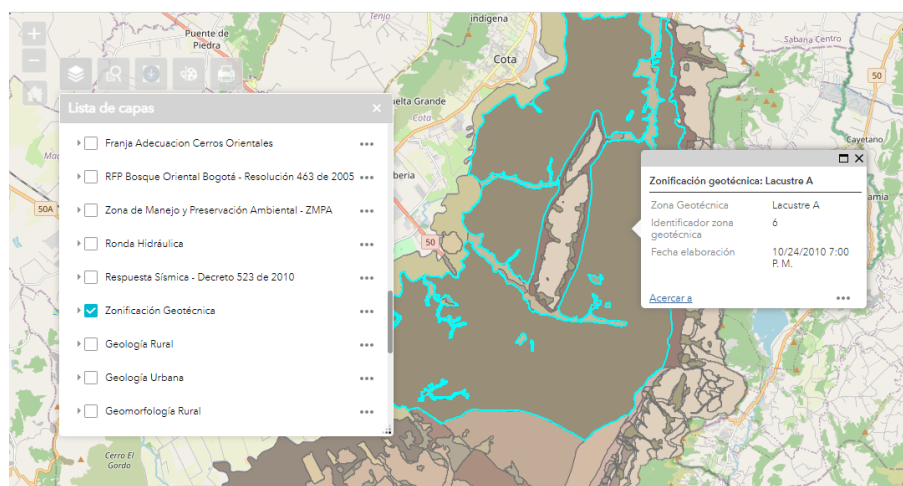
La estructura anticlinal más cercana a la ubicación del paciente que se presenta, es el Anticlinal de Bogotá en los cerros orientales de la Sabana de Bogotá, a la cual, se une el Anticlinal de Bogotá con el de Usaquén, el eje de la estructura tiene orientación $N10^{\circ}E$, es un anticlinal abierto, sub vertical y tiene un volcamiento en dirección al sur del área de estudio (228:H1) probablemente por la Falla de Bogotá. En el núcleo de esta estructura se presenta la Formación Chipaque al sur y la Formación Arenisca de Labor y Tierna hacia el norte, con la formación Guaduas en los flancos (Corredor & Terraza, 2015).

7.2. Zonificación geotécnica

Con el fin de unificar el análisis geotécnico realizados en la ciudad, la microzonificación sísmica de la ciudad genero unos modelos geológicos – geotécnicos de los depósitos de la ciudad de Bogotá, logrando un modelo que se resume en el mapa de zonificación geotécnica, para nuestro caso de estudio el paciente se encuentra en una zona geotécnica de Lacustre A (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010), como se muestra a continuación:

Figura 20

Ubicación de la zonificación geotécnica del paciente en estudio



Nota: Adaptado de “Respuesta Sísmica – Decreto 523 de 2010”, por Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010, Copyright.

Para el Lacustre A la zonificación de la respuesta sísmica de Bogotá para el diseño sismo resistente, la Alcaldía Mayor de Bogotá (2010) define lo siguiente:

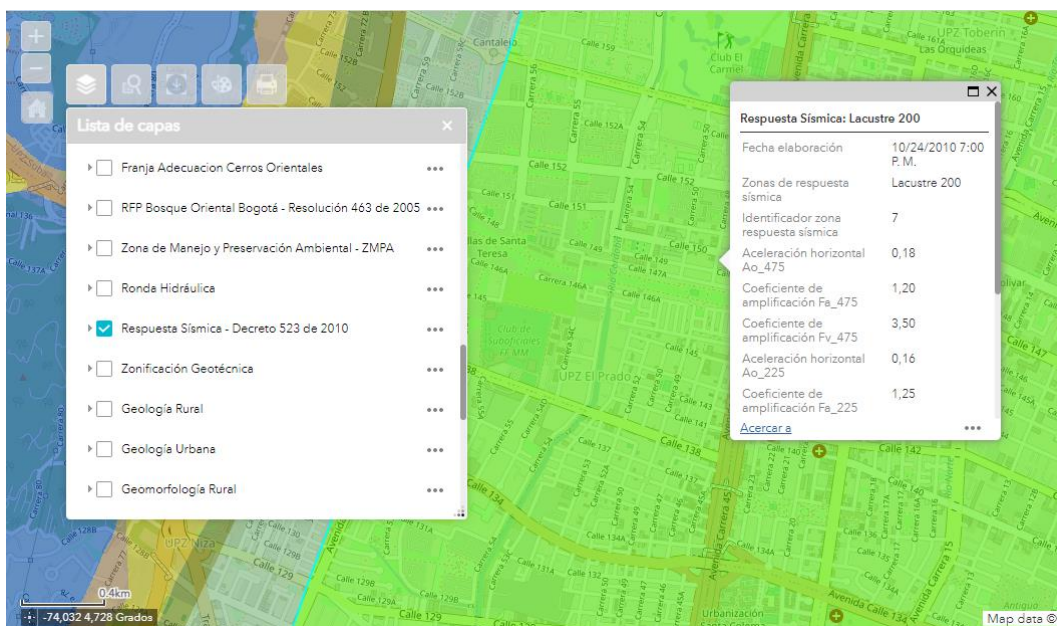
- Geotécnica: Suelo lacustre muy blando
- Geología: Terrazas Alta – Lacustres
- Geomorfología: Planicie
- Composición principal: Arcillas limosas blandas
- Comportamiento geotécnico general: Suelos de muy baja a media capacidad portante muy compresibles
- Espesor: 20 a 500 metros.(p.6)

7.3. Respuesta sísmica de la zona.

La alcaldía Mayor de Bogotá (2010) bajo el decreto 523 del 16 de diciembre del 2010, realizó la actualización a la Microzonificación sísmica de Bogotá D.C, en la cual, para la zona de ubicación del paciente, se identificó perfil estratigráfico con respuesta sísmica homogénea del sector plano de la ciudad, que para nuestro caso de estudio es Lacustre 200, como se muestra en la siguiente figura

Figura 21

Ubicación de la respuesta sísmica del paciente en estudio



Nota: Adaptado de “Respuesta Sísmica – Decreto 523 de 2010”, por Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010, Copyright.

De las características más importantes del Lacustre 200 está el espesor de depósito entre 100 a 200 metros el cual genera un periodo fundamental del suelo entre 3.5 a 4.5 segundos, el suelo tiene características lacustres con intercalaciones de aluvial como arcillas limosas o lomos arcillosos con lentes de turba y capas de arenas compactadas, para este suelo su velocidad de onda promedio a los 50 metros es menor de 175 m/s, su humedad promedio a los 50 metros es mayor al 80% y los efectos de sitio antes un sismo son de amplificación (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010)

El objetivo de la microzonificación sísmica, es formular recomendaciones para la reglamentación sismo resistente de la ciudad con base en la Norma Sismo Resistente del 2010 (AIS, 2010), con el fin de puntualizar en las características sísmicas del suelo como la

aceleración horizontal A_o , los coeficientes de amplificación F_a y F_v entre otros los cuales se describen en la Tabla 6 *Respuesta Sísmica: Lacustre 200*.

Tabla 6

Respuesta Sísmica: Lacustre 200.

| | |
|--|--------------|
| Zonas de respuesta sísmica | Lacustre 200 |
| Identificador zona respuesta sísmica | 7 |
| Aceleración horizontal A_{o_475} | 0,18 |
| Coefficiente de amplificación F_{a_475} | 1,20 |
| Coefficiente de amplificación F_{v_475} | 3,50 |
| Aceleración horizontal A_{o_225} | 0,16 |
| Coefficiente de amplificación F_{a_225} | 1,25 |
| Coefficiente de amplificación F_{v_225} | 4,00 |
| Aceleración horizontal A_{o_31} | 0,08 |
| Coefficiente de amplificación F_{a_31} | 1,35 |
| Coefficiente de amplificación F_{v_31} | 4,75 |
| Período largo | 4,00 |
| Entidad responsable | IDIGER |

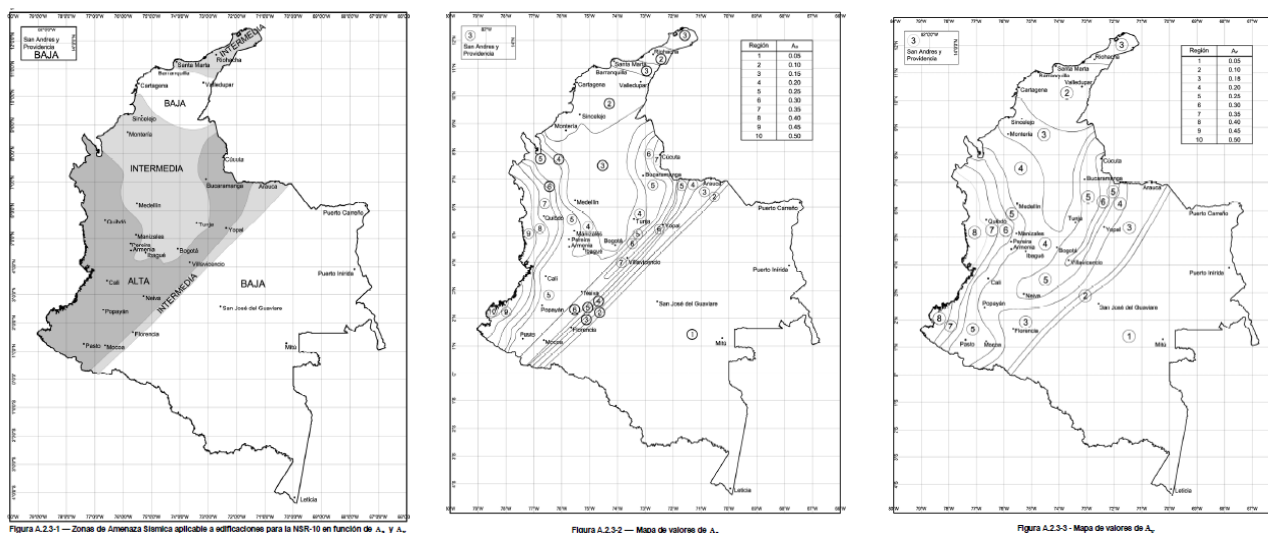
Nota: Adaptado de “Respuesta Sísmica – Decreto 523 de 2010”, por Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010, Copyright.

7.4. Respuesta sísmica de la zona.

Tomando como referencia la norma sismorresistente colombiana en su Título A (AIS, 2010) – requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente se determina el nivel de amenaza sísmica donde está ubicado el paciente usando como referencia las figura A.2.3-1, figura A.2.3-2 y figura A.2.3-1, que se describen en la figura a continuación

Figura 22

(a) Figura A.2.3-1 – Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_a y A_v , (b) Figura A.2.3-2 — Mapa de valores de A_a , (c) Figura A.2.3-3 - Mapa de valores de A_v .



