

Estudio Patológico del Edificio Álvaro Beltrán Pinzón, Universidad Industrial de Santander –
Bucaramanga.

Ing. Alexander Espitia Pinto

CC:91485734

Ing. Fredy Sebastián Toloza Pimiento

CC:1098739051

Ing. Said Hernández Noriega

CC:13540364

Universidad Santo Tomás

Decanatura de división abierta y a distancia

Especialización Patología de la Construcción

Bucaramanga

30 de Julio del 2024

Estudio Patológico del Edificio Álvaro Beltrán Pinzón, Universidad Industrial de Santander –
Bucaramanga.

Ing. Alexander Espitia Pinto

CC:91485734

Ing. Fredy Sebastián Toloza Pimiento

CC:1098739051

Ing. Said Hernández Noriega

CC: 13540364

Directora:

Mgtr. Olga Lucia Vanegas Alfonso

Trabajo Profesional Integrado

TPI

Universidad Santo Tomás

Decanatura de división abierta y a distancia

Especialización Patología de la Construcción

Bucaramanga

30 de Julio del 2024

Resumen

Este documento presenta el estudio patológico del Edificio Álvaro Beltrán Pinzón (ABP) de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS), ubicado en la carrera 27 con calle 9 de la ciudad de Bucaramanga. Este edificio fue construido en el periodo comprendido entre los años 2007 y 2009.

Así, se evalúan y se diagnostican las lesiones que presenta esta construcción. La estructura actual exhibe una serie de lesiones (asentamientos, desprendimientos, agrietamientos, fisuras, entre otras) generadas desde los últimos ocho años, lo que ha generado múltiples preocupaciones a la comunidad educativa por su avance y deterioro constante. Con la información documental obtenida (planos estructurales – arquitectónicos, estudios y otros), los levantamientos y ensayos en campo (fotografías y mediciones), se realiza el análisis estructural para confirmar, o no, el cumplimiento de la norma colombiana sismorresistente NSR10, así como los documentos técnicos (estudio de suelos y de vulnerabilidad). A partir de este análisis, se evidencian dos alternativas de solución para ser implementadas por la UIS en el corto y mediano plazo.

Palabras Clave: *patología, lesiones, diagnóstico, rehabilitación.*

Abstract

The purpose of this paper is to present a pathological study of the Álvaro Beltrán Pinzón Building (ATB) of the Civil Engineering faculty in the Industrial University of Santander located at 27 with 10th street in the city of Bucaramanga., which was built in 2008.

The main objective of this study is to assess and diagnose the structural damages present in this construction. The current structure exhibits a series of issues (settlements, detachments, cracks, fissures, among others) that have developed over the past 8 years, causing significant concerns within the educational community due to their progression and constant deterioration. Using the documentary information gathered (structural and architectural plans, studies, and others) and field surveys (photographs, measurements), a structural analysis was conducted to ascertain compliance with the Colombian seismic-resistant standard NSR10, as well as technical documents (soil studies and vulnerability assessments).

Based on this analysis, alternative solutions and recommendations for implementation by the Industrial University of Santander in the short and medium term were provided.

Keywords: Pathology, Injuries, Diagnosis, Rehabilitation.

Tabla de contenido

Introducción	15
Justificación.....	16
Objetivos	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos	16
Alcances y Limitaciones	17
Descripción de la Selección del Paciente	17
Limitaciones	17
Metodología	18
Descripción de la Selección del Paciente	18
Preparación y Planteamiento del Estudio	19
Inspección Preliminar del Paciente	19
Recopilación de Información Necesaria para el Estudio	19
Permisos y Autorizaciones para Abordar el Estudio del Paciente.....	20
Definición del Equipo Humano de Trabajo que Realizó la Exploración.	20
Definición de los Medios Instrumentales para Realizar la Exploración	20
Ensayo de Esclerometría.....	20
Ensayo de Ultrasonido	21
Ensayo de Escáner de Refuerzo	22

Espeor de Grietas y/o Fisuras	22
Análisis de Vulnerabilidad Sísmica	23
Análisis Estructural de la Edificación.....	23
Responsables del Estudio	23
Historia Clínica	24
Fecha de Realización del Estudio	24
Datos Generales del Paciente	24
Nombre, Uso y Propietario	24
Localización.....	24
Fecha de Construcción y de Intervenciones.....	25
Uso Previsto, Actual y Futuro del Sector.....	25
Datos Generales del Entorno	25
Edificaciones u Obras Vecinas	25
Factores Ambientales.....	26
Escorrentías y Aguas Superficiales.....	27
Edificación y/o Construcción.....	27
Suelos y Cimentaciones.....	29
Geología General del Paciente.....	29
Descripción General del Perfil Estratigráfico	30
Fallas Geológicas de la Zona de Estudio	30

Estudio de Suelos Realizado en el Paciente	32
Tipo de Suelo	33
Muestras y Pruebas de Laboratorio.....	34
Tipo de Cimentación Realizada	35
Descripción de Perfil Estratigráfico.....	35
Arquitectura.....	35
Arquitectura General	35
Subsotano Nivel -5,0 m.....	36
Piso 1 Nivel 0,0 m.....	37
Piso 2 Nivel +5,0 m	38
Fachadas.....	38
Cubiertas	39
Estructura	41
Clasificación	41
Edificación y/o Construcción	42
Tipo de Cimentación	42
Altura de la Edificación.....	42
Área (Número de Pisos)	42
Información Existente.....	43
Fidelidad de los Planos	43

Aplicación Patológica.....	43
Datos de las Lesiones	43
Lesiones Mecánicas.....	44
Lesión 15- Agrietamiento	44
Lesión 16- Agrietamiento	45
Lesión 17 - Agrietamiento	47
Lesión 17 - Agrietamiento	48
Lesión 13 - Agrietamiento	49
Lesiones 1,2,10 y 11- Humedad	50
Lesiones 4 y 6- Eflorescencia	52
Descripción del Proceso Patológico más Relevante en el Paciente	53
Marco Referencial	54
Marco Teórico	54
Marco Legal.....	56
Marco Geográfico.....	57
Componente Experimental.....	58
Ensayos Destructivos y no Destructivos	58
Ensayo de Ultrasonido	58
Origen, Causa, Evolución y Estado Actual de la Lesión más Relevante	59
Estudio de Vulnerabilidad Sísmica	60

Análisis Estático No Lineal y Curva de Capacidad	61
Espectro de Capacidad.....	63
Demanda Sísmica.....	63
Aproximación Lineal Equivalente	64
Procedimiento que Considera la Ductilidad de la Estructura	64
Resultados Obtenidos del Caso de Estudio.....	65
Historia de Sismos en la Zona de Estudio	67
Análisis de vulnerabilidad sísmica.....	68
Análisis Estructural de la Edificación	73
Diagnóstico.....	73
Resultados de Ensayo de Ultrasonido	74
Columna Nivel 3 Eje I-3.....	75
Alternativa y pronóstico	75
Análisis y propuesta de intervención seleccionada	78
Análisis de Resultados.....	78
Ensayo de Ultrasonido del Concreto.....	78
Impacto Ambiental	80
Programación.....	80
Conclusiones	84
Recomendaciones.....	85

Referencias	86
-------------------	----

Anexos.....	88
-------------	----

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Condiciones ambientales</i>	26
Tabla 2. <i>Datos de estudio de Suelos</i>	32
Tabla 3. <i>Profundidad suelo competente sondeos.</i>	34
Tabla 4. <i>Resumen de ensayos de laboratorios.</i>	34
Tabla 5. <i>Cuadro de áreas</i>	42
Tabla 6. <i>Sismos Cercanos a Bucaramanga.</i>	68
Tabla 7. <i>Etapas de Vulnerabilidad.</i>	69
Tabla 8. <i>Matriz de Vulnerabilidad.</i>	69
Tabla 9. <i>Etapas de Vulnerabilidad del Paciente.</i>	71
Tabla 10. <i>Clasificación del Nivel de Riesgo.</i>	72
Tabla 11. <i>Matriz de Vulnerabilidad del Paciente.</i>	73
Tabla 12. <i>Resultados del ensayo de ultrasonido para Columna I-3.</i>	75
Tabla 13. <i>Resultados Ensayos Ultrasonido.</i>	78
Tabla 14. <i>Calidad del Concreto a partir de la Velocidad de Propagación.</i>	78
Tabla 15. <i>Programación del reforzamiento.</i>	81
Tabla 16. <i>Presupuesto del reforzamiento.</i>	82

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Ejecución del Ensayo de Esclerometría</i>	21
Figura 2. <i>Desarrollo del ensayo de ultrasonido para el paciente en estudio</i>	21
Figura 3. <i>Ejecución del ensayo de Escáner de Refuerzo</i>	22
Figura 4. <i>Ejecución del ensayo de espesor de grietas y/o fisuras</i>	22
Figura 5. <i>Localización del candidato.</i>	24
Figura 6. <i>Edificaciones u obras vecinas</i>	26
Figura 7. <i>Ficha Información (Historia Clínica).</i>	28
Figura 8. <i>Ficha Ambiental (Historia Clínica).</i>	29
Figura 9. <i>Esquema estructural departamento de Santander</i>	31
Figura 10. <i>Ubicación Sondeos</i>	33
Figura 11. <i>Planta Arquitectónica Subsotano.</i>	36
Figura 12. <i>Planta arquitectónica piso 1</i>	37
Figura 13. <i>Planta arquitectónica piso 2.</i>	38
Figura 14. <i>Foto de fachada principal</i>	39
Figura 15. <i>Fachada principal y posterior.</i>	39
Figura 16. <i>Fotografía de Cubierta</i>	40
Figura 17. <i>Ficha Arquitectura.</i>	40
Figura 18. <i>Ficha sistema estructural</i>	41
Figura 19. <i>Zonas de estudio</i>	44
Figura 20. <i>Identificación de lesión en voladizo zona 1 punto 1</i>	44
Figura 21. <i>Identificación de lesión en voladizo zona 1 punto 2</i>	46
Figura 22. <i>Identificación de lesión en voladizo zona 1 punto 3</i>	47
Figura 23. <i>Identificación de lesión en voladizo zona 1 punto 3</i>	48

Figura 24. <i>Identificación de lesión en fachada lateral zona laboratorios</i>	49
Figura 25. <i>Identificación de lesión física en fachada frontal</i>	50
Figura 26. <i>Identificación de lesión física en fachada frontal</i>	52
Figura 27. <i>Proceso patológico de mayor afectación</i>	53
Figura 28. <i>Ficha Identificación de Lesiones.</i>	54
Figura 29. <i>Localización geográfica del sitio de estudio.</i>	57
Figura 30. <i>Localización del Ensayo de Ultrasonido</i>	58
Figura 31. <i>Procedimiento de Análisis No Lineal Simplificado</i>	60
Figura 32. <i>Representación del método adaptativo para obtener la curva de capacidad de la estructura.</i>	62
Figura 33. <i>Deformada de la estructura- Pushover X.- formación de rótulas plásticas</i>	66
Figura 34. <i>Nivel de desempeño según ATC-40.</i>	67
Figura 35. <i>Intensidades registradas en Bucaramanga.</i>	67

Lista de Anexos

Anexo 1. Estudio de Suelos ABP	88
Anexo 2. Planos Arquitectonicos ABP	88
Anexo 3. Planos Estructurales ABP	88
Anexo 4. Fichas Edificio ABP	88
Anexo 5. Fichas y Matriz de Vulnerabilidad.	88
Anexo 6. Resultados Ensayos No Destructivos.	88
Anexo 7. Analisis Estructural Edificio ABP.....	88
Anexo 8. Carta de Autorizacion.....	88

Introducción

Todo proyecto de construcción debe cumplir los requisitos estructurales instaurados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Por ello, este estudio analiza los resultados de las investigaciones de campo y determina todos los aspectos para evaluar el cumplimiento de los requisitos mínimos según la NSR-10. Para ello, se efectúa un estudio de vulnerabilidad sísmica para identificar la capacidad de una edificación a resistir y soportar las fuerzas sísmicas.

Para el caso de estudio, se tiene una edificación ubicada en el campus de la UIS, sede Bucaramanga, la que ha sufrido alteraciones en su estructura debido a las lesiones patológicas que han afectado su integridad.

Así, las lesiones se identifican por medio del registro fotográfico, con un análisis de las patologías de campo para la condición estructural en la actualidad. A su vez, la información técnica del proyecto (planos arquitectónicos, planos estructurales y estudio de suelos) y los resultados de ensayos no destructivos realizados permiten verificar el cumplimiento, o no, de los requisitos mínimos del sistema estructural de acuerdo con la norma vigente NSR-10. De igual forma, se realiza un estudio de vulnerabilidad sísmica para confirmar la capacidad de una edificación a resistir y soportar las fuerzas sísmicas, con el fin de analizar, evaluar y tomar medidas para mejorar la resistencia de las edificaciones ante eventos sísmicos. De este modo, el objetivo es proteger la vida e integridad de las personas que habitan en las edificaciones y reducir al mínimo el daño de los materiales. Finalmente, se establecen dos alternativas de solución a los procesos patológicos encontrados en la edificación, mediante reparaciones de las grietas y el reforzamiento estructural.

Justificación

El Edificio ABP es una de las edificaciones más emblemáticas del campus universitario de la UIS, sin embargo, ha evidenciado una problemática en su estabilidad estructural, como lo indicó Agredo (2018):

La excesiva deflexión presentada en el entrepiso del segundo nivel del edificio Álvaro Beltrán Pinzón de la Universidad Industrial de Santander, acompañada de excesivas grietas en las oficinas localizadas en sus voladizos, ha llamado la atención de su comportamiento estructural. (p. 1)

Por ello, se realizó un análisis patológico detallado de la estructura para efectuar un diagnóstico de las lesiones que presenta. De igual forma, la oportuna detección de las diferentes lesiones y/o afectaciones en la estructura pueden prevenir un aumento en el deterioro de la edificación y evitar un posible colapso. Asimismo, a partir de esta información, se determinó el estado actual de la edificación y se generó un plan de acción para su posible rehabilitación.

Objetivos

Objetivo General

Realizar el estudio patológico del Edificio ABP, UIS - Bucaramanga.

Objetivos Específicos

Identificar, a través de salidas de campo y ensayos no destructivos, el estado de vulnerabilidad y de lesiones que presenta el paciente.

Realizar un análisis a través del *software* ETABS acompañado de visitas de campo técnicas, para determinar los estados de afectación y las lesiones del paciente.

Analizar los resultados obtenidos de las modelaciones y de las visitas de campo técnicas en la toma del paciente.

Evaluar los resultados de laboratorio presentados y/o realizados en el desarrollo del trabajo.

Alcances y Limitaciones

Descripción de la Selección del Paciente

Diagnóstico: el alcance de este estudio fue el análisis y el diagnóstico de las patologías ocasionadas por esfuerzos mecánicos en la fachada sur del edificio, como las grietas y las fisuras en las oficinas de profesores del segundo piso del Edificio ABP, lo que cubre los aspectos de diseño, construcción y mantenimiento integralmente.

Cumplimiento normativo: se ejecutaron las inspecciones visuales, los análisis estructurales y la revisión de la normativa aplicables a la zona de estudio.

Alternativas y sugerencias: los resultados obtenidos se presentan para encontrar las causas y las posibles soluciones a las lesiones identificadas durante los últimos ocho años.

Limitaciones

En campo: falta de información del seguimiento y el control por parte de la Facultad de Ingeniería Civil a las lesiones encontradas durante los últimos ocho años.

Económicas: los costos de los análisis, los estudios y las pruebas que ocasiona la identificación de las posibles soluciones representan una inversión significativa de recursos.

Pruebas y ensayos: por temas internos de la UIS, no fue posible realizar los ensayos destructivos, por lo que este estudio se enfocó en el análisis de ensayos no destructivos, el análisis estructural y de vulnerabilidad de la edificación.

Metodología

El estudio se desarrolló en tres etapas para determinar el estado patológico inicial del Edificio ABP de la UIS y generar una solución a las patologías encontradas. La primera etapa fue la búsqueda y la selección del paciente, la recopilación de información y la historia clínica, en consideración con los antecedentes, el contexto histórico, la información general y los datos del inmueble.

La segunda etapa fue la visita a campo, donde se realizó la inspección visual del paciente, la verificación del sistema estructural y arquitectónico del inmueble, se clasificaron las patologías observadas y se llevó a cabo un análisis de posibles causas (prediagnóstico).

Asimismo, la última etapa consistió en realizar una serie de ensayos no destructivos, análisis de vulnerabilidad sísmica y un análisis estructural de la edificación, con el propósito de determinar el grado de daño de las patologías y comprobar las hipótesis planteadas. Por otro lado, se ejecutó un análisis de resultados, un diagnóstico, posibles soluciones y recomendaciones para minimizar o solucionar las patologías halladas.

Descripción de la Selección del Paciente

El proyecto es un edificio de dos pisos y un semisótano ubicado en el campus de la UIS en la ciudad de Bucaramanga (Santander), de este modo, su uso es para la caracterización de materiales. El edificio hace parte de la infraestructura de la Escuela de Ingeniería Civil y su selección se realizó en la inspección visual inicial en compañía del Ing. Álvaro Viviescas Jaimes, director de la Maestría de Estructuras de la UIS.

Preparación y Planteamiento del Estudio

Para el inicio del estudio patológico del Edificio ABP en la UIS, se obtuvo la documentación de la construcción del predio y se indagó sobre los antecedentes y las anomalías de la edificación. Para ello, se realizó una inspección preliminar al sitio y una solicitud formal al área de planeación de la UIS para la autorización al predio y la entrega de la documentación que la UIS posee de la edificación.

Inspección Preliminar del Paciente

Con la autorización de la oficina de planeación de la UIS y del director de la Escuela de Ingeniería Civil, el Ing. Wilfredo del Toro, se realizó una visita técnica de inspección ocular, donde se tomó un registro fotográfico de posibles lesiones, se analizó el tipo de daño, la ubicación de los elementos que tienen el daño y se hizo un prediagnóstico visual de las posibles fallas de conformidad con las características de las lesiones. Así, con el apoyo de un vehículo aéreo no tripulado (dron), se hizo un registro fotográfico de las lesiones en fachada a las que no se tenía acceso y un sobrevuelo de la zona para tener una mejor visión del entorno de la edificación.

Recopilación de Información Necesaria para el Estudio

Parte de la información de la edificación fue brindada por la oficina de planeación de la UIS, la que suministró los estudios de suelos, planos arquitectónicos y estructurales de la edificación. Igualmente, otra parte de la información se obtuvo por entrevistas con el personal del laboratorio de la universidad, quienes estaban de planta antes de la construcción de la edificación y proporcionaron datos importantes de la construcción de la edificación.

Permisos y Autorizaciones para Abordar el Estudio del Paciente

Se tuvo autorización del director de la Escuela de Ingeniería Civil y del área de planeación de la UIS, quienes permitieron el acceso a la edificación para realizar la investigación.

Definición del Equipo Humano de Trabajo que Realizó la Exploración.

La inspección visual, la recopilación de información, el análisis, el diagnóstico y la parte documental fueron realizados por los siguientes estudiantes de la Especialización de Patología de la Construcción de la Universidad Santo Tomás:

- Alexander Espitia Pinto, ingeniero civil, especialista en gerencia e interventoría de obras civiles.
- Said Hernández Noriega, ingeniero civil, PMP® y PMI-ACP®
- Fredy Sebastián Toloza Pimiento, ingeniero civil, especialista en estructuras.

Definición de los Medios Instrumentales para Realizar la Exploración

Como resultado de la inspección visual y el análisis de las fallas, se realizaron los siguientes ensayos:

Ensayo de Esclerometría

Este ensayo se ejecutó en las columnas y las vigas colindantes a las grietas para determinar las zonas de resistencias homogéneas o de baja resistencia.

Figura 1. Ejecución del Ensayo de Esclerometría

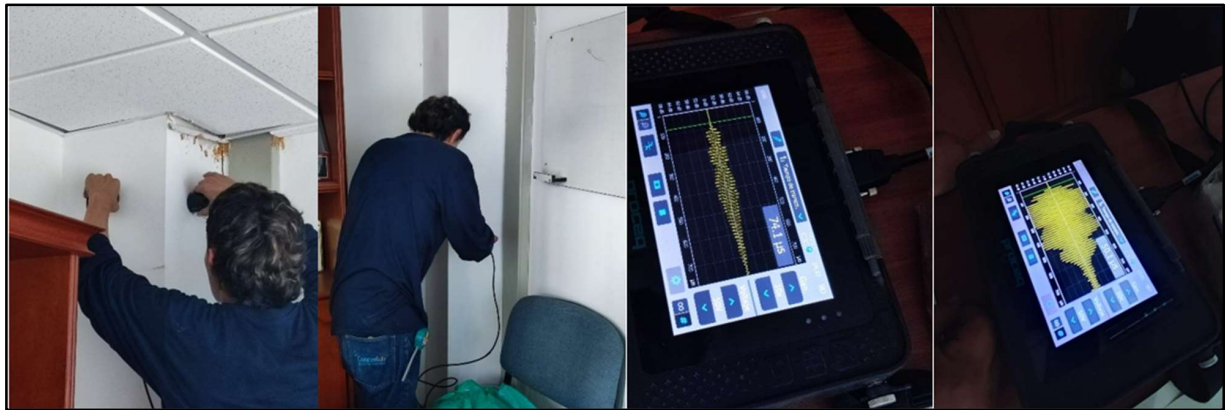


Nota. Elaboración propia.

Ensayo de Ultrasonido

En las columnas colindantes a las vigas que presentan una mayor afectación por presencia de grietas, el ensayo permitió estimar la calidad de la resistencia del concreto.

Figura 2. Desarrollo del ensayo de ultrasonido para el paciente en estudio



Nota. Elaboración propia.

Ensayo de Escáner de Refuerzo

En las columnas y vigas colindantes a los agrietamientos, el ensayo de escáner de refuerzo permitió conocer la ubicación y la verificación del acero estructural.

Figura 3. *Ejecución del ensayo de Escáner de Refuerzo*

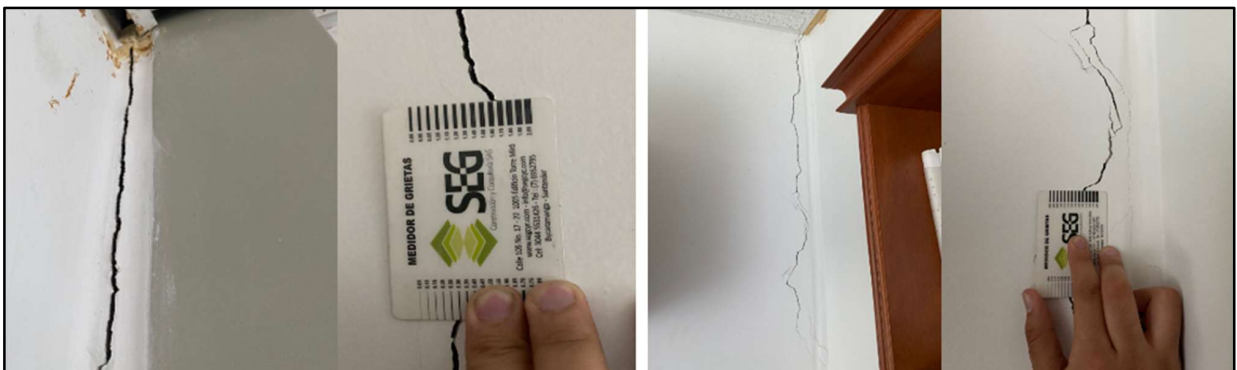


Nota. Elaboración propia.