(a)

(b)

(c)

Nota: Adaptado de “Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10” (p.62), por AIS, 2010. Copyright.

Del análisis de las figuras, se concluye que, el proyecto se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia y cuenta con unos coeficientes de A_a y A_v de 0.15 y 0.2 respectivamente. En mérito de lo previamente descrito y como resultado de la información de la microzonificación sísmica para los parámetros de F_a y F_v , se puede determinar el espectro de diseño el cual se muestra a continuación:

Tabla 7

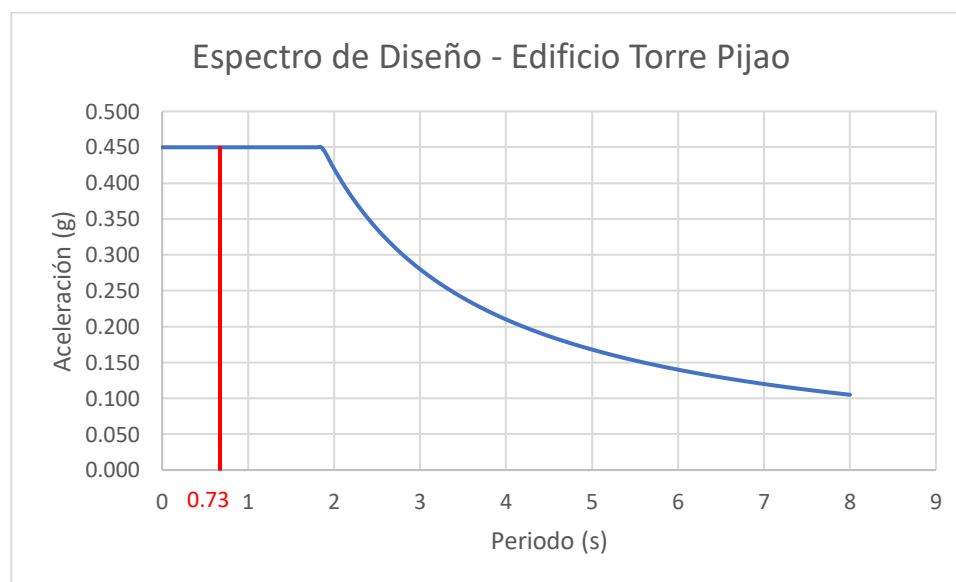
Datos de entrada para el cálculo del espectro de diseño

| | |
|---------------------|-------|
| Aa = | 0.150 |
| Av = | 0.200 |
| Fa = | 1.200 |
| Fv = | 3.500 |
| T _{C(s)} = | 1.87 |
| T _{I(s)} = | 8.4 |
| I = | 1 |

Nota: Adaptado de “Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10” (p.62), por AIS, 2010. Copyright.

Figura 23

Espectro de diseño del paciente.



Nota: Elaboración propia

En esta misma línea de análisis, el AIS (2010) afirma que, es fundamental obtener el periodo de la estructura T, para esto, se usa como referencia el numeral A.4.2.2 de la NSR – 10 el cual permite el uso de la ecuación A.4.2-3 para el cálculo del

Ta, tomando como referencia los valores de C_T y α indicados en la Tabla A.4.2-1. Con base en lo anterior, se obtiene un periodo fundamental de la estructura de 0,73 segundos, el cual se ubica en la meseta de la gráfica del espectro de diseño del paciente (Figura 23)

Por medio del análisis de la gráfica del espectro de diseño, se puede determinar el periodo fundamental de la estructura, con el fin de construir la proyección del comportamiento dinámico, en función con el suelo en un evento sísmico. En este orden de ideas, es fundamental tener en cuenta que, según la Tabla A.3-3 de la NSR-10 (AIS, 2010) , el sistema estructural actúa como un pórtico resistente a eventos con capacidad moderada de disposición de energía DMO de concreto, los cuales, están permitidos para zonas de amenaza sísmica intermedia y no presenta una restricción de altura máxima.

Tabla 8

Tabla A.3-3 Sistema estructural de pórticos resistente a momento

Tabla A.3-3
Sistema estructural de pórtico resistente a momentos (Nota 1)

| C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS | | Valor R_0 (Nota 2) | Valor Ω_0 (Nota 4) | zonas de amenaza sísmica | | | | | |
|---|--|-------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------|---------------|----------------|------|------------|
| Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales) | Sistema resistencia para cargas verticales | | | Alta | | Intermedia | | baja | |
| | | uso permit | altura máx. | uso permit | altura máx. | uso permit | altura máx. | | |
| 1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES) | | | | | | | | | |
| a. De concreto (DES) | el mismo | 7.0 | 3.0 | si | sin límite | si | sin límite | si | sin límite |
| b. De acero (DES) | el mismo | 7.0 (Nota-3) | 3.0 | si | sin límite | si | sin límite | si | sin límite |
| c. Mixtos | Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos | 7.0 | 3.0 | si | sin límite | si | sin límite | si | sin límite |
| d. De acero con cerchas dúctiles (DES) | Pórticos de acero resistentes o no a momentos | 6.0 | 3.0 | si | 30 m | si | 45 m | si | sin límite |
| 2. Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO) | | | | | | | | | |
| a. De concreto (DMO) | el mismo | 5.0 | 3.0 | no se permite | | si | sin límite | si | sin límite |
| b. De acero (DMO) | el mismo | 5.0 (Nota-3) | 3.0 | no se permite | | si | sin límite | si | sin límite |
| c. Mixtos con conexiones rígidas (DMO) | Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos | 5.0 | 3.0 | no se permite | | si | sin límite | si | sin límite |

Nota: Adaptado de “Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10” (p.62), por AIS, 2010. Copyright.

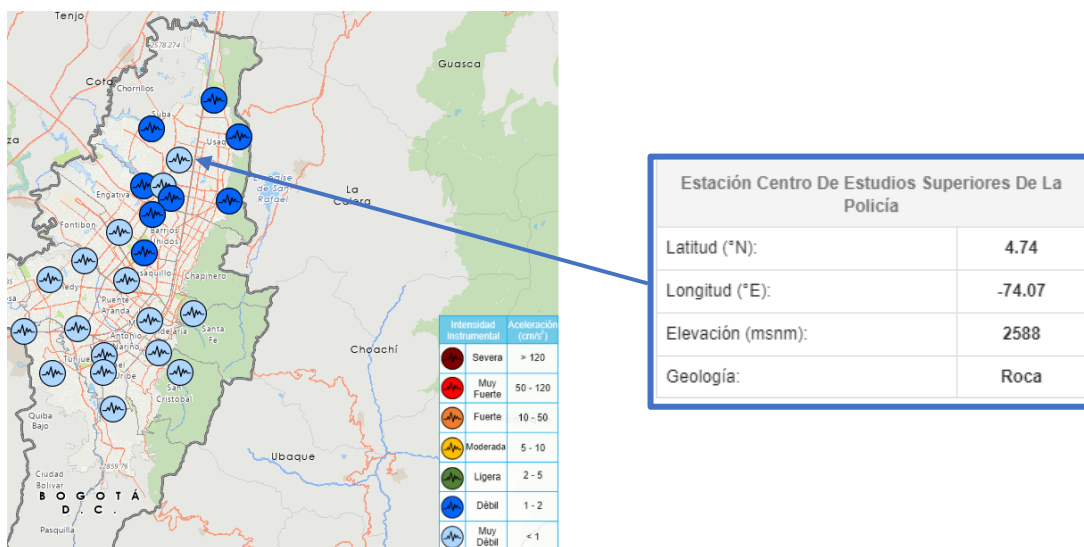
7.5. Matriz de vulnerabilidad.

7.5.1. Actividad sísmica en la ubicación del proyecto.

El Sistema de Alerta de Bogotá cuenta con una red de estaciones de acelerómetros distribuido en toda el área de la ciudad, para el caso particular de la ubicación del proyecto de la Torre Pijao, la estación de control más cercana es el Centro de Estudios de la Policía. A propósito de ello, en la figura 24, se da cuenta de la ubicación geográfica de la estación y sus características:

Figura 24

Ubicación de la estación de acelerómetro más cercana al proyecto



Nota: Adaptado de “Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático”, por IDIGER, 2022, IDIGER (<https://www.sire.gov.co/web/sab/rab>). Copyright.

En vista de que, la red de acelerómetros del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias – FOPAE (2011) realiza una serie de informes donde se procesan e interpretan las señales de la red de acelerógrafos de Bogotá – RAB; el informe más reciente, desarrollado en el 2011 cuenta con el siguiente registro de sismos registrados en las estaciones de Bogotá, cuya relevancia se encuentra representada en la tabla 9:

Tabla 9

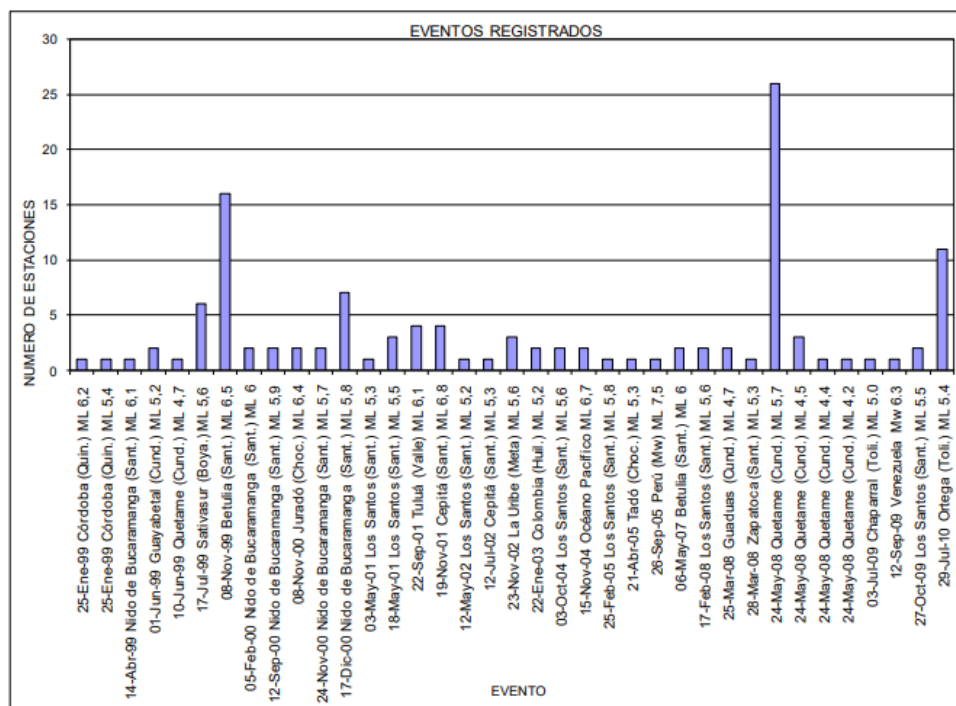
Registro de los sismos con mayor relevancia entre 1999 al 2010

| Fecha | Ubicación | Magnitud |
|--------------------------|-------------------------------|----------|
| 8 de noviembre de 1999 | Betulia – Santander | 6,5 |
| 17 de noviembre del 2000 | Nido de Santander – Santander | 5,8 |
| 24 de mayo del 2009 | Quetame - Cundinamarca | 5,7 |
| 29 de julio del 2010 | Ortega – Tolima | 5,4 |

Nota: Adaptado de “PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE SEÑALES DE LA RED DE ACCELERÓGRAFOS DE BOGOTÁ”, por FOPAE, (2011). Copyright

Figura 25

Registro de eventos sísmicos en la ciudad de Bogotá durante el periodo del 99 al 2010



Nota: Adaptado de “PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE SEÑALES DE LA RED DE ACCELERÓGRAFOS DE BOGOTÁ”, por FOPAE, (2011). Copyright.

Considerando que, la relevancia de los sismos superiores a la magnitud 5.0, representan el número de estaciones de acelerómetros que registraron su actividad, lastimosamente para la fecha en el informe del 2016 titulado “Catálogo de eventos sísmicos – 2016” realizado por la Red de Acelerógrafos de Bogotá (2016) no se vinculó dicha variable y se priorizan únicamente los análisis y/o alertas demitidas a sismos de mayor magnitud, lo cual, se evidencia en la tabla 10, presentada a continuación: :

Tabla 10

Registro de los sismos con mayor relevancia en el año 2016

| Fecha | Ubicación | Magnitud |
|---------------------------|------------------------|-----------------|
| 16 de abril del 2016 | Tumaco – Nariño | 5,9 |
| 14 de septiembre del 2016 | Mutata – Antioquia | 6,2 |
| 22 de septiembre del 2016 | Los Santos – Santander | 5,0 |
| 31 de octubre del 2016 | Huila | 5,3 |



Nota: Adaptado de “Catálogo de eventos sísmicos”, por Red de Acelerógrafos de Bogotá, 2016, Copyright.

7.5.2. Matriz de vulnerabilidad en las zonas críticas del paciente.



Retomando los aportes expuestos en el apartado anterior, se puede concluir que la actividad sísmica que ha tenido lugar en la ciudad de Bogotá, durante la vida útil del inmueble Torre Pijaos, no ha afectado de manera significativa la integridad estructural de la edificación.



Ahora bien, con el fin de dar a conocer las particularidades de cada una de las lesiones que presenta la Torre Pijao, se presentará la matriz de vulnerabilidad, la cual, tiene como objetivo


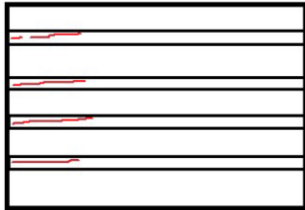
identificar el nivel de importancia de las afectaciones de las que es sujeto la edificación y priorizar la intervención de las mismas.


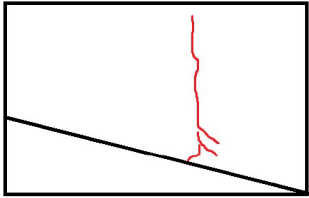
| MATRIZ DE VULNERABILIDAD | | | | | | | | |
|---|--------|--|-------------------------|--|------------------|------------|--------------|-------|
| Estructura | Suelos | Materiales | Sismo | Agrietamiento | Remoción en masa | Inundación | Calificación | Color |
| <p>Muro del sótano 1 de parqueadero ubicado en el eje A entre ejes 1 al 2</p>  | N/A | <p>El muro se encuentra construido con dos tipos de materiales diferentes: (1) concreto en la mitad inferior y (2) mampostería en la mitad superior.</p> | <p>Ver tablas 1 y 2</p> | <p>Se presentan fisuras verticales y diagonales a 45 ° presentado en el muro de mampostería. Se presume que la fisura vertical que va desde el piso a la placa es debido a la cercanía de la columna que se encontraba a 70 cm.</p>  | N/A | N/A | 3C | |

| MATRIZ DE VULNERABILIDAD | | | | | | | | |
|--|--------|---|------------------|---|------------------|------------|--------------|-------|
| Estructura | Suelos | Materiales | Sismo | Agrietamiento | Remoción en masa | Inundación | Calificación | Color |
| <p>Fisura en la torta inferior de la placa de entrepiso aligerada en el sótano 1 entre ejes 1 al 2</p>  <p>2021-10-05 Bogotá Edif. Torre Píjao, Cll 149 #48-31, Sótano 1 01.</p> | N/A | <p>La placa de entrepiso tiene un espesor de 50 mm donde los planos estructurales indica un acero de refuerzo con malla electrosoldada la cual no existe y por reemplazo de este colocaron una malla tipo gallinero. Adicional a esto el elemento presenta un mortero pobre con alta presencia de arenas.</p> | Ver tablas 1 y 2 | <p>Se encuentran fisuras en la placa de entrepiso ubicadas aproximadamente a un metro del eje 2 de las columnas, estructuralmente no se realizó un trabajo de dilatación</p>  | N/A | N/A | 3D | |

| MATRIZ DE VULNERABILIDAD | | | | | | | | |
|---|--------|--|-------------------------|--|------------------|------------|--------------|-------|
| Estructura | Suelos | Materiales | Sismo | Agrietamiento | Remoción en masa | Inundación | Calificación | Color |
| <p>Muro del sótano 1 de parqueadero ubicado en el eje F entre ejes 1 al 2</p>  <p>2021-10-05 Bogotá Edif. Torre Píjao Cll 149 #48 31. Sótano 1 04.</p> | N/A | <p>El muro se encuentra construido con dos tipos de materiales diferentes: (1) concreto en la mitad inferior y (2) mampostería en la mitad superior.</p> | <p>Ver tablas 1 y 2</p> | <p>Se presentan fisuras verticales y diagonales a 45 ° presentado en el muro de mampostería. Se presume que la fisura vertical que va desde el piso a la placa es debido a la cercanía de la columna que se encontraba a 70 cm.</p>  | N/A | N/A | 3C | |

| MATRIZ DE VULNERABILIDAD | | | | | | | | |
|--|--------|--|------------------|--|------------------|------------|--------------|-------|
| Estructura | Suelos | Materiales | Sismo | Agrietamiento | Remoción en masa | Inundación | Calificación | Color |
| <p>Acero de refuerzo con inicio de corrosión en la tapa del tanque la cual es la misma rampa de acceso al sótano 1.</p>  <p>2021-10-05 Bogotá Edif. Torre Píjaro Cll 149 #48 31. Sótano 1 01.</p> | N/A | La tapa de tanque es la misma rampa de acceso al sótano 1 la cual esta conformada por concreto y acero de refuerzo en las dos direcciones. | Ver tablas 1 y 2 | <p>Leves fisuras producidas por el proceso de oxidación en la tapa del tanque de agua.</p>  | N/A | N/A | 3C | |

| MATRIZ DE VULNERABILIDAD | | | | | | | | |
|--|--------|---|------------------|---|------------------|------------|--------------|-------|
| Estructura | Suelos | Materiales | Sismo | Agrietamiento | Remoción en masa | Inundación | Calificación | Color |
| <p>Debido al cambio de uso que se presentó en la placa superior se generaron sobrecargas inducidas por el estacionamiento de vehículos en la parte superior de este elemento.</p>  <p>2021-10-05 Bogotá Edif. Torre P1Jao Cil 149 #48 31, Sotano 1 Cl.</p> | N/A | <p>Se presenta secciones de las vigas y viguetas de la placa de entrepiso en concreto el cual se ve afectada por una corrosión que generó el desprendimiento o del recubrimiento de concreto.</p> | Ver tablas 1 y 2 | <p>Deflexiones excesivas en las viguetas de la placa produjeron fisuras en el elemento de concreto que permitieron el paso del agua produciendo oxidación en el acero de refuerzo y en la vigueta más crítica fallo el acero de refuerzo inferior a tensión.</p>  | N/A | N/A | 1A | |

| MATRIZ DE VULNERABILIDAD | | | | | | | | |
|--|--------|--|------------------|--|------------------|------------|--------------|-------|
| Estructura | Suelos | Materiales | Sismo | Agrietamiento | Remoción en masa | Inundación | Calificación | Color |
| <p>Enchape levantado y fisurado en la fachada externa del acceso al sótano debido a asentamientos diferenciales de la estructura.</p>  <p>2021-10-18 Bogotá Edif. Torre Píjao Calle 149 #48 31</p> | N/A | Piezas de enchape de fachada sobre los muros de mampostería en el acceso al sótano de parqueaderos | Ver tablas 1 y 2 | <p>fisuras verticales levantando el enchape de fachada. Se evidencia que se han realizado reparaciones en esta zona anteriormente</p>  | N/A | N/A | 3C | |

8. Diagnóstico

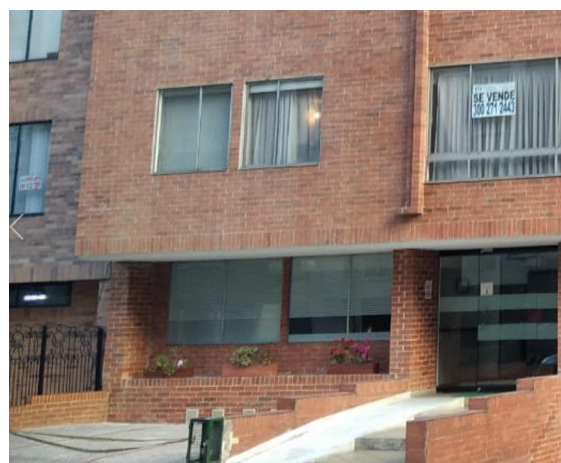
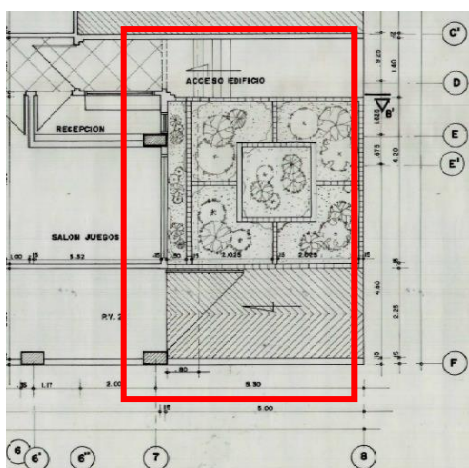
8.1. Lesiones mecánicas, físicas y químicas.

Tomando como punto de partida el análisis obtenido en la matriz de vulnerabilidad, en el presente estudio, se priorizaron las lesiones encontradas en la zona de parqueadero de visitantes, donde se describirá la serie de lesiones de carácter mecánico, físico y químico encontradas en el inmueble.