Espesor de Grietas y/o Fisuras

El ensayo de espesor de grietas y fisuras se realizó para determinar la severidad de las lesiones.

Figura 4. *Ejecución del ensayo de espesor de grietas y/o fisuras*



Nota. Elaboración propia.

Análisis de Vulnerabilidad Sísmica

El análisis de vulnerabilidad sísmica permitió determinar las consecuencias potenciales que una falla pueda tener en la respuesta de la estructura ante un escenario sísmico futuro.

Análisis Estructural de la Edificación

Con el análisis estructural de la edificación, fue posible evaluar la capacidad de la estructura para resistir y soportar cargas gravitacionales y fuerzas sísmicas. A partir del *software* ETABS, se realizó el modelamiento de la edificación para observar el estado de resistencia sísmica en la zona de estudio.

Los ensayos y análisis permitieron validar el estado real de los elementos de concreto reforzado y confrontarlo con los planos, los estudios y los diseños de la edificación, con el propósito de determinar y establecer un diagnóstico real de las patologías presentadas.

Responsables del Estudio

Los responsables de este estudio son los siguientes estudiantes de la Especialización de Patología de la Construcción de la Universidad Santo Tomás:

- Alexander Espitia Pinto, ingeniero civil UIS, especialista en gerencia e interventoría de obras civiles de la Universidad Pontificia Bolivariana.
- Said Hernández Noriega, Ingeniero civil UIS, Project Management Professional (PMP®) y Agile Certified Practitioner (PMI-ACP®).
- Fredy Sebastián Toloza Pimiento, ingeniero civil UIS, especialista en estructuras de la UIS.

Historia Clínica

Fecha de Realización del Estudio

El estudio se realizó entre septiembre del 2023 a julio del 2024, lo que implicó las fases de investigación, la localización del paciente, la definición de la historia clínica, la inspección visual, la determinación de las lesiones, las causas, las fichas resumen, los ensayos no destructivos, el diagnóstico patológico y las propuestas de intervención.

Datos Generales del Paciente

Nombre, Uso y Propietario

Edificación Álvaro Beltrán Pinzón de la UIS, de uso institucional y educativo.

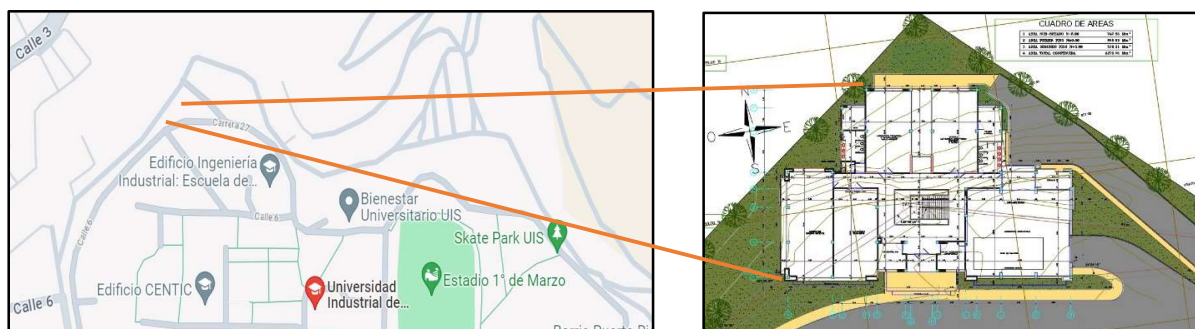
Localización

El proyecto está ubicado en la carrera 27 con calle 9, en el campus de la UIS, en la ciudad de Bucaramanga (Santander - Colombia).

Figura 5. Localización del candidato.



(a) Mapa de la Universidad Industrial de Santander. (b) planta general de la edificación



Nota. Google Earth.

Fecha de Construcción y de Intervenciones

El proyecto inició en el año 2008 y terminó en el 2009, así, la duración de la construcción fue de 18 meses, pero no se encontró documentación de las intervenciones efectuadas.

Uso Previsto, Actual y Futuro del Sector

La edificación hace parte de la Escuela de Ingeniería Civil en el campus de la UIS, de este modo, se construyó con fines institucionales de ensayos de materiales y su proyección de uso a futuro será la misma.

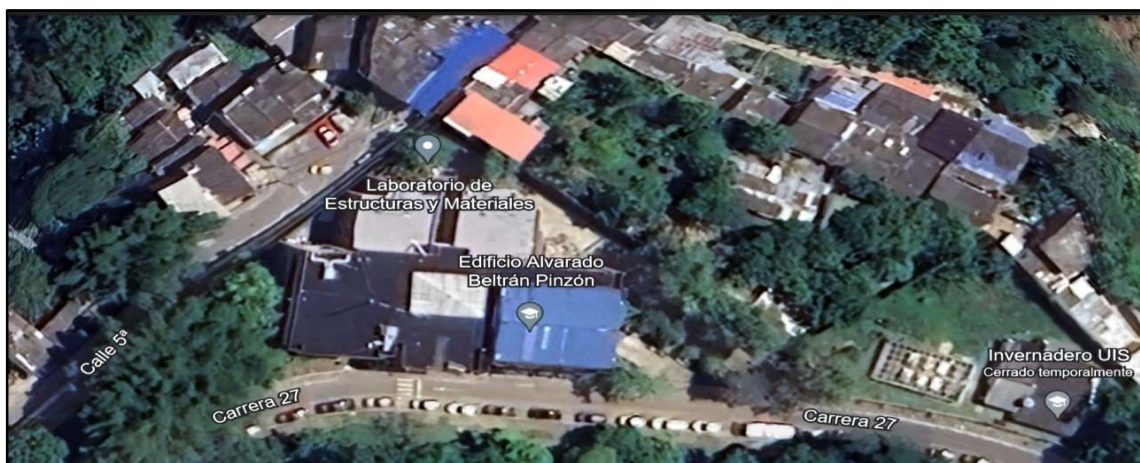
Datos Generales del Entorno

Edificaciones u Obras Vecinas

La edificación está rodeada de vegetación, especialmente de árboles de alto porte de 25 m de altura aproximadamente, los que se encuentran a una distancia superior de 10 m de la fachada principal de la edificación (fachada sur). Igualmente, al norte se ubica el cerramiento de la universidad que delimita con el Barrio Porvenir Norte, al oriente se encuentra el invernadero de la UIS a una distancia aproximada de 35 m y parte de la fachada occidental se conforma por arboles

de alto porte de altura promedio de 2 0m, a una distancia aproximada de 3 m de esta fachada (Figura 6).

Figura 6. *Edificaciones u obras vecinas*



Nota. Google Earth.

Factores Ambientales

El municipio de Bucaramanga tiene un clima tropical con temperaturas que oscilan entre los 14 °C a los 28 °C, donde el promedio de lluvias por año es de 1303 mm, con temporadas que van de marzo a mayo y de septiembre a noviembre, la segunda temporada más fuerte (Tabla 1).

Tabla 1. *Condiciones ambientales*

DESCRIPCION	MEDIDA
CLIMA	Tropical
TEMPERATURA	14 a 28 °C
HUMEDAD	Min 68% - Max 84%
PRECIPITACIONES	1303 mm (Promedio anual)
VIENTO	2 m/s (Nororiente)

Nota. Área Metropolitana de Bucaramanga – Subdirección ambiental.

Escorrentías y Aguas Superficiales

La edificación tiene andenes peatonales de 1 m de ancho, aproximadamente. Por su parte, los accesos a los laboratorios, las oficinas y las vías que llegan hasta el edificio están pavimentadas con pendiente que evitan el empozamiento de agua y permiten el flujo del agua hacia los sumideros cercanos.

Edificación y/o Construcción

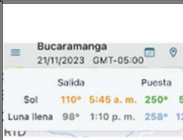
El estado general de la edificación se considera bueno, a excepción del área en el segundo piso, donde se presentan agrietamientos considerables en las oficinas, por ende, se evidencian las malas prácticas en la construcción. A continuación, se exponen algunas fichas de la historia clínica que se realizaron para este proyecto (Anexo 04-fichas Edificio ABP).

Figura 7. Ficha Información (Historia Clínica).

		ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION CAU BUCARAMANGA		FICHA N° 1 de 23 INFORMACION																													
PROYECTO Edificio Caracterización de Materiales Alvaro Beltrán Pinzón (ABP)		CIUDAD Bucaramanga		FECHA 12/11/2023																													
LOCALIZACION Universidad Industrial de Santander (UIS)																																	
LOCALIZACION		INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO																															
		DESCRIPCION DEL PROYECTO: Edificio ubicado en la Universidad Industrial de Santander sede Bucaramanga para la facultad de Ingeniería Civil como centro de Caracterización de materiales de construcción, construido en el año 2009 cuenta con salas de profesores, laboratorios de materiales, bodegas, oficinas de profesores, baños y salón de profesores.																															
																																	
INFORMACION																																	
<table border="1"> <tr> <td>NOMBRE</td> <td>Edificio Alvaro Beltrán Pinzón</td> </tr> <tr> <td>UBICACION</td> <td>Universidad Industrial de Santander</td> </tr> <tr> <td>CIUDAD</td> <td>Bucaramanga</td> </tr> <tr> <td>PAIS</td> <td>Colombia</td> </tr> <tr> <td>AREA EN PLANTA (m2)</td> <td>989.99m2</td> </tr> <tr> <td>NUMERO DE PISOS</td> <td>2 pisos</td> </tr> <tr> <td>ALTURA ENTREPIOS (m)</td> <td>5.0m</td> </tr> <tr> <td>NUMERO DE SOTANOS</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>ALTURA SOTANOS (m)</td> <td>5.0m</td> </tr> <tr> <td>USO ACTUAL</td> <td>Institucional Educativo</td> </tr> <tr> <td>USO ANTERIOR</td> <td>Ninguno</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE CONSTRUCCION</td> <td>2009</td> </tr> <tr> <td>ESTADO ACTUAL</td> <td>En uso</td> </tr> <tr> <td>CLIMA</td> <td>Tropical</td> </tr> </table>						NOMBRE	Edificio Alvaro Beltrán Pinzón	UBICACION	Universidad Industrial de Santander	CIUDAD	Bucaramanga	PAIS	Colombia	AREA EN PLANTA (m2)	989.99m2	NUMERO DE PISOS	2 pisos	ALTURA ENTREPIOS (m)	5.0m	NUMERO DE SOTANOS	1	ALTURA SOTANOS (m)	5.0m	USO ACTUAL	Institucional Educativo	USO ANTERIOR	Ninguno	FECHA DE CONSTRUCCION	2009	ESTADO ACTUAL	En uso	CLIMA	Tropical
NOMBRE	Edificio Alvaro Beltrán Pinzón																																
UBICACION	Universidad Industrial de Santander																																
CIUDAD	Bucaramanga																																
PAIS	Colombia																																
AREA EN PLANTA (m2)	989.99m2																																
NUMERO DE PISOS	2 pisos																																
ALTURA ENTREPIOS (m)	5.0m																																
NUMERO DE SOTANOS	1																																
ALTURA SOTANOS (m)	5.0m																																
USO ACTUAL	Institucional Educativo																																
USO ANTERIOR	Ninguno																																
FECHA DE CONSTRUCCION	2009																																
ESTADO ACTUAL	En uso																																
CLIMA	Tropical																																
INTERVENCIONES Y MANTENIMIENTOS																																	
FECHA REALIZA DESCRIPCION: No tiene intervenciones registradas.			FECHA REALIZA DESCRIPCION																														

Nota. Elaboración propia.