En la zona social ubicada entre los ejes 7-8 y ejes C' – F según los planos arquitectónicos con fecha de septiembre del 2004, se encontraba ubicado un jardín en la fachada del edificio (Figura 26 .a). Sin embargo, actualmente en esta zona se encuentran dos parqueaderos de visitantes (Figura 26 .b y Figura 27 .a), los cuales, desde el año 2018 se encuentran clausurados, debido a las lesiones que se han presentado en esta placa de entrepiso.

Figura 26

a) Ubicación del jardín en las zonas comunes del edificio y (b) Estado actual de la zona clausurada al público



(a)

(b)

Nota: Elaboración propia.

Como resultado del cambio de uso que se presentó en la placa, se generaron sobrecargas inducidas por el estacionamiento de vehículos en la parte superior de este elemento, en consecuencia, se produjeron deflexiones excesivas en las viguetas de la placa, produciendo fisuras en elemento de concreto que permitieron el paso del agua, lo cual, generó corrosión en el acero de refuerzo y en la vigueta más crítica fallo el acero de refuerzo inferior a tensión.

Aunado a ello, en la actualidad se presentan una serie de lesiones mecánicas y físicas en la estructura que comprometen la estabilidad de la misma. Teniendo en cuenta lo anterior, el punto más crítico de afectación se presenta en la parte inferior de la placa de entrepiso en la entrada peatonal del edificio ubicada entre los ejes C' al D.

Durante la inspección visual en la zona de estudio se encontró que la tipología de elemento estructural es una placa de entrepiso aligerada con viguetas en una dirección, previo a la inspección, la administración del edificio realizó una exploración en la placa donde se realizó la demolición de la torta inferior, dejando expuesto el casetón de guadua como aligerante de la placa (Figura 27

.b), el cual presenta un grado de descomposición.

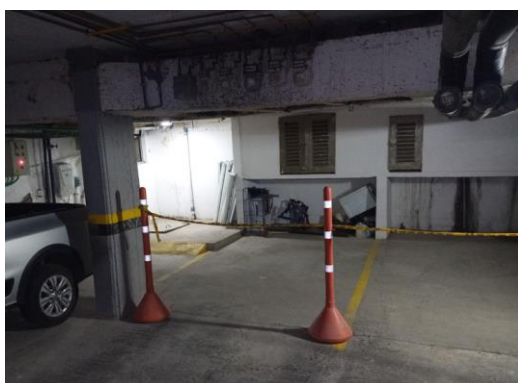
Cerca al apoyo de las viguetas en el eje 7 entre ejes E al F, se evidencia deterioro en el recubrimiento del concreto, dejando expuesto el acero de refuerzo con inicios de corrosión y la exposición del acero de refuerzo de la placa de entrepiso (Figura 27

.c). Adicionalmente, se llevó a cabo la medición del diámetro del acero de refuerzo en las viguetas, donde no se aprecia una pérdida de sección. Sin embargo, se identifica oxidación prematura en el acero de refuerzo, el cual, al estar sin la protección del concreto en una zona de parqueaderos (Figura 27

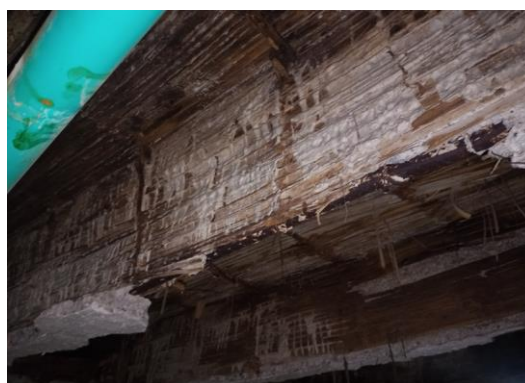
.d), puede indicar el punto de partida de procesos de despasivación del acero de refuerzo, caso contrario el acero de refuerzo de la placa de entrepiso donde se observa pérdida de sección y continuidad en la malla electrosoldada.

Figura 27

(a) Zona inferior de la placa de entrepiso, (b) Estado del casetón, (c) Pérdida de recubrimiento y (d) medida de la sección del acero de refuerzo sin pérdida de sección.



(a)



(b)



(c)



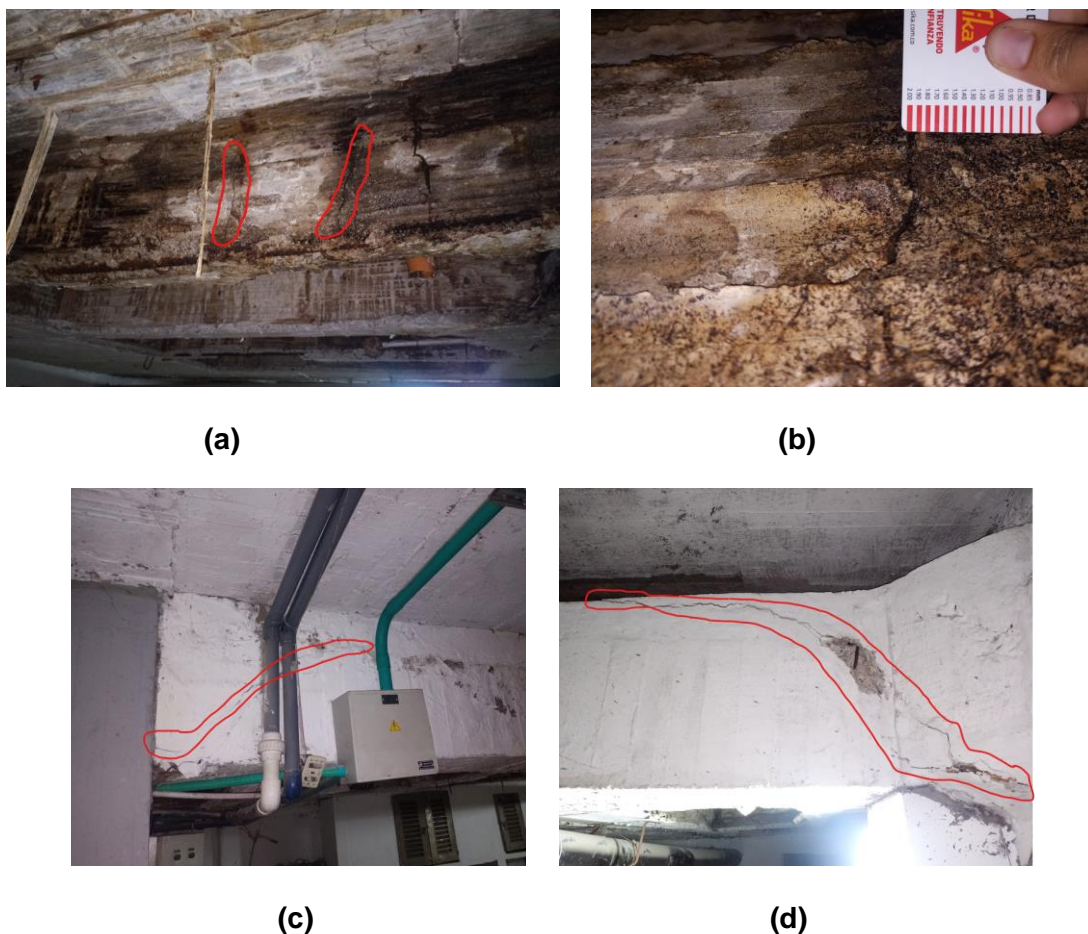
(d)

Nota: Elaboración propia.

El estado del concreto en zona es regular, debido a contaminantes externos que se presenta por la descomposición del casetón de guadua y la presencia de fisuras con un espesor entre 1.8 a 2 mm, el patrón de fisuración evidencia un daño a flexión a lo largo de la longitud de las viguetas presentado por la sobrecarga de la placa de entrepiso, la cual, se produce por el estacionamiento de vehículos en un cargue de concreto, en la parte superior de la placa, aumentado así los valores de carga viva y muerta a las cuales se expone este elemento estructural. Adicional a lo anterior, en la viga del eje 7 que sirve de apoyo en las viguetas se encuentran fisuras a cortante a $L/3$ del apoyo como se muestra en la siguiente figura.

Figura 28

(a) Patrón de fisuración a flexión en viguetas, (b) espesor de las fisuras (c) y(d) patrón de fisuración al $L/3$ en el apoyo.



Nota: Fuente Propia.

No obstante, , estas no son las lesiones más críticas que presenta esta zona, las viguetas ubicadas entre los ejes C' al E, los cuales, al estar sometidos a una sobrecarga resultado de la ubicación del parqueadero de vehículos en la parte superior, generó un sobreesfuerzo en las viguetas de concreto ocasionando deflexiones máximas y desajuntando las tuberías de redes eléctricas descolgadas en la placa de entrepiso, lo cual, produjo grietas a flexión con un ancho mayor de 5 cm, evidenciado una falla a flexión de la viguetas dos viguetas en esta zona (Figura 29

)

Figura 29

(a) Patrón de fisuración a flexión en viguetas y (b) medida del ancho de grieta.



(a)



(b)

Nota: Fuente Propia.

Como consecuencia de la falla de la vigueta y la presencia de fisura en la parte superior de la placa de entrepiso, se produjo la filtración de agua la cual, ha afectado el acero de refuerzo longitudinal y transversal, iniciando el proceso de corrosión del acero de refuerzo. El aumento de sección del acero de refuerzo que resulta del inicio de la corrosión del acero de refuerzo, dando lugar al proceso de desprendimiento del recubrimiento de concreto, el cual, ya es evidente a en las viguetas en estudio (Figura 29

. Al momento de realizar la inspección visual, se observa una gran humedad en la sección del concreto, generando una exposición contante del agua al acero de refuerzo corroído (Figura 29

El conjunto de las dos lesiones descritas anteriormente, fue el detonante para el deterioro en el acero de refuerzo inferior de las viguetas en dicha zona, donde se observa una falla dúctil (Figura 30

c y d) la cual, se produce después de que el material es sometido a una deformación plástica excesiva, ocasionando una deformación plástica excesiva en el acero de refuerzo sometido a tensión, lo cual, representa un riesgo alto a la inestabilidad que se evidencia en la estructura en este punto (Villela, 2004).

Figura 30

(a) Humedad por filtraciones de agua, (b) desprendimiento del acero de refuerzo de la sección de concreto, (c) falla dúctil del acero de refuerzo y (d) esquema de falla dúctil del acero de refuerzo.