Figura 8. Ficha Ambiental (Historia Clínica).

		ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION CAU BUCARAMANGA		FICHA N° 8 de 23 AMBIENTAL	
PROYECTO Edificio Caracterización de Materiales Alvaro Beltrán Pinzón (ABP)		CIUDAD Bucaramanga		FECHA 12/11/2023	
LOCALIZACION Universidad Industrial de Santander (UIS)					
INCIDENCIA DEL VIENTO		CONTAMINANTES CERCANOS			
 Los vientos predominantes vienen del norte o nor oriente, afectan principalmente la fachada posterior del edificio.				El agente contaminante mas cercano del edificio son los vehículos automotores alrededor del mismo, debido a que presenta parqueaderos cercanos y una vía secundaria de tránsito de vehículo liviano, afecta la fachada principal donde se aprecia la mayor presencia de suciedad por causa del CO₂ de los vehículos	
		ASOLEACION			
					
		El Edificio tiene una ubicación que le permite recibir el sol en todas las fachadas, aunque la presencia de vegetación de alto porte le impide recibir los rayos del sol directamente en la fachada occidental.			
		VEGETACION			
				El edificio presenta arboles de alto porte de 25m de altura aproximadamente, en frente de la fachada principal a una distancia de 10m del paramento de la fachada.	
FACTORES AMBIENTALES					
CLIMA		Tropical			
TEMPERATURA		14 a 28 °C			
HUMEDAD		Min 68% - Max 84%			
PRECIPITACIONES		1303 mm (Promedio anual)			
VIENTO		2 m/s (Nororiental)			

Nota. Elaboración propia.

Suelos y Cimentaciones

Geología General del Paciente

La formación geológica sobre la que se encuentra el lote estudiado corresponde con depósitos aluviales de edad cuaternaria del abanico aluvial de Bucaramanga (Suárez, 1998).

Descripción General del Perfil Estratigráfico

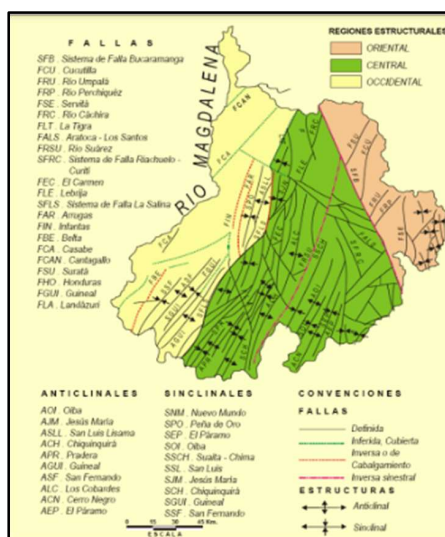
En todo el lote, se evidencia un manto subsuperficial de arenas limosas y arcillosas color gris oscuro a negruzco, con contenidos altos de materia orgánica, en estado relativamente suelto, de aproximadamente 2,5 m de espesor. Al profundizar, se encuentra una formación de arcillas arenosas, color marrón y amarillo, duras y competentes, con algunos cantos grandes de arenisca (Suárez, 1998).

Fallas Geológicas de la Zona de Estudio

La zona de Bucaramanga corresponde con el estilo estructural conocido o relacionado con fallas rumbo-deslizantes que crean una cuenca de tracción “*pull apart basin*” de forma ortorrómbica, producto de un cizallamiento puro usual en regiones de acortamientos de la corteza terrestre, tales como los cinturones de plegamiento. Dentro de la zona de influencia indirecta del estudio, el sistema de fallas de Bucaramanga es un rasgo sobresaliente, lo que divide la zona en dos bloques: el Macizo de Santander al oriente y la zona de mesetas, abanicos y cuencas al occidente. Este sistema de falla posee un patrón de fallamiento paralelo y ramificado enmarcado por su constante actividad.

En un contexto más local, con base en el modelo tectónico tridimensional de Vargas y Niño (1992), el área metropolitana de Bucaramanga está conformada por tres bloques tectónicos principales limitados por dos grandes sistemas de fallas: al occidente por el sistema de fallas del río Suárez (SFRS) y al oriente por el sistema de fallas de Bucaramanga-Santa Marta (SFBS) (Figura 9).

Figura 9. Esquema estructural departamento de Santander



Nota. Tomado de Mapa geológico generalizado departamento de Santander, por J.M.Royero, 2011, <https://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010040002295/documento/pdf/0101022951101000.pdf>

Falla de Bucaramanga-Santa Marta: es una falla de rumbo, con dirección constante NW; en la actualidad, presenta hundimientos del bloque oeste y elevación del bloque este. En algunos lugares, se identificaron movimientos verticales de hasta 20 m de altura y desplazamiento horizontal de 120 km de longitud. Así, es catalogada como una falla activa debido a los rasgos geotectónicos asociados con ella, con una tasa de actividad de 0,1 a 10 mm/año (INGEOMINAS, 1997).

Esta falla presenta cambios en su dirección y una serie de fallas satélites, paralelas o subparalelas que se distribuyen en una franja de 1,0 a 1,5 km de ancho. En este sentido, son fallas sinistralas de alto ángulo, con el levantamiento de los bloques localizados al este, lo que afecta al Macizo de Santander.

Asimismo, la falla cruza por el borde oriental del casco urbano de Floridablanca y Bucaramanga, lo que pone en contacto rocas del complejo ígneo - metamórfico del Macizo de Santander, de edad Precámbrica, con los depósitos cuaternarios sobre los que está situada la ciudad. En la zona de estudio, se halla un lineamiento que el Servicio Geológico Colombiano

[INGEOMINAS] (1997) identificó como una falla de tipo inferida que no ha sido definida por la falta de criterios litológicos y cambios estructurales.

Falla del Río Suárez: se extiende por una longitud de unos 120 km desde Barbosa al sur hasta al norte de Bucaramanga, lo que conecta con la falla de Bucaramanga- Santa Marta. De igual forma, su trazo tiene una dirección N20°E y N25°E, con inclinación al occidente y sigue el curso de los ríos Suárez y río de Oro. En cercanías de la falla, se observa una fuerte fracturación y un alto grado de meteorización de las rocas, por lo que se llega a confundir con depósitos cuaternarios.

A lo largo de su trayecto afecta rocas jurásicas y cretácicas, principalmente de las formaciones Jordán, Girón, Los Santos (Tambor), Rosa Blanca, Paja y cerca de su terminación en la Falla Bucaramanga-Santa Marta, afecta rocas del Paleozoico como son las formaciones Floresta y Diamante. Existen evidencias de campo que indican actividad tectónica reciente para esta falla. (Royer, 2001, p. 51)

Estudio de Suelos Realizado en el Paciente

A continuación, se exponen los parámetros del suelo según el estudio de suelos realizado en el año 1998 por la empresa Ingeniería de Suelos Ltda.

Tabla 2. *Datos de estudio de Suelos*

EMPRESA	Ingeniería del Suelo Ltda.
AÑO	1998
CAPACIDAD SUELO	40 ton/m ²
BALASTO SUELO	7.2 kg/cm ³
PROFUNDIDAD CIMENTACIÓN	2,5m a 4,0m
PESO ESPECIFICO SUELO	1.9 ton/m ³
ANGULO FRICCIÓN	30°
NIVEL FREÁTICO	Sin presencia

Nota. Elaboración propia, adaptado de Estudio de suelos.

Tipo de Suelo

En todo el lote se presenta un manto subsuperficial de arenas limosas y arcillosas, color gris oscuro a negro, con altos contenidos de materia orgánica y relativamente en estado suelto, de 2,5 m de espesor aproximadamente. Por otro lado, se halla una formación de arcillas arenosas de color marrón con amarillo, en estado duro y competente, con algunos cantos grandes de arenisca (Suárez, 1998).

En este orden de ideas, en campo se realizaron cuatro sondeos a distintas profundidades, por medio de un equipo de perforación a percusión con motor a gasolina, de acuerdo con la norma ASTM D 1586; la localización de los sondeos se muestra en la Figura 10:

Figura 10. *Ubicación Sondeos*



(a) *Imagen satelital*

(b) *Imagen de estudio de suelos*

Nota. Google Earth y Estudio de Suelos

Los sondeos tuvieron los siguientes resultados en profundidad de suelo competente:

Tabla 3. Profundidad suelo competente sondeos.

SONDEO	PROFUNDIDAD
1	4.0m
2	3.7m
3	2.7m
4	2.5m

Nota. Elaboración propia, adaptado de Estudio de suelos.

Muestras y Pruebas de Laboratorio

En esta fase, se tomaron muestras semienterradas de suelo con tubo partido, empacadas en bolsas de polietilenos debidamente referenciadas, a las que se les realizaron los siguientes ensayos:

- Granulometría ASTM D421-58 y D42263.
- Contenido de humedad NTC1495 y ASTM D 2216.
- Limite plástico e índice de plasticidad NTC 1493 y ASTM D 4318.
- Limite líquido NTC 1494 y ASTM D 4318.
- Clasificación del suelo NTC 1504 y ASTM D 2487.

A continuación, se exponen los resultados de los ensayos ejecutados en los laboratorios:

Tabla 4. Resumen de ensayos de laboratorios.

Sondeo	Prof. metros	Humedad W %	% Finos	%Límite líquido	%Límite plástico	Índice plástico	Clasificación S.U.C.S.
1	4.00	12.19	50.88				CL
2	2.00	15.28	44.28				SC
3	3.00	21.38	56.18				CL
4	2.00	17.29	50.56				CL
1	4.00			30.64	14.42	16.21	CL
2	2.00			26.52	10.54	15.98	SC

Nota. Elaboración propia, adaptado de Estudio de suelos.

Entre las recomendaciones para el diseño estructural, el ingeniero geotecnista recomendó zapatas individuales o combinadas unidas por vigas de amarre. De requerirse, debajo de las zapatas se podrían colocar pilas de concreto ciclópeo hasta bajar al nivel de suelo competente.

Tipo de Cimentación Realizada

La cimentación son zapatas aisladas de altura 0,50 m y dimensiones variables de conformidad con su ubicación (ver cuadro de zapatas en fichas técnicas de los planos estructurales), con vigas de amarre de dimensión 40 cm x 40 cm. Cabe añadir que el proyecto se ubica en dos niveles distintos de desplante.

Descripción de Perfil Estratigráfico

En todo el lote se evidencia un manto subsuperficial de arenas limosas y arcillosas, color gris oscuro a negruzco, con contenidos altos de materia orgánica, en estado relativamente suelto, de aproximadamente 2,5 m de espesor. Por otro lado, se ubica una formación de arcillas arenosas, color marrón y amarillo, duras y competentes, con algunos cantos grandes de arenisca (Suárez, 1998).

Arquitectura

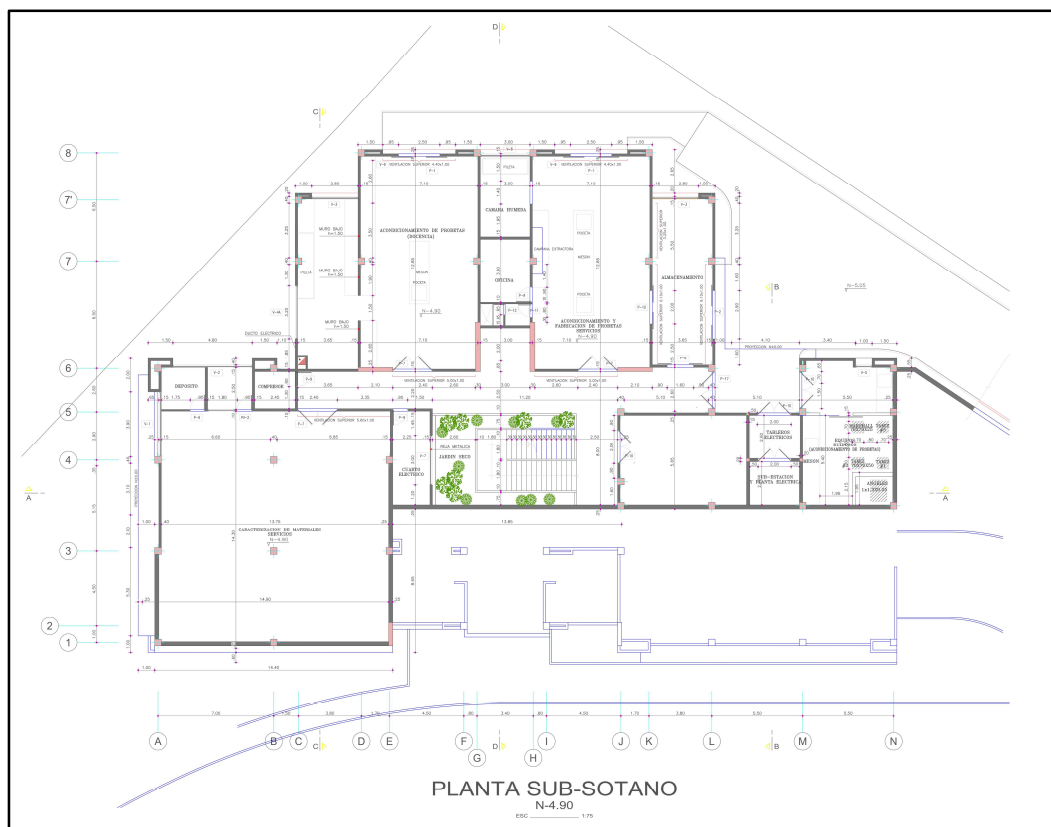
Arquitectura General

El Edificio ABP es una edificación institucional construida en el 2009 para la caracterización de materiales de construcción, esta pertenece a la Escuela de Ingeniería Civil de la UIS. Este edificio cuenta con una arquitectura moderna y está constituido por dos pisos y un subsotano con altura de entrepisos de 5 m.

Subsotano Nivel -5,0 m

Esta zona tiene un área de 747,56 m² y se conforma por las siguientes áreas: depósito, compresor, laboratorio de caracterización de materiales, cuarto eléctrico, jardín seco, subestación eléctrica, tablero eléctrico, equipos ruidosos, acondicionamiento y fabricación de probetas para los docentes y para servicios externos, cámara húmeda, almacenamiento y una oficina (Figura 11).

Figura 11. *Planta Arquitectónica Subsotano.*



Nota. Planos arquitectónicos.

Piso 1 Nivel 0,0 m

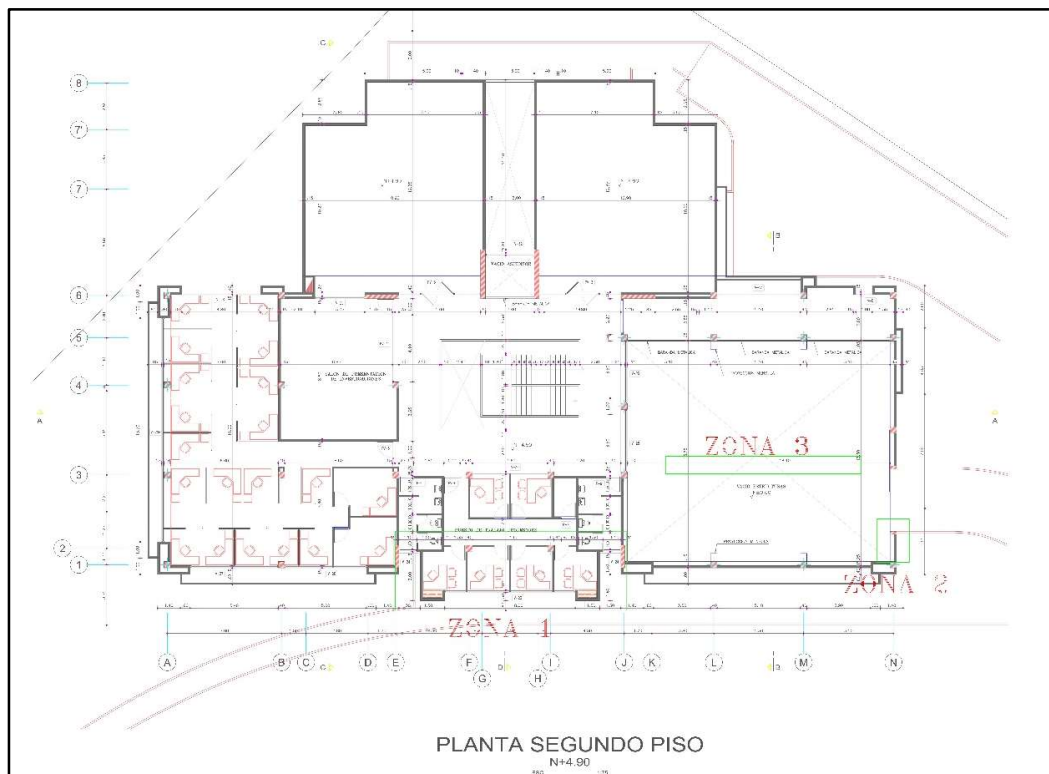
Esta zona tiene un área de 989,99 m² y se conforma por las siguientes áreas: oficina de administración, oficina de laboratorio de materiales, depósito de materiales, baño de hombres y mujeres, laboratorio ensayos (docencia), laboratorio de prototipos, laboratorio de estructuras, laboratorio de topografía y fotogrametría, laboratorio de estructuras (modelos y sísmica), laboratorio de acústica, cuarto de aseo y foso de ascensor (Figura 12).

Figura 12. *Planta arquitectónica piso 1*

Piso 2 Nivel +5,0 m

Esta zona tiene un área de 536,21 m² y se compone por las siguientes áreas: foso ascensor, salón de presentación de investigaciones, 20 puestos de trabajo de profesores y alumnos, seis oficinas de profesores y baños para hombres y mujeres (Figura 13).

Figura 13. *Planta arquitectónica piso 2.*



Nota. Planos arquitectónicos.

Fachadas

La fachada del edificio es en ladrillo prensado a la vista (Figura 14).

Figura 14. Foto de fachada principal



Nota. Elaboración propia.

Figura 15. Fachada principal y posterior.

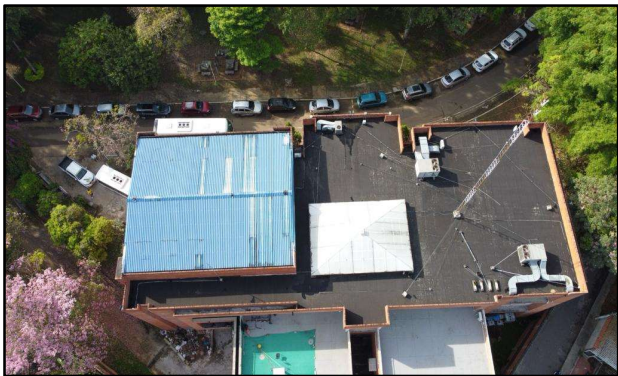


Nota. Planos arquitectónicos.

Cubiertas

La estructura de cubierta es una losa aligerada de concreto reforzado, con una cubierta a dos aguas de teja duracustic y un domo en policarbonato.

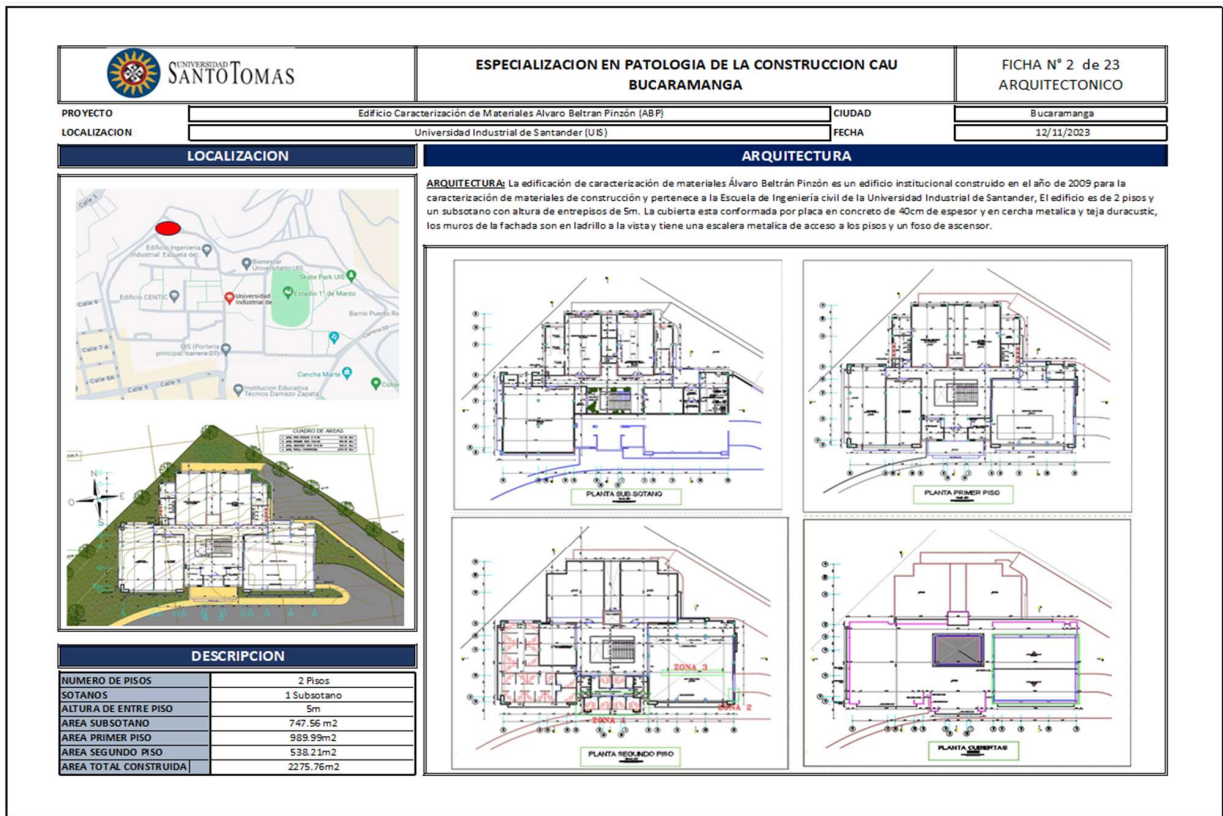
Figura 16. Fotografía de Cubierta



Nota. Elaboración propia.

A continuación, se expone la ficha de arquitectura que se realizó para este proyecto (Anexo 04-fichas Edificio ABP).

Figura 17. Ficha Arquitectura.