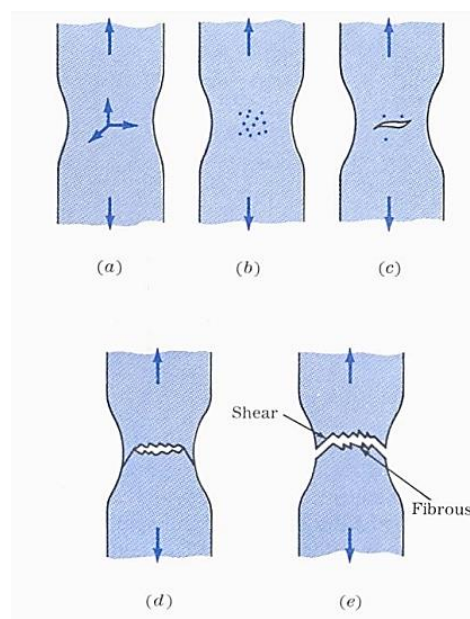
(a)



(b)



(c)



(d)

Nota: Imágenes a, b y c elaboración propia.

Nota (d). *Adaptado de* “Evaluación a la Microestructura y a las Propiedades Mecánicas del Acero Inoxidable 316LS y del Titanio Ti-6Al-4V como Biomateriales”, por I. Villela (2004), Copyright.

Es importante tener en cuenta que, de la inspección visual realizada al parqueadero de visitantes, se puede concluir que, el estado de esta estructura es delicado, especialmente las zonas donde se presentan fallas de las viguetas, las cuales, se deben intervenir de forma inmediata provisionalmente con el uso de parales para retrancar la placa del parqueadero y evitar un posible colapso.

8.2. Ensayos destructivos y no destructivos.

En mérito de lo previamente descrito en el capítulo anterior, se formularon las siguientes pruebas destructivas y no destructivas como: la exploración de las fisuras de las vigas, ensayos de carbonatación y extracción de cilindros para ensayos a compresión. Dichas pruebas se describirán a continuación:

8.2.1. Exploración de las fisuras en vigas:

Se realizaron regatas de exploración donde se presentaban fisuras a cortante cerca del apoyo de la viga principal del eje 7, allí se evidenció que el vaciado de concreto de esta viga se realizó posterior a las columnas, generando una junta fría entre toda la cara de la columna y de las vigas. Adicional a ello, el acero de refuerzo longitudinal de la viga no tiene continuidad entre el nudo de la viga con la columna presumiendo algún tipo de anclaje que se realizó del acero de refuerzo dentro de la sección de la columna. Cabe resaltar que, no hay evidencia de algún tipo de epóxido que complete este anclaje, en el apoyo intermedio de la viga se observa que el acero

de refuerzo se encuentra afuera de la sección del concreto sin ningún tipo de recubrimiento debido al alto hormigoneo que presenta la sección de concreto (Figura 31

.)

Se revisó el diámetro del acero de refuerzo longitudinal y transversal presentando un diámetro de 3/8" y 1/4" respectivamente. El acero de refuerzo longitudinal es corrugado y el transversal es un acero de refuerzo liso (Figura 31

.b).

Figura 31

(a) Extremo de la viga del eje 7 apoyado en el eje D (b) Apoyo intermedio en el eje E de la viga del eje 7 (c) Acero de refuerzo longitudinal por fuera de los estribos en el apoyo intermedio del eje E (d) medida del diámetro del acero de refuerzo.



(a)



(b)



(c)

(d)

Nota: Fuente Propia.

Por medio del uso del ferrosacan, se revisa la ubicación del acero de refuerzo longitudinal y transversal de la viga donde no se encuentra una ubicación uniforme especialmente en los estribos. A su vez, el acero de refuerzo longitudinal superior e inferior de la viga no se encuentra ubicado en la fibra superior e inferior de la viga, lo cual no coincide con su correcta ubicación de la sección de concreto.

Figura 32

(a) Ubicación del acero de refuerzo longitudinal y transversal de la viga en el eje entre ejes E-F y (b) medida del diámetro del acero de refuerzo.



(a)



(b)



(c)



(d)

Nota: Fuente Propia.

Se llevó a cabo, regatas de exploración en las zonas donde se presentan fisuras a cortante, observando que no se evidencia una mayor profundidad de estas fisuras, sin embargo, debido a la incorrecta posición del acero de refuerzo dentro de la sección de la viga, este genera la incapacidad de soportar de forma correcta las cargas a cortante a las cuales se encuentra sometida la viga y en consecuencia la aparición de este patrón de fisuración.

Debido a la falta de continuidad del acero de refuerzo longitudinal de la viga en el nudo con la columna, se deduce que el elemento fue construido después de las columnas, donde no se supervisó el armado del acero de refuerzo y su posición en la sección de la viga, la ausencia de planos estructurales o detalles constructivos de esta zona, evidencian la improvisación del proceso constructivo durante su ejecución.

Es oportuno mencionar que, no se realizó intervención alguna a las viguetas, ya que, dichos elementos presentan dimensiones muy pequeñas en su sección transversal y el estado de deterioro es avanzado, lo cual, puede comprometer la estabilidad de la estructura.

Posterior a las exploraciones realizadas se procedió a revisar el estado de exposición a la carbonatación, mediante el uso de fenolftaleína y la extracción de núcleos de concreto para realizar las pruebas a compresión de estos elementos y determinar la resistencia a la compresión del elemento.

8.2.2. Determinación de carbonatación en la sección de concreto mediante el uso de fenolftaleína.

Teniendo en cuenta las regatas de inspección del acero de refuerzo realizadas en el primer momento, se procede a efectuar la prueba de carbonatación en la viga de concreto, con el fin de determinar el frente de carbonatación al cual se encuentra expuesta la estructura. Como resultado de ello, se evidencia que este frente sobrepasa el recubrimiento de concreto (Figura 33 (

como consecuencia de ello, se identifica una des pasivación del acero de refuerzo generando una exposición a la corrosión del acero de refuerzo, el cual, se encuentra afectado de forma significativa en las viguetas entre los ejes C' al E.

Figura 33

(a) Ubicación del acero de refuerzo longitudinal y transversal de la viga en el eje entre ejes E-F y (b) medida del diámetro del acero de refuerzo.



(a)

(b)



(c)

(d)

Nota. Elaboración propia.

La presencia del frente de carbonatación más allá del recubrimiento de concreto, coincide con la evidencia en campo de la corrosión del acero de refuerzo que se encuentra expuesto a condiciones que aceleran esta lesión (Figura 29 (a) Patrón

, afectando de forma considerable el elemento de concreto. Teniendo en cuenta lo anterior, no se constata la necesidad de calcular la velocidad de avance del frente de carbonatación en los elementos de concreto.

8.2.3. Extracción de cilindros para ensayos a compresión

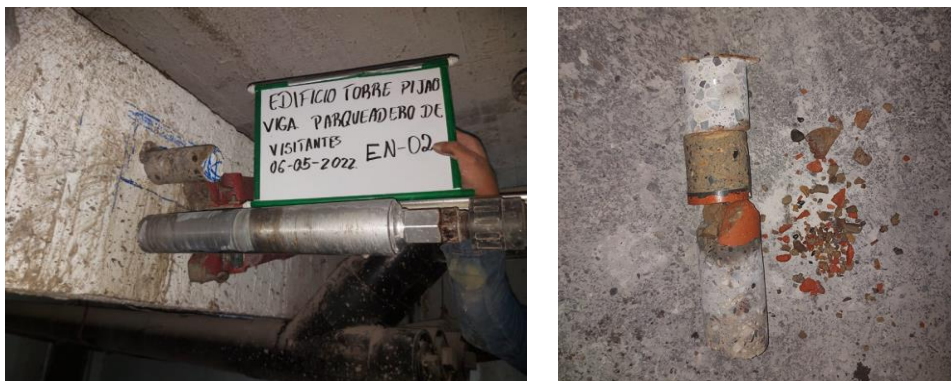
Se plantea la extracción de cilindros de concreto en la placa de entrepiso y la viga carguera de las viguetas para determinar la resistencia a la compresión de estos elementos de concreto, sin embargo, al momento de extraer los núcleos de concreto, no fue posible obtener una muestra completa debido a la presencia de escombros como parte del relleno en la zona del parqueadero de visitantes.

Figura 34

(a) Extracción del núcleo en la placa de entrepiso y (b) Extracción del núcleo en la viga carguera



(a)



(b)

Nota: Elaboración propia

En lo que concierne, al caso del núcleo extraído de la placa de entrepiso, el espesor la torta superior de la placa es de 8 cm, donde el acero de refuerzo de la malla electrosoldada no se encuentra con el recubrimiento mínimo. Por encima de este espesor, se encuentra un relleno de material suelto y un cargue de la placa de entrepiso de aproximadamente 16 cm, evidenciando la sobrecarga real debido a las cargas muertas que presenta esta zona (Figura 34 .a).

No obstante, la zona entre ejes C'-E a pesar de no poder realizar una extracción del núcleo debido a ser la zona de acceso peatonal al edificio, se observa el espesor de capas superiores a la placa de entrepiso es mucho mayor a los 16 cm, lo cual, concuerda con la falla de las viguetas de esta zona, producido por una sobrecarga de cargas muertas mucho mayor a la zona del parqueadero.

Extrañamente se presentó un caso muy similar en la extracción de los cilindros de la viga principal, donde se encontró que la parte inferior de la viga no presentaba una sección completa de concreto(Figura 34

.b). A la par de ello, se llevó a cabo, el procedimiento de extracción de núcleos en otros puntos de la viga las cuales no tuvieron éxito, debido que no fue posible obtener una muestra en buenas condiciones para la elaboración del ensayo a compresión de los núcleos.

En ese sentido, se llevó a cabo la extracción de núcleos a las viguetas de concreto, como consecuencia del reducido espesor de la sección transversal del elemento, el cual, genera núcleos de altura mínimos que no cumplen con la relación básica de diámetro-altura.

Con base en la evidencia anterior y lo encontrado en la inspección visual, se descarta la elaboración de pruebas a compresión de los núcleos, como producto del mal estado que presenta la estructura, el cúmulo de lesiones que se relacionan desde las fallas mecánicas con la sección de la viga de concreto, la falla de fluencia del acero de refuerzo, la corrosión del acero de refuerzo, la pérdida de recubrimiento y el deterioro de la placa en general, que derivan en el análisis de la mejor opción de intervención, del cual, se concluye que la demolición de la placa del parqueadero de visitantes y la construcción de una nueva como un elemento estructural independiente a la estructura del edificio, sería la estrategia idónea de operar en el inmueble.

9. Propuestas de intervención.

Con base en lo descrito en el capítulo anterior, se plantean dos tipos de intervenciones: una intervención inmediata y total debido a la inestabilidad que presenta el parqueadero de visitantes y el riesgo de colapso que se evidencia en el acceso peatonal al edificio. A demás de esto, se plantearán intervenciones locativas a lesiones menores que se presentan en la estructura del edificio.