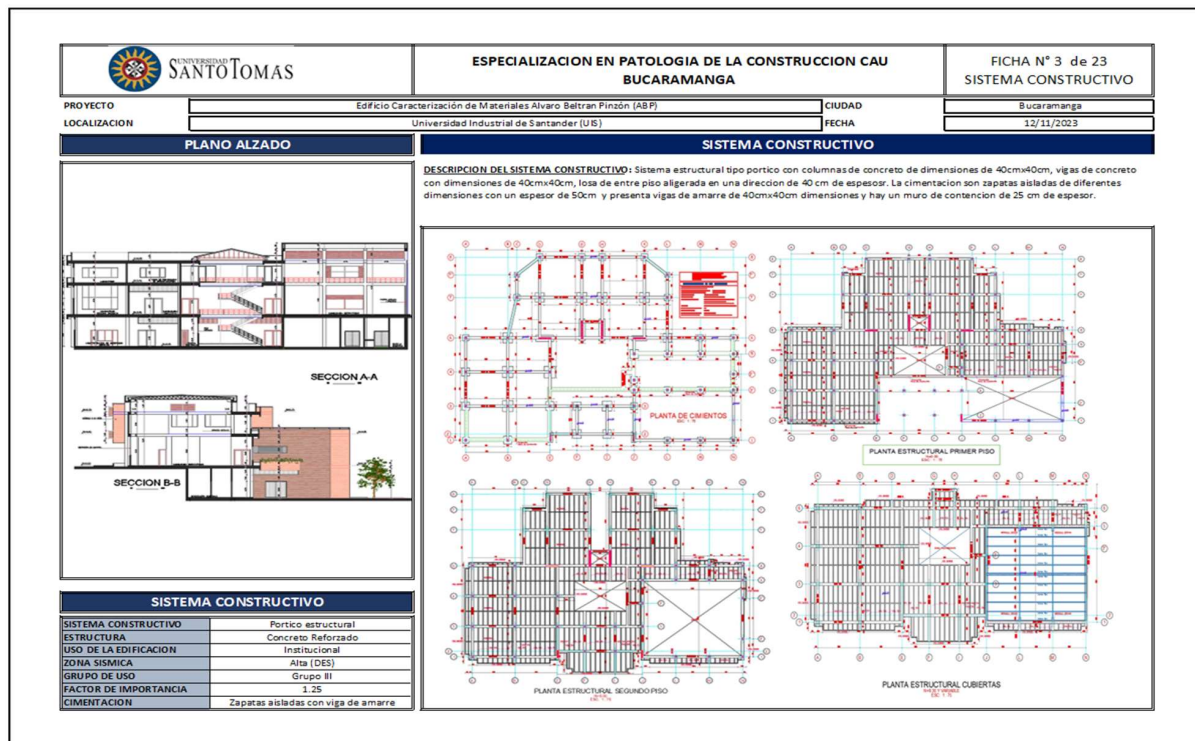
Nota. Elaboración propia.

Estructura

Clasificación

En el capítulo A.3.2 de la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), se sugieren cuatro tipos generales de sistemas estructurales de resistencia sísmica según los elementos verticales de resistencia sísmica y el grado de disipación de energía. Para el caso en estudio, es un sistema estructural combinado, donde las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos, con columnas de concreto de 40 cm x 40 cm, vigas de concreto de 40 cm x 40 cm, losa de entre piso aligerada en una dirección de 40 cm de espesor esencialmente completo, combinado con muros estructurales de 25 cm de espesor, lo que no cumple los requisitos de un sistema dual (Asociación de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010).

Figura 18. Ficha sistema estructural



Nota. Elaboración propia.

Por otra parte, para el estado del sistema estructural, de acuerdo con el capítulo A.10.2.2, la calidad del diseño, de la construcción y la calidad actual del estado de la estructura se debe clasificar en buena, regular o mala. Por ello, se dispuso de los resultados obtenidos en las patologías de campo y del análisis estructural.

Edificación y/o Construcción

Con los planos arquitectónicos y estructurales proporcionados por el área de planeación de la UIS, se obtuvo la siguiente información:

Tipo de Cimentación

La cimentación se compone por zapatas aisladas de altura 0,50 m y dimensiones variables según su ubicación (ver cuadro de zapatas en fichas técnicas de los planos estructurales), con vigas de amarre de 40 cm x 40 cm; cabe añadir que el proyecto se ubica en dos niveles distintos de desplante.

Altura de la Edificación

La altura del Edificio ABP es de 10 m y el subsotano es de 5 m.

Área (Número de Pisos)

El proyecto tiene un área construida total de 2275,76 m² dividida de la siguiente forma:

Tabla 5. *Cuadro de áreas*

1. AREA SUB-SOTANO N-5.00	747.56 Mts. ²
2. AREA PRIMER PISO N±0.00	989.99 Mts. ²
3. AREA SEGUNDO PISO N+5.00	538.21 Mts. ²
4. AREA TOTAL CONSTRUIDA	2275.76 Mts. ²

Nota. Tomada de planos arquitectónicos.

Información Existente

Actualmente, se cuenta con la siguiente información brindada por el área de planeación de la UIS:

- Planos arquitectónicos del proyecto.
- Planos estructurales del proyecto.
- Estudio de suelos.

Fidelidad de los Planos

En la visita realizada al área de intervención, no se evidenciaron cambios en la distribución arquitectónica de espacios y dimensionamiento de elementos estructurales. En tal marco, la cuantía de aceros y la calidad del concreto se constataron con los ensayos no destructivos con escáner de refuerzo y ultrasonido para el concreto.

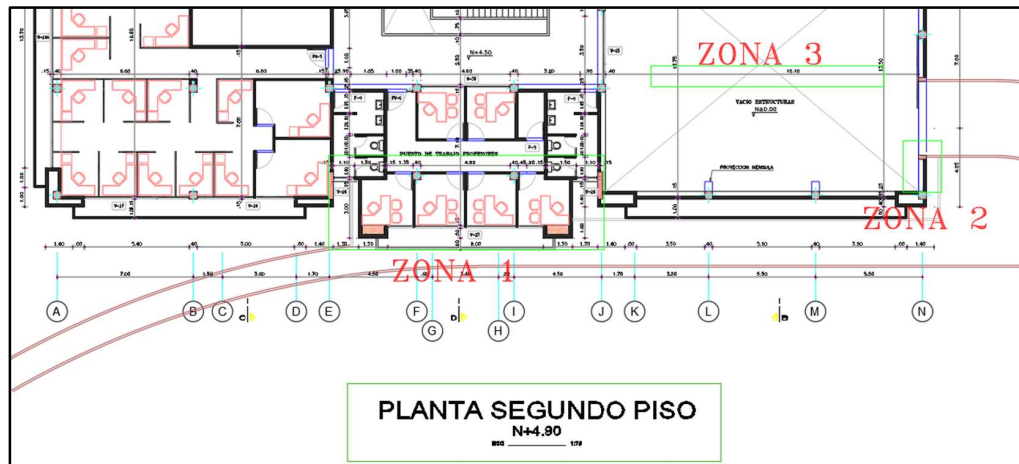
Aplicación Patológica

La construcción del Edificio ABP de la UIS se dio en el año 2009. Así, con base en la información suministrada por el personal de planta de esta edificación, se identificó que las lesiones más relevantes (grietas piso dos) y el asentamiento en el laboratorio de estructuras se presentaron después del sismo en el departamento de Santander el 10 de marzo de 2015, con una magnitud de 6,6 grados; por ende, la aplicación patológica se considera de origen pediátrico.

Datos de las Lesiones

Este estudio analizó y diagnosticó las principales lesiones mecánicas en el proyecto, como los agrietamientos en la zona uno de esta edificación (Figura 19).

Figura 19. Zonas de estudio



Nota. Planta General

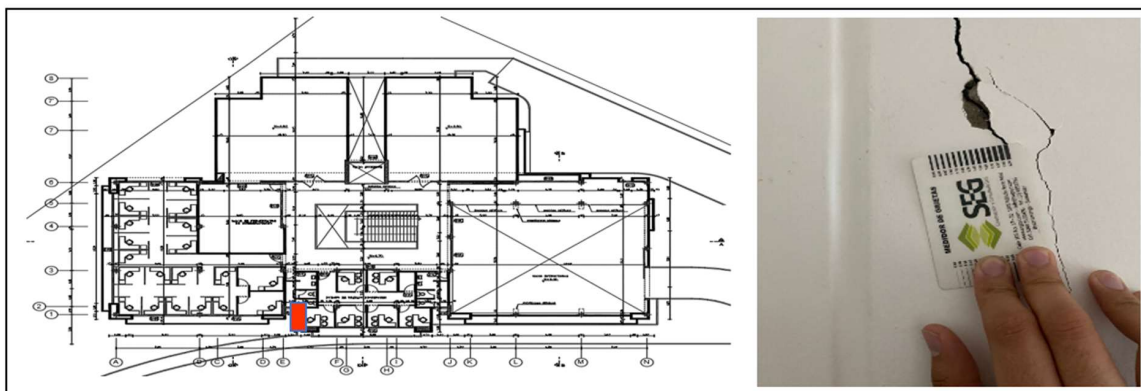
Lesiones Mecánicas

A continuación, se exponen las lesiones mecánicas halladas en el paciente:

Lesión 15- Agrietamiento

En la Figura 20, se observa el agrietamiento de 2,0 mm en elemento no estructural, lo que se ubica en la zona de voladizo en la fachada principal.

Figura 20. Identificación de lesión en voladizo zona 1 punto 1



Nota. Elaboración propia.

Identificación de las Lesiones:

- **Primaria:** lesión mecánica de grietas.
- **Secundaria:** lesión mecánica por sobreesfuerzo en la estructura.

Hipótesis de Causas:

- **Directa:** la viga no soporta las cargas actuantes, por ende, se defleca y se agrieta de manera vertical, así, la fisura inicia en la parte inferior y termina en grieta en la parte superior
- **Indirectas:** resistencia inadecuada de la viga en el sector del voladizo.

Grado de Afectación:

- **Grado:** moderado.

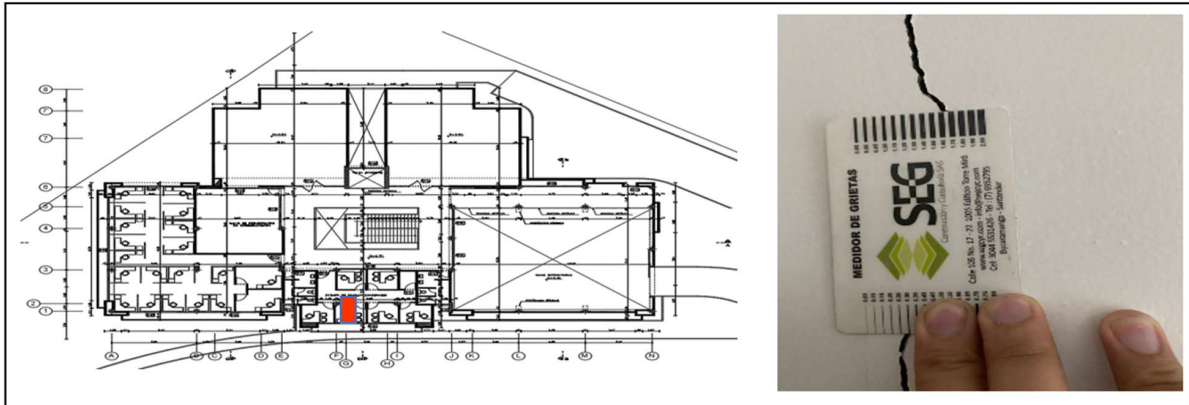
Prevención / Intervención:

- **Prevención:** evacuación del edificio en la zona de falla para disminuir la carga aplicada.
- **Intervención:** reforzamiento de las vigas y la zona de placa que soportan el voladizo.

Lesión 16- Agrietamiento

En la Figura 21, se expone el agrietamiento de 1,50 mm entre junta de columna y elemento no estructural, lo que se ubica en la zona de voladizo en la fachada principal.

Figura 21. Identificación de lesión en voladizo zona 1 punto 2



Nota. Elaboración propia.

Identificación de las Lesiones:

Primaria: lesión mecánica de grietas

Secundaria: lesión mecánica por sobreesfuerzo en la estructura

Hipótesis de Causas:

Directa: la viga no soporta las cargas actuantes, por lo que se deflecta y se agrieta de manera vertical. Así, la fisura inicia en la parte inferior y termina en grieta en la parte superior.