9.1. Intervención inmediata.

El estado de las viguetas en el acceso peatonal al edificio, el cual, se ubica en el piso 1 entre ejes 7-8 y C'-D se encuentra en un deterioro avanzado, evidenciado por la falla de la sección de concreto de las viguetas y la falla a fluencia del acero de refuerzo en la zona a tensión, por lo anterior, la copropiedad del edificio debe realizar como actividad de intervención inmediata el retranque de la placa de entrepiso mediante el uso de 4 secciones de cerchas metálicas entre 2 a 3 metros de largo apoyados en parales en cada uno de sus apoyos distribuido como se muestra en la Figura 35

:

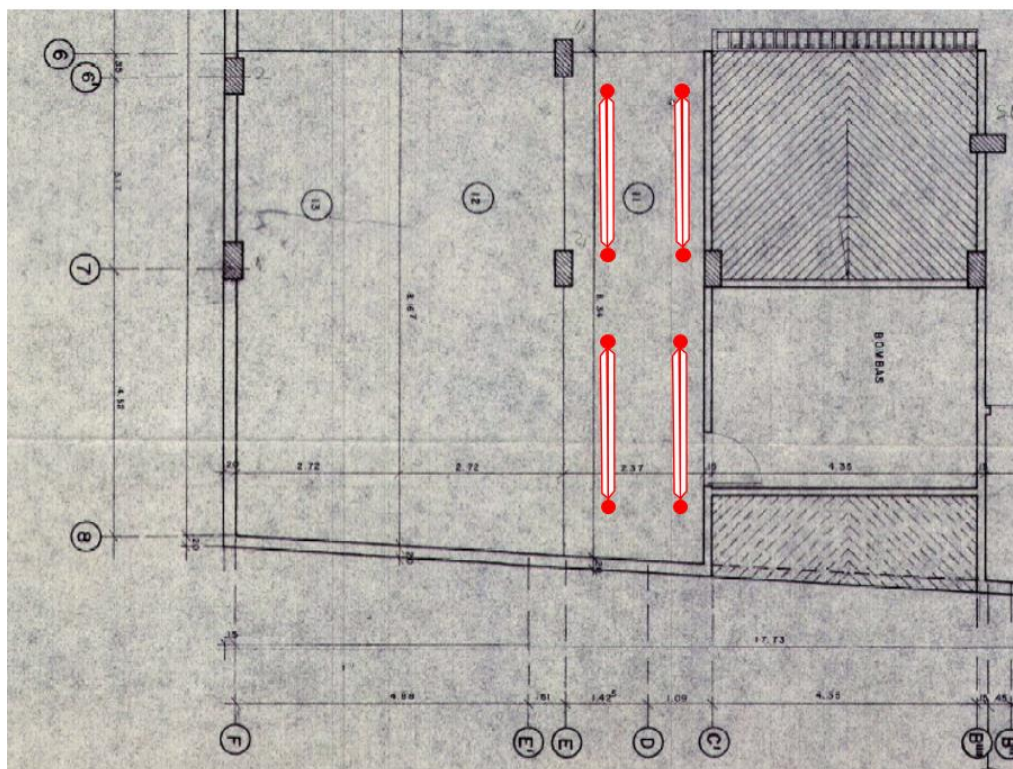
Las cerchas deben quedar ubicadas por debajo de la torta superior de la placa de entrepiso, para que de esta forma se garantice la trasferencia de cargas de la estructura de forma directa al suelo. Adicional a ello, se debe restringir el paso de carga viva sobre la placa de entrepiso limitándola a la carga peatonal normal por el transito diario de los propietarios al edificio, para cargas mayores a las peatonales como el caso de un trasteo, ingreso de material al edificio o alguna otra actividad que genere una posible sobrecarga en la placa se recomienda realizar el acceso al edificio por la entrada del parqueadero del primer piso.

Así mismo, se debe restringir el uso de los parqueaderos 11, 12 y 13 de forma total y no parcial como se presenta actualmente, se debe mejorar la señalización a esta zona e

indicarles a los propietarios el peligro que puede presentar el uso de estos parqueaderos tanto en la zona inferior como superior de la placa de entrepiso. En el caso de que sea necesario ingresar a dicha zona afecta se debe usar implementos de protección personal como casco y restringir el uso del acceso peatonal por la entrada peatonal del edificio

Figura 35

Ubicación de los parales en la placa de entrepiso indicadas en rojo.



Nota: Elaboración propia.

La zona de parqueaderos de visitantes debe seguir restringida y por ningún caso se debe ocupar por un vehículo o algún objeto de carga similar, ya que, esto representa un alto riesgo de la estructura debido al estado de deterioro actual que se presenta al momento de realizar este estudio.

9.2. Intervención total.

Con el objetivo de plantear una solución definitiva al estado en que se encuentra la placa de entrepiso de la zona de parqueaderos y basádonos en lo descritos en el capítulo 8, se debe realizar la demolición total de la zona de parqueaderos de visitantes y el acceso peatonal al edificio con el fin de construir una estructura nueva que soporte las cargas vivas y muertas la cual estará sometida durante su vida útil e independiente a la estructura del edificio.

Para esto, se debe contar con una serie de estudios previos a la ejecución de las actividades como lo son:

- Estudio de suelos
- Diseño estructural
- Presupuesto y programación de obra.

Cada uno de estos estudios se debe socializar con los propietarios del edificio torre Pijao con el fin de mostrarle a la comunidad, la importancia de estos para la construcción de esta nueva estructura y evaluar las diferentes propuestas estructurales y presupuestales que se acomoden a las necesidades y disposición económica que cuente la edificación en el momento de la socialización.

Para desarrollar la construcción de la nueva plataforma del parqueadero de visitantes y entrada peatonal al edificio es necesario solicitar los permisos necesarios por la curaduría urbana para construcciones nuevas y locativas en estructuras, donde, como documentos de soporte a las actividades a realizar se deben presentar los estudios previos mencionados anteriormente.

9.3. Intervenciones locativas.

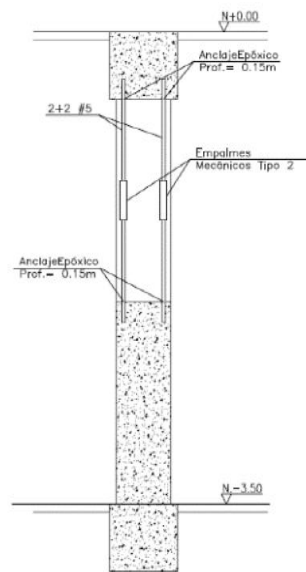
9.3.1. Asentamientos

Con el fin de evaluar el comportamiento real de la estructura ante los asentamientos diferenciales que presenta, es necesario plantear un programa de medición de asentamientos realizados por un topógrafo, el registro de los asentamientos se realizará de la siguiente forma:

- Medida de asentamientos una vez al mes por 6 meses.
- Medida de asentamientos una vez cada tres meses durante 6 meses
- Dos medidas de asentamientos cada año.

Dándonos un número total de registros de 14 medidas, por medio de los cuales, se podrán plantear soluciones, con base en los registros realizados durante el primer año y el estudio riguroso del suelo, que describa el estado estructural de la cimentación. Lo anterior, con el fin de reducir los asentamientos diferenciales que presenta la estructura. **Reparación de muros en el sótano.**

Una vez controlado el problema de asentamientos de la estructura de la edificación, se procederá a realizar la reparación de las grietas en los muros de contención, por medio de la demolición de la parte superior del muro y el anclaje del refuerzo longitudinal (2+2#5 L=1,80 c/0,25m) empleando resina epóxica certificada por ICC, para anclajes estructurales tanto en la parte superior como en la parte media del muro, así mismo, se deberán instalar empalmes mecánicos Tipo 2 de tornillo (Ver figura 36) para conectar las barras del acero de refuerzo.

Figura 36*Detalle del reforzamiento en muros*

CORTE 1-1 MURO DE CONTENCIÓN H=3.0m
ESCALA 1:25

Nota: Adaptado de “Empalme de tornillo tipo 2”, por Ramalza, 2022, Ramalza

(<https://www.ramalza.com/empalme-de-tornillo-tipo-2>)

Posteriormente se debe instalar el refuerzo transversal 1+1#4, el cual, continua en todo el ancho del muro, finalmente es importante aplicar el puente de adherencia en el concreto viejo y fundir la sección del muro superior empleando concreto $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ mediante cabeza de presión en la parte superior para garantizar total contacto bajo la viga de la losa de entresuelo del N+0,0.

10. Presupuesto

El presupuesto de intervención se enfocará en la zona del parqueadero de visitantes, cuantificando el valor de las intervenciones inmediatas, para las intervenciones definitivas de dicha zona se planteará el costo de los estudios previos a realizar y con base en estos se tendrá el presupuesto definitivo de las actividades de demolición y construcción de la nueva plataforma del parqueadero de visitantes.

10.1. Presupuesto de intervenciones inmediatas

Se realizó la cotización de las cerchas y parales que se necesitan en la zona donde se debe retrancar la placa de entrepiso en el acceso al edificio (Tabla 11), donde en el primer ítem se cotiza el alquiler de los equipos por 6 meses dando un valor total de \$ 1'500.000 pesos, sin embargo, se cotiza los mismos equipos para la compra y el valor total en el segundo ítem el cual corresponde a \$1'200.000

Tabla 11

Presupuesto de intervenciones inmediatas

| Item | Sub | DESCRIPCIÓN | UN | VR. UNITARIO | CANT. | VR. PARCIAL | VR. TOTAL |
|------|-----|--|-----|-----------------|-------|--------------|--------------|
| 1 | | Alquiler de Formaleta | | | | | |
| 1 | 1 | Parales telescopicos de 2.5 m + Cercha metálica de 3.0 m | Mes | \$ 250,000 | 6 | \$ 1,500,000 | \$ 1,500,000 |
| 2 | | Compra de formaleta | | | | | |
| 2 | 1 | Parales telescopicos de 2.5 m | Und | \$ 80,000 | 8 | \$ 640,000 | |
| 2 | 2 | Cercha metálica de 3.0 m | Und | \$ 140,000 | 4 | \$ 560,000 | \$ 1,200,000 |

Nota: Elaboración propia

Se recomienda a la administración hacer la compra de los equipos, debido a que son elementos nuevos que tendrán un mejor comportamiento para resistir la placa de contrapiso y a futuro, se pueden disponer para alquiler o venta lo cual da una retribución económica al edificio.

10.2. Presupuesto de intervenciones inmediatas

En el siguiente presupuesto se tendrá contemplado el valor de los estudios previos como lo son el estudio de suelos, diseño estructural de la nueva plataforma de parqueadero de visitantes y entrada del edificio, y el seguimiento topográfico del edificio como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12

Presupuesto de estudios previos

| Item | Sub | DESCRIPCIÓN | UN | VR. UNITARIO | CANT. | VR. PARCIAL | VR. TOTAL |
|------|-----|--------------------|-----|--------------|-------|--------------|--------------|
| 1 | | Estudios previos | | | | | |
| 1 | 1 | Estudio de suelos | Und | \$ 1,800,000 | 1 | \$ 1,800,000 | |
| 1 | 2 | Diseño estructural | Und | \$ 2,500,000 | 1 | \$ 2,500,000 | |
| 1 | 3 | Estudio de suelos | Und | \$ 1,200,000 | 1 | \$ 1,200,000 | \$ 5,500,000 |

Nota: Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que estos precios son variables y la cotización está sujeta a cambios, en el momento de tomar la decisión de iniciar con las actividades de reparación

11. Conclusiones y recomendaciones.

- Para garantizar la durabilidad y la vida útil de las estructuras es importante seguir un plan de mantenimiento enfocado en las zonas de mayor uso de una edificación, con el fin de evitar la acumulación de deterioros que generan lesiones de mayor gravedad e impliquen un mayor costo en su reparación.
- Al momento de realizar un cambio de uso en alguna área de la edificación, se debe consultar con un diseñador estructural, con el fin de realizar una revisión del avalúo de cargas en dicha zona y confirmar la capacidad de los elementos estructurales para resistir las nuevas cargas impuestas.
- Los cambios de uso en áreas como la realizada en el parqueadero de visitantes en el edificio Torre Pijao generó una sobrecarga en los elementos estructurales, como consecuencia de ello, se deterioraron los elementos estructurales, los cuales, fueron sometidos a una sobrecarga que no fue contemplada en los estándares de diseño.
- Teniendo en cuenta el grado de afectación y la alta vulnerabilidad que presenta la zona de parqueadero de visitantes, el presente estudio concluye la importancia de priorizar la intervención en dicha zona.
- Al momento de realizar algún tipo de intervención para reparar una lesión, se debe conocer el origen de este, por ende, no se recomiendan hacer reparaciones locativas que pueda generar un daño mayor a la afectación actual.
- Se realizaron ensayos de carbonatación y regatas de inspección en las vigas cargueras en la placa de entrepiso del parqueadero de visitantes, donde se evidenció que, el frente de carbonatación sobrepasó el recubrimiento de concreto y el acero longitudinal y transversal no se ubique en las zonas donde es necesario para soportar de forma correcta las cargas impuestas sobre él.

- Debido al gran deterioro que presenta las vigas y viguetas de la placa de entrepiso en la zona de parqueaderos de visitantes por la sobrecarga y la filtraciones de agua, se han acumulado lesiones como la corrosión del acero de refuerzo que generó el desprendimiento del concreto y pérdida de recubrimiento, la generación de fisuras a flexión y cortante, y el grave caso de grietas a cortante y falla del acero por fluencia en la zona a tensión en el área del acceso peatonal al edificio, por consiguiente la única intervención a realizar es la demolición de dicha zona y la construcción de una nueva plataforma de parqueadero de visitantes y acceso al edificio.
- Con el fin de realizar una intervención inmediata especialmente en la zona de la entrada al edificio, se debe realizar un retranque provisional de la placa de entrepiso mediante el uso de parales y cerchas, y evitar el tránsito de carga pesada por esta zona.
- Se debe socializar a los propietarios este informe para justificar la realización de estudios previos como estudio de suelos, control de asentamientos del edificio y diseño estructural con el fin de definir la propuesta de construcción para la nueva plataforma de parqueaderos y acceso al edificio Torre Pijao.

12. Bibliografía

AIS. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente,.

<https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). 16 de 12 de 2010. Sociedad Colombiana de Geotecnia.

<https://www.scg.org.co/wp-content/uploads/DECRETO-523-DE-2010-MICROZONIFICACION-BOGOTA.pdf>

Alcaldía Mayor de Bogotá, (2021). 21 de 03 de 2021. Alcaldía Local de Suba.

<https://bogota.gov.co/mi-ciudad/localidades/suba>

Broto, C. (2005). Enciclopedia Broto de patologías de la construcción.

https://higieneyseguridadlaboralcvr.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion.pdf

Corredor, V., & Terraza, R. (2015). Geología de la plancha 228 - Bogotá Noreste.

<https://recordcenter.sgc.gov.co/B14/23008010024691/documento/pdf/2105246911101000.pdf>

Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE). (2011). PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE SEÑALES DE LA RED DE ACELERÓGRAFOS DE BOGOTÁ 2009 A 2011. <https://bibliotecadigital.sire.gov.co/handle/123456789/62762?show=full>

ICONTEC. (2007). NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 5551 CONCRETOS.

DURABILIDAD DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO E: DURABILITY OF CONCRETE STRUTURES CORRESPONDENCIA.

<https://www.yumpu.com/es/document/view/63171804/ntc-5551-durabilidad-del-concreto>

Lara, L. (2017). PATOLOGÍA EN TIERRA CRUDA, ESTUDIO DE CASO CONSTRUCCIONES EN EL ÁREA ANDINA ECUATORIANA. *Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción*, 2, 1-12. <https://editorial.ucsg.edu.ec/ojs-auc/index.php/auc-ucsg/article/view/69>

Medina, J. M., Rodriguez, C. M., Coronado, M. C., & Garcia, L. M. (2021). Scoping review of thermal comfort research in Colombia. *Buildings*, 11(6). <https://www.mdpi.com/2075-5309/11/6/232>

Helmes, K. (1990). Neogene-Quaternary geology of the High Plain of Bogotá, Eastern Cordillera, Colombia. *Gebrüder Borntraeger*, 202. <https://books.google.com.co/books?id=aBFZAAAAYAAJ>

Hubach, E. (1957). Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. *INGEOMINAS, Boletín Geológico*, 93-112. <https://revistas.sgc.gov.co/index.php/boletingeo/article/view/286>

IDIGER. (2022). Instituto Distrital de gestion del riesgo y cambio climatico. <https://www.sire.gov.co/web/sab/rab>

Red de acelerógrafos de Bogotá. (2016). Catalogo de eventos sísmicos -2016. https://www.sire.gov.co/documents/82884/86757/BARSRAB_vfinal.pdf/a899b3c5-e851-4982-ab83-75d585420b11

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2021). Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá. http://srvags.sgc.gov.co/Jsviewer/Mapa_Geologico_Sabana_Bogota/

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2022). Sismicidad histórica de Colombia. <http://sish.sgc.gov.co/visor/>

Villela, I. (2004). Evaluación a la Microestructura y a las Propiedades Mecánicas del Acero Inoxidable 316LS y del Titanio Ti-6Al-4V como Biomateriales. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/villela_e_ij/

Oróstegui, O. (2021, October 22). Preocupa crecimiento de parque automotor en Bogotá.

Previsión meteorológica y clima mensual Bogotá, Colombia. (2021, October 23).


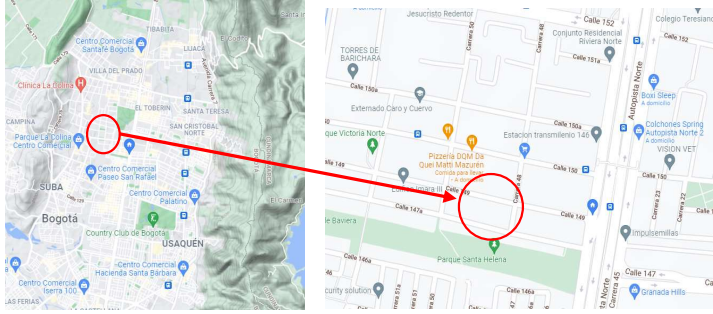
<https://www.weather-atlas.com/es/colombia/bogota-clima>.

Anexo A


En el anexo A se encuentran la ficha 1 – Información general del paciente donde se presenta tiene la información general del edificio tomado como paciente, su ubicación, tipo de estructura y materiales, y las fichas de inspección de las obras civiles donde se compila la información tanto de las lesiones por elemento como lesiones por proceso patológico.

Anexo B

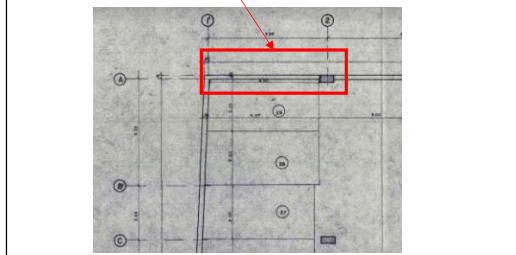
En el anexo A se encuentran los planos estructurales, arquitectónicos y de redes de la edificación suministradas por la administración del edificio Torre Pijao.

| FICHA 1 - INFORMACIÓN GENERAL DEL PACIENTE. | | | |
|---|---|-----------|--|
| Nombre del Paciente: | Edificio Torre Pijao | |  |
| Dirección: | Calle 149 # 48-31 | | |
| Ciudad: | Bogotá | | |
| Localización del paciente: |  | | |
| Estudio patológico a: | Edificio Torre Pijao | | |
| Observaciones: | El edificio Torre Pijao es una estructura con sistema aparcado construido en 1992 por la , que esta conformado por siete pisos donde del piso 2 al septimo se tienen 6 apartamentos por piso, sotano de parqueaderos y el primer piso esta distribuido en salon social, zonas comunes, parqueaderos y un apartamento. La constructora es Inversiones Pijao. | | |
| Constructor: | Inversiones Pijao | | |
| Arq. Diseñador | Jaime Hernandez R. | Matricula | 25700-34743 |
| Normas de diseño: | Norma AIS 100, decreto 1400/84 | | |
| Condiciones Topografica: | Esta ubicado al norte de la sabana de Bogota en la localidad de Suba y su características topograficas es en un terreno plano. | | |
| Geometría del paciente | Área Construcida | 3672.49 | m2 |
| | Número de pisos | 7 | und |
| | Número de sotanos | 1 | und |
| | Áreas de apartamentos | 2365.56 | m2 |
| | Área del Sotano | 667.8 | m2 |
| | Número de parqueaderos | 37 | und |
| Tipo de uso: | Residencial | | |
| ¿Se encuentra habitada? | Si | X | No |
| ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA | | | |
| Fecha de puesta en servicio | | | 1993 |
| Tipo de Mantenimiento: | Se le ha realizado mantenimiento locativos en acabados correspondientes a intervenciones menores como pinturas, lavados de fachada, impermeabilización de cubiertas, resanes de fisuras superficiales, entre otros. | | |
| DATOS DE LA ESTRUCTURA | | | |
| Resistencia a la compresión f'c | | | 3000 P.S.I |
| Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo mayores o igual a N°4 | | | 420 Mpa |
| Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo menores o igual a N°3 | | | 420 Mpa |
| Carga viva para vivienda | | | 180 Kg/m2 |
| Tipo de concreto | Premezclado | | |
| Características del punto fijo: | Presenta ducto de ascensor del sotano 1 al piso 7 y escaleras. | | |
| Tipo de cubierta | Placa de concreto | | |
| Tipo de estructura | Sistema de porticos con columnas y vigas | | |
| Tipo de elementos no estructurales | Mampostería no confinada y enchape de fachada. | | |
| Tipo de cimentación | Pilotes incados. | | |
| AGENTES CONTAMINANTES | | | |
| Agentes externos | El edificio se encuentra ubicado a dos cuadras de la autopista norte lo cual genera una exposición a la contaminación vial producto del parte automotor que circula en este corredor vial. | | |