Indirectas: resistencia inadecuada de la viga en el sector del voladizo.

Grado de afectación:

Grado: moderado.

Prevención / Intervención:

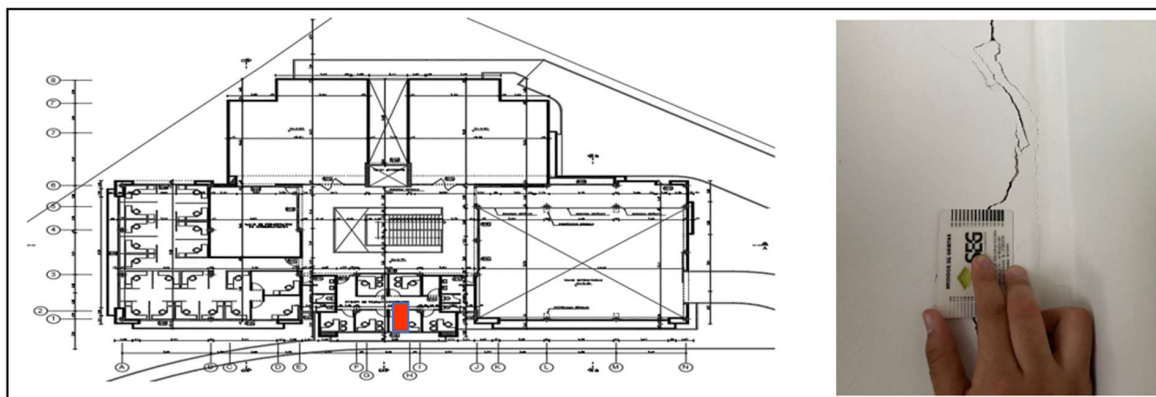
Prevención: evacuación del edificio en la zona de falla para disminuir la carga aplicada.

Intervención: reforzamiento de las vigas y la zona de placa que soportan el voladizo.

Lesión 17 - Agrietamiento

En la Figura 22, se presenta el agrietamiento de 1,50 mm entre junta de columna y elemento no estructural, lo que se ubica en la zona de voladizo en la fachada principal.

Figura 22. *Identificación de lesión en voladizo zona 1 punto 3*



Nota. Elaboración propia

Identificación de las Lesiones:

- **Primaria:** lesión mecánica de grietas.

Secundaria: lesión mecánica por sobreesfuerzo en la estructura.

Hipótesis de Causas:

- **Directa:** la viga no soporta las cargas actuantes, por ello, se defleca y se agrieta de manera vertical. De este modo, la fisura inicia en la parte inferior y termina en grieta en la parte superior.
- **Indirectas:** resistencia inadecuada de la viga en el sector del voladizo.

Grado de Afectación:

- **Grado:** moderado.

Prevención / Intervención:

- **Prevención:** evacuación del edificio en la zona de falla, con el propósito de

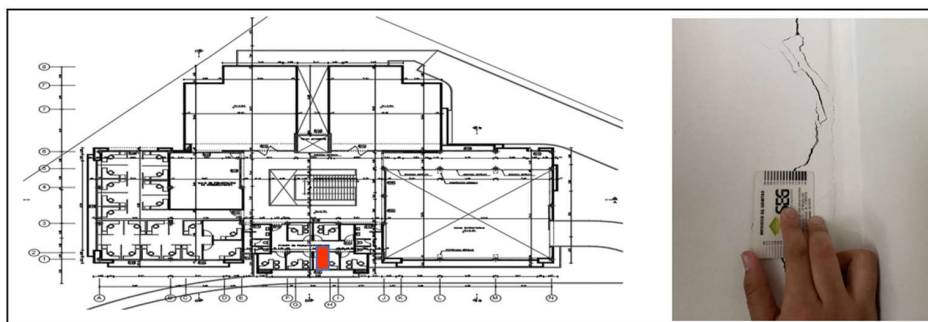
disminuir la carga aplicada.

- **Intervención:** reforzamiento de las vigas y la zona de placa que soportan el voladizo.

Lesión 17 - Agrietamiento

En la Figura 23, se evidencia el agrietamiento de 1,50 mm entre junta de columna y elemento no estructural, lo que se ubica en la zona de voladizo en la fachada principal.

Figura 23. *Identificación de lesión en voladizo zona 1 punto 3*



Nota. Elaboración propia.

Identificación de las Lesiones:

- **Primaria:** lesión mecánica de grietas.
- **Secundaria:** lesión mecánica por sobreesfuerzo en la estructura.

Hipótesis de Causas:

- **Directa:** la viga no soporta las cargas actuantes, por lo que se deflecta y se agrieta de manera vertical. Así, la fisura inicia en la parte inferior y termina en grieta en la parte superior.
- **Indirectas:** resistencia inadecuada de la viga en el sector del voladizo.

Grado de Afectación:

- **Grado:** moderado.

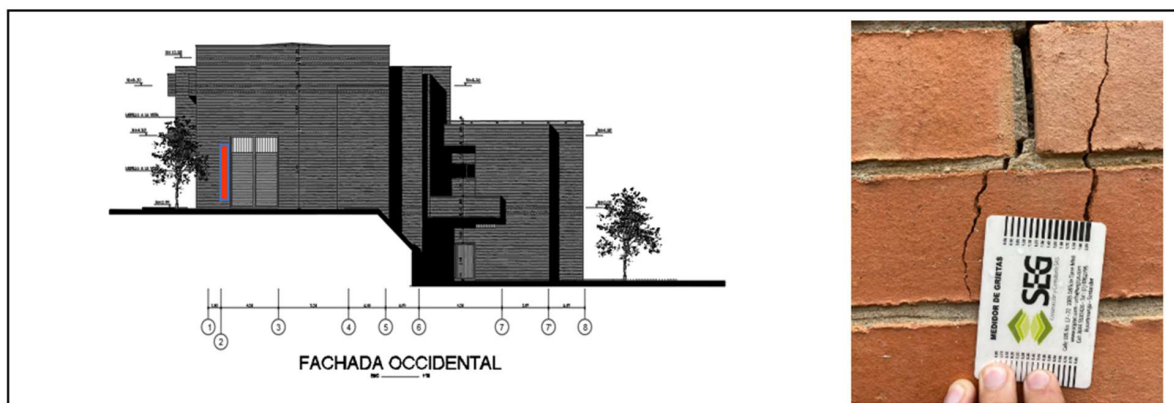
Prevención / Intervención:

- **Prevención:** evacuación del edificio en la zona de falla para disminuir la carga aplicada.
- **Intervención:** reforzamiento de las vigas y la zona de placa que soportan el voladizo.

Lesión 13 - Agrietamiento

En la Figura 24, se observa la formación de grietas entre 1 y 2 mm en la zona de transición de la columna al muro de mampostería.

Figura 24. *Identificación de lesión en fachada lateral zona laboratorios*



Nota. Elaboración propia.

Identificación de las Lesiones:

- **Primaria:** lesión mecánica de asentamiento.
- **Secundaria:** lesión mecánica por sobreesfuerzo en la estructura.

Hipótesis de Causas:

- **Directa:** sobreesfuerzo en la mampostería.

- **Indirectas:** mala práctica constructiva.

Grado de Afectación:

- **Grado:** es grado de afectación es leve, puesto que la mampostería fue construida en la cara exterior del sistema estructural, es decir, reviste el edificio. En este caso, la mampostería debe tener refuerzo a flexión y cortante, sin embargo, por el tipo de fisura, se aprecia que carece de refuerzo.

Prevención / Intervención:

- **Prevención:** sellado de grieta con productos epóxicos para prevenir filtraciones de agua mientras se efectúan las reparaciones y el control de prolongación de grieta.
- **Intervención:** demolición de la zona del muro agrietado, reconstrucción y colocación de acero de refuerzo a flexión y cortante.

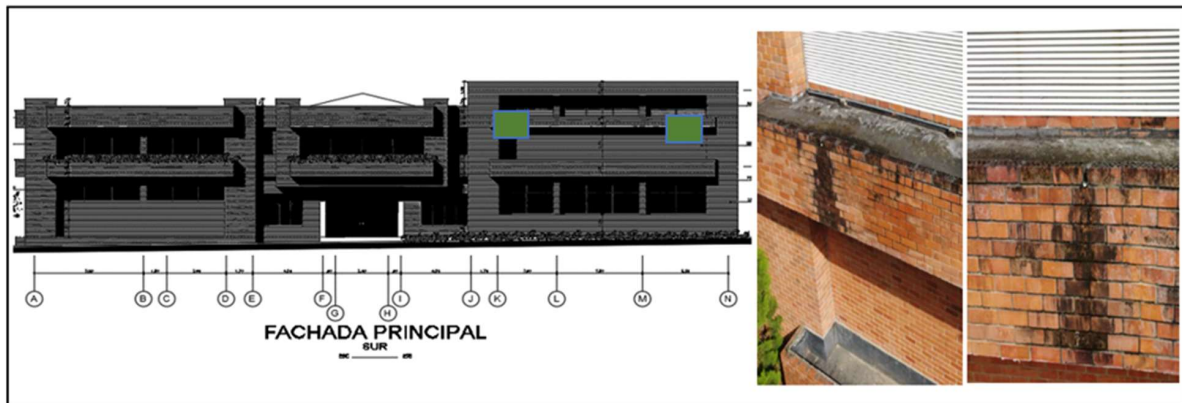
Lesiones Físicas

A continuación, se describen las lesiones físicas halladas en el paciente.

Lesiones 1,2,10 y 11- Humedad

En la Figura 25, se observa la humedad por ensuciamiento de la mampostería en zonas donde se deposita el agua lluvia en la parte superior, así, esta escurre y ensucia la fachada.

Figura 25. *Identificación de lesión física en fachada frontal*



Nota. Elaboración propia.

Identificación de las Lesiones:

- **Primaria:** humedad por lluvia.
- **Secundaria:** ensuciamiento por depósito y escurrimiento de agua lluvia.

Hipótesis de Causas:

- **Directa:** el agua lluvia cae directamente sobre la placa en la fachada, lo que ocasiona ensuciamiento de la mampostería.
- **Indirectas:** falta de mantenimiento.

Grado de Afectación:

- **Grado:** el grado de afectación es leve, puesto que el agua lluvia cae directamente sobre la placa en la fachada, lo que genera ensuciamiento de la mampostería debido al depósito en la parte superior; el agua se escurre y ensucia la fachada.

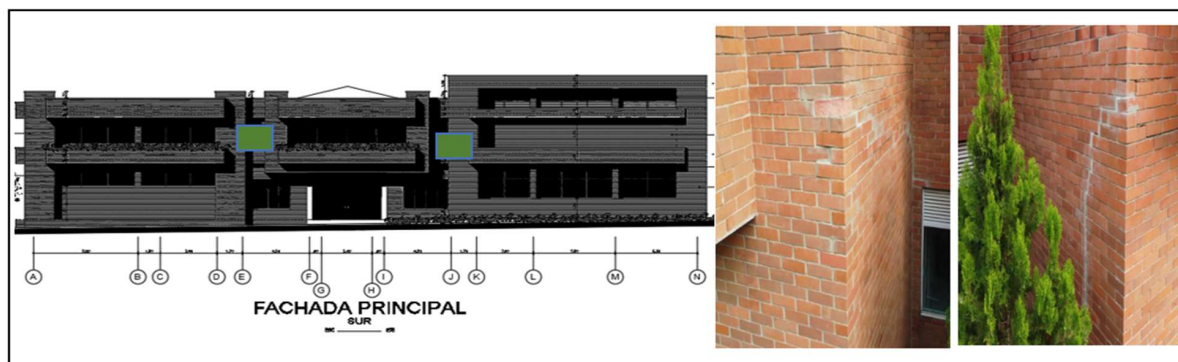
Prevención / Intervención:

- **Prevención:** limpieza de la mampostería con hidrofugado.
- **Intervención:** aplicar producto impermeabilizador y protector repelente al agua en fachadas.