FICHA DE INSPECCIÓN DE OBRAS CIVILES

| | | | | |
|-----------|----------------------|--------------|---|---|
| Paciente | Edificio Torre Pijao | Universidad | Universidad Santo Tomas |  |
| Ubicación | Calle 149 # 48-31 | Programa: | Especialización de Patología en la Construcción | |
| Uso | Residencial | Integrantes: | Nicolás Ortega | |
| Fecha | 2021-10-18 | | Diego Rodríguez | |


| | | | |
|-------------------------|---------------------|---|-------------------------------|
| Tipología de la lesión: | Lesión por elemento | X | Lesión por proceso patológico |
|-------------------------|---------------------|---|-------------------------------|



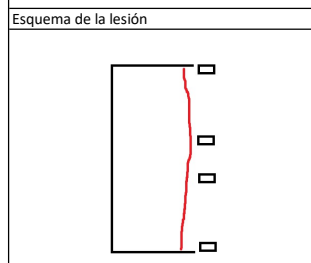
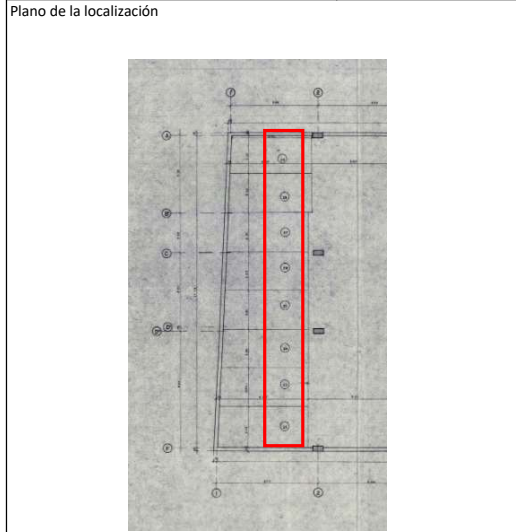
| Tipo de lesión | Tipificación de la Lesión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|--|--|-----------|--|--|--|----------------------------|--|---|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | Directas | | | | | | | | | | Indirectas | | | | | | | | | |
| | Físicas | | | Mecánicas | | | | Químicas y Lesione Previas | | | Proyecto | | | | | | | | | |
| Primaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Secundaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erosión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambios térmicos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agentes atmosféricos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contaminación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sismos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Empujes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Impactos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rozamientos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sobrecargas de peso permanente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asentamientos del terreno | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| Incompatibilidad de materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pérdida de adherencias | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contaminación ambiental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedades | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deformaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Crietas y fisuras | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| Desprendimientos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corrosiones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deficiente construcción | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diseño constructivo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambio de especificación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ejecución | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mala calidad del material | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intervenciones Inapropiadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Falta de mantenimiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------|------------|--|--|--|--|--|---|--|---|--|
| Descripción de la lesión: | | | Diagnostico | | | Intervención | | | | | |
| Clasificación de la lesión | | | Debido al asentamiento que presento la estructura el muro construido con dos tipos de materiales diferentes, concreto en la mitad inferior y mampostería en la mitad superior se presentan fisuras verticales y diagonales a 45 ° presentado en el muro de mampostería. Se presume que la fisura vertical que va desde el piso a la placa es debido a la cercanía de la columna que se encontraba a 70 cm. | | | Eliminación de la Causa | | Reparación de la afectación | | Prevención | |
| Estado | Afectación | | | | | Realizar la dilatación entre la estructura central del edificio y la zona común. | | Realizar un corte mediante el uso de herramienta mecánica en la unión de los dos estructuras y garantizar la conformación de dilatación de los labios de junta mediante el uso de mortero de baja retracción. Se debe retirar el material suelto y reparar las fisuras con poliuretano limitado cumpliendo el factor forma de diseño. | | Realizar un seguimiento trimestral a la reparación ejecutada. | |
| Muy Leve | | 0% - 20 % | | | | | | | | | |
| Leve | X | 20% - 40% | | | | | | | | | |
| X Severo | | 40% - 60% | | | | | | | | | |
| | | 60% - 80% | | | | | | | | | |
| | | 80% - 100% | | | | | | | | | |

FICHA DE INSPECCIÓN DE OBRAS CIVILES

| | | | | |
|-----------|----------------------|--------------|---|---|
| Paciente | Edificio Torre Pijao | Universidad | Universidad Santo Tomas |  |
| Ubicación | Calle 149 # 48-31 | Programa: | Especialización de Patología en la Construcción | |
| Uso | Residencial | Integrantes: | Nicolás Ortega | |
| Fecha | 2021-10-20 | | Diego Rodríguez | |


| | | | |
|-------------------------|---------------------|---|-------------------------------|
| Tipología de la lesión: | Lesión por elemento | X | Lesión por proceso patológico |
|-------------------------|---------------------|---|-------------------------------|



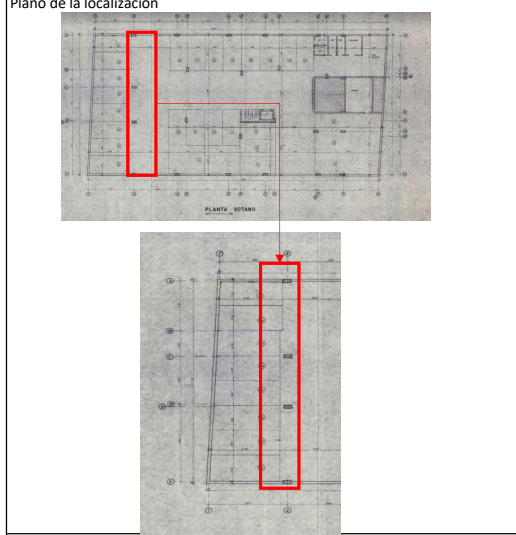
| Tipo de lesión | Tipificación de la Lesión | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|--|--|--|-----------|--|--|--|----------------------------|--|--|--|------------|--|--|
| | Directas | | | | | | | | | | | | | | |
| | Físicas | | | | Mecánicas | | | | Químicas y Lesione Previas | | | | Indirectas | | |
| Primaria | | | | | | | | | | | | | | | |
| Secundaria | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erosión | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambios térmicos | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agentes atmosféricos | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contaminación | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sismos | | | | | | | | | | | | | | | |
| Empujes | | | | | | | | | | | | | | | |
| Impactos | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rozamientos | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sobrecargas por peso | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sobrecargas por viento | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asentamientos del terreno | | | | | | | | | | | | | | | |
| Incompatibilidad de materiales | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pérdida de adherencias | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contaminación ambiental | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedades | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deformaciones | | | | | | | | | | | | | | | |
| Craqueladuras y fisuras | | | | | | | | | | | | | | | |
| Desprendimientos | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corrosiones | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deficiente construcción | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diseño constructivo | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambio de especificación | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ejecución | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mala calidad del material | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intervenciones inapropiadas | | | | | | | | | | | | | | | |
| Falta de mantenimiento | | | | | | | | | | | | | | | |

| Descripción de la lesión: | | | Diagnostico | | |
|----------------------------|------------|------------|--|--|--|
| Clasificación de la lesión | | | Intervención | | |
| Estado | Afectación | | | | |
| | Muy Leve | 0% - 20% | | | |
| X | Leve | 20% - 40% | Debido al asentamiento que presento la estructura se encuentran fisuras en la placa de entrepiso ubicadas aproximadamente a un metro del eje 2 de las columnas, estructuralmente no se realizo un trabajo de dilatación que asumieran los movimientos de este sector de la estructura. | | |
| | Severo | 40% - 60% | | | |
| | Grave | 60% - 80% | | | |
| | Muy Grave | 80% - 100% | | | |
| | | | Eliminación de la Causa | Reparación de la afectación | Prevención |
| | | | Realizar la dilatación entre la estructura central del edificio y la zona común. | En la parte superior de la placa de entrepiso se debe hacer una cajuela de 3 cm de profundidad y 10 cm de ancho conformar la cajuela con un mortero de reparación de bajo espesor garantizando la planicidad. Se instala una cinta de TPO adherida a los extremos de la cajuela, posterior a esto se instala una lamina metálica de 3 mm de espesor fijada en uno de los extremos de la junta de dilatación. | Realizar mantenimientos anuales de la cinta y la platina metálica. |


FICHA DE INSPECCIÓN DE OBRAS CIVILES

| | | | | |
|-----------|----------------------|--------------|---|---|
| Paciente | Edificio Torre Pijao | Universidad | Universidad Santo Tomas |  |
| Ubicación | Calle 149 # 48-31 | Programa: | Especialización de Patología en la Construcción | |
| Uso | Residencial | Integrantes: | Nicolás Ortega | |
| Fecha | 2021-10-20 | | Diego Rodríguez | |

| | | | |
|-------------------------|---------------------|-------------------------------|---|
| Tipología de la lesión: | Lesión por elemento | Lesión por proceso patológico | X |
|-------------------------|---------------------|-------------------------------|---|



Esquema de la lesión



| Tipo de lesión | Tipificación de la Lesión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|--|--|-----------|--|--|--|----------------------------|--|--|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | Directas | | | | | | | | | | Indirectas | | | | | | | | | |
| | Físicas | | | Mecánicas | | | | Químicas y Lesione Previas | | | Proyecto | | | | | | | | | |
| Primaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Secundaria | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erosión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambios térmicos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agentes atmosféricos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contaminación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sismos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Empujes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Impactos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rozamientos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sobrecargas de soporte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Asentamientos del terreno | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Incompatibilidad de materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pérdida de adherencias | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contaminación ambiental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedades | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deformaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cracks y fisuras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Desprendimientos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corrosiones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Errores de proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Errores de construcción | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diseño constructivo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambio de especificación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ejecución | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mala calidad del material | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intervenciones inapropiadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Falta de mantenimiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Descripción de la lesión:

| Clasificación de la lesión | |
|----------------------------|--------------|
| Estado | Afectación |
| Muy Leve | 0% - 20 % |
| X Leve | X 20 % - 40% |
| Severo | 40% - 60% |
| Grave | 60% - 80% |
| Muy Grave | 80% - 100% |

Diagnostico

La torta inferior que se instalo en la placa de entepiso fue reforzada con malla tipo "gallinero" sin cumplir lo especificado en planos. Actualmente se están presentado desprendimiento y fisuras del mortero de mala calidad.

| Intervención | | |
|---|---|----------------------------------|
| Eliminación de la Causa | Reparación de la afectación | Prevención |
| Se debe retirar la torta inferior y revisar el estado de la torta superior de la placa aligerada. | Retirar la torta inferior e instalar un cielo raso en drywall | Realizar mantenimientos anuales. |