Lesiones 4 y 6- Eflorescencia

En la Figura 26, se expone la presencia de eflorescencia de textura arenosa que se localiza en zonas perjudicadas por humedades de filtración.

Figura 26. *Identificación de lesión física en fachada frontal*



Identificación de las Lesiones:

- **Primaria:** humedad de la mampostería por filtración.
- **Secundaria:** reacción de las sales del material

Hipótesis de Causas:

- **Directa:** el agua lluvia cae directamente sobre la fachada, se filtra y ocasiona la reacción de las sales del material.
- **Indirectas:** falta de mantenimiento.

Grado de Afectación:

- **Grado:** el grado de afectación es leve, lo que se debe a las eflorescencias que se dan por la reacción entre el óxido cálcico en hormigones y morteros frescos con el anhídrido carbónico del aire.

Prevención / Intervención:

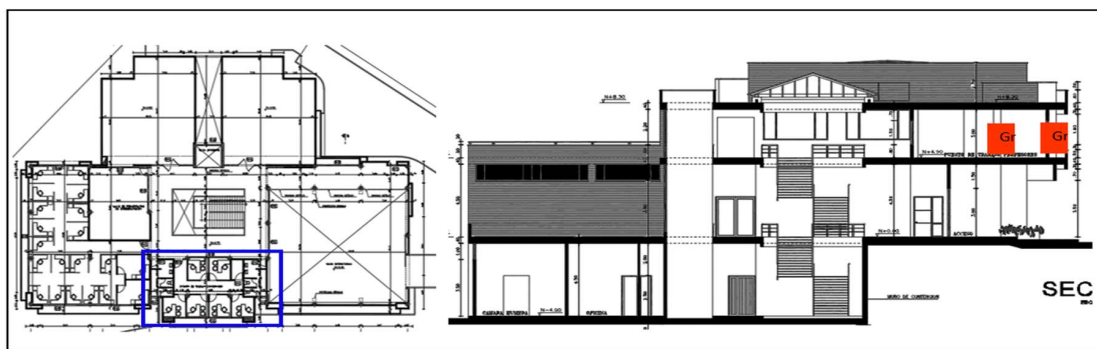
- **Prevención:** aplicación de pinturas impermeables.

- **Intervención:** las pinturas impermeables, antihumedad o con capacidad anti-moho son una buena opción para proteger las fachadas en ladrillo a la vista.

Descripción del Proceso Patológico más Relevante en el Paciente

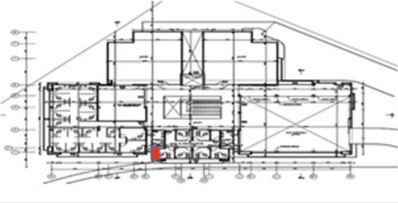
El proceso patológico más relevante es la presencia de grietas en los elementos estructurales y no estructurales de la zona de oficinas en el segundo piso (Figura 27).

Figura 27. *Proceso patológico de mayor afectación*



En esta zona, existen grietas desde los 1,5 mm y 2,0 mm, donde el elemento de viga no soporta las cargas actuantes, se deflecta y se agrieta de manera vertical, así, la fisura inicia en la parte inferior y termina en grieta en la parte superior. Por esta razón, el estudio patológico se enfocó en las causas y las posibles intervenciones de las lesiones mecánicas identificadas en la estructura. A continuación, se expone una ficha de la identificación de lesiones que se realizaron para este proyecto (Anexo 04-fichas Edificio ABP).

Figura 28. Ficha Identificación de Lesiones.

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS		ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION CAU BUCARAMANGA		FICHA N° 12 de 23 LESIONES	
PROYECTO		Edificio Caracterización de Materiales Alvaro Beltrán Pinzón (ABP)		CIUDAD	
LOCALIZACION		Universidad Industrial de Santander (UIS)		FECHA	
12/11/2023					
LESIONES DIRECTAS		LOCALIZACION		LESIONES INDIRECTAS	
LESIONES FISICAS HUMEDAD P S De Oña Capilar De Filtración De Condensación Accidental SUCIEDAD P S Por depósito Lavado Diferencial EROSION P S Atmosférica		LESIONES MECANICAS DEFORMACION P S Flexión Pandeo Asentamiento y/o hundimiento GRIETAS P S Por Carga Dilatación y/o Contracción FISURA P S Por Soporte Por Acabado DESPRENDIMIENTO P S Acabado Continuo Acabado por Elementos EROSION (DESG) P S Esfuerzos Mecánicos			
LESIONES QUIMICAS EFLORESCENCIA P S Sales del Material Sales Externas al Material CARBONATACION P S Carbonatación ALCALIAGREGADO P S Reacción Alcaliagregado OXIDACION P S Oxidación CORROSION P S Por Inmersión Por aireación diferencial Por Par Galvánico Intergranular EROSION P S Química		LESIONES BIOLÓGICAS FLUIDOS Y MATERIALES P S Material Descompuesto Fluidos ORGANISMOS ANIMALES P S Insectos Aves Roedores ORGANISMOS VEGETALES P S Hongos Líquenes Musgos Moho		DISEÑO Material Inadecuado Mal Sistema constructivo Resistencia Inadecuada Falta Diseño de Juntas Especificaciones Técnicas Incompletas Otras EJECUCION Cuantía Insuficiente Defectuosa colocación del acero Mal Vibrado / Curado Recubrimiento Insuficiente Mala Compactación Desencafrado Preciso Mal ejecución proceso constructivo Otras MATERIALES Defecto de fábrica Mala calidad/Dosificación Otras MANTENIMIENTO Cambio de Uso Ausencia de limpieza Falta de mantenimiento Falla en Tuberías Otras	
DESCRIPCION DE LESION		CAUSA		PREVENCION / INTERVENCION	
Agrietamiento de 2.0mm en elemento no estructural, ubicada en zona de voladizo en fachada principal		DIRECTA Sobreesfuerzo en la viga principal INDIRECTA Resistencia inadecuada de la viga en el sector del voladizo		PREVENCION Evacuación del edificio en la zona de falla, esto disminuye la carga aplicada sobre el elemento INTERVENCION Reforzamiento de las vigas y la zona de placa que soportan el voladizo	
GRADO DE LESION		URGENCIA DE INTERVENCION			
Leve Moderada Severa		Leve Media Alta			

Nota. Elaboración propia.

Marco Referencial

Marco Teórico

La patología es el estudio de las enfermedades como procesos anormales de causas

conocidas o desconocidas. En este sentido, para probar la existencia de una afección, se examina una lesión en cada uno de sus niveles.

Este concepto general puede ser aplicado a las estructuras, por lo que se encuentra una definición acertada de patología estructural conceptualizada como el estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas, con el fin de detectar sus posibles causas y proponer acciones correctivas (Guzmán, 2006).

Cada patología muestra rasgos únicos y posibles causas complejas de predecir con certeza (Cortés y Perilla, 2017); generalmente, las patologías pueden surgir por tres motivos:

- Por defectos: propias del diseño, configuración estructural, factores congénitos por mala construcción, materiales deficientes, etc.
- Por daños: adquiridas por fuerzas y/o agentes externos como fenómenos naturales, sobrecarga, etc.
- Por deterioro: se deben al cumplimiento de su vida útil (Cortés y Perilla, 2017).

Los daños no se refieren solo a acciones de tipo mecánico, sino también de tipo físico, químico, biológico, e incluso, combinaciones de estos (Cortés y Perilla, 2017). Los síntomas comunes en estructuras son: grietas, fisuras y/o fracturas, aplastamientos, zonas punzonadas, eflorescencias, cambios de coloración, segregación, hinchazones, deformaciones, oquedades y deflexiones. Cuando el concreto está endurecido, las patologías básicas más usuales son las grietas, estas se clasifican de la siguiente manera (Cortés y Perilla, 2017):

- Físicas: por contracción de agregados o contracción por secado.
- Químicas: corrosión del refuerzo, reacción álcali-agregado o carbonatación.
- Térmicas: causadas por el congelamiento o deshielo, la temperatura ambiente o de

reacción.

- Estructurales: sobrecargas, flujo plástico, cargas de diseño o asentamiento diferencial.

Por otro lado, cuando el concreto está en estado plástico, las grietas se pueden clasificar del siguiente modo:

- Plásticas: se deben a la congelación temprana, contracción plástica o asentamiento plástico.
- Construcción: movimiento de formaletas o del terreno.

En cuanto a su comportamiento, se clasifican de la siguiente forma:

- Vivas: cuando continúan en movimiento, se expanden, se abren o se cierran.
- Muertas: cuando han dejado de crecer y no se mueven, por lo que pueden denominarse “estabilizadas”.

Respecto con su espesor o tamaño de abertura, se clasifican como se expone a continuación:

- Microfisuras: tienen espesores menores a 0,05 mm y carecen de importancia estructural.
- Fisuras: tienen espesores entre 0,05 mm y 0,20 mm y pueden llegar a ser perjudiciales para la edificación.
- Macrofisuras: poseen espesores mayores a 0,20 mm y pueden ser peligrosas para la integridad de las estructuras.

Marco Legal

Para la ejecución del presente proyecto, se consideraron las siguientes normas:

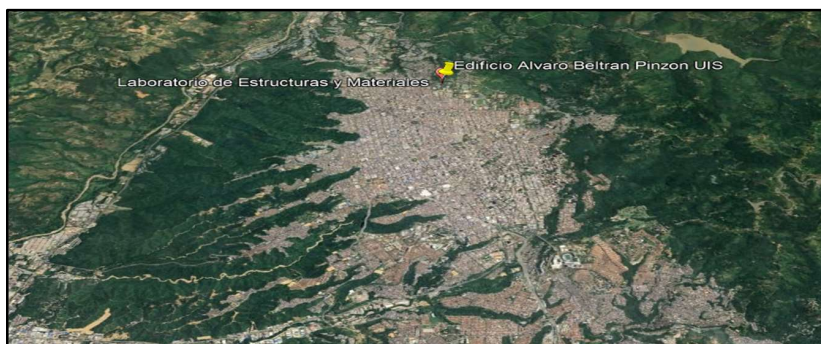
- ACI 224R-01 *Control of Cracking in Concrete Structures*.

- ASTM C881 *Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete*.
- NSR 10: Código Colombiano de Construcción Sismo Resistente 2010.
- NTC 3692: Concretos. Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido.
- NTC 4325: Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para la determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto.

Marco Geográfico

El Edificio ABP de la UIS se ubica en la ciudad de Bucaramanga, en el departamento de Santander. La ciudad se encuentra en una terraza inclinada de la cordillera oriental, con las siguientes coordenadas: latitud: 7° 8'34.84"N, longitud: 73° 7'18.32"W y altitud de 1018 m.s.n.m.

Figura 29. Localización geográfica del sitio de estudio.



Nota. Google Earth

La construcción del Edificio ABP se dio por la necesidad de la Facultad de Ingeniería Civil de la UIS de dar respuesta a las exigencias de aprendizaje de sus estudiantes en las áreas de geotecnia, estructuras y nuevos materiales, en cursos de pregrado, postgrado y doctorado. El edificio cuenta con laboratorios de suelos y estructuras necesarios para llevar los ensayos y pruebas

requeridas para los estudiantes de la institución en sus procesos de investigación.

Asimismo, el campus universitario de la UIS se encuentra en una zona privilegiada sobre la carrera 27, una de las principales vías de la ciudad de Bucaramanga, lo que contribuye a su accesibilidad.

Componente Experimental

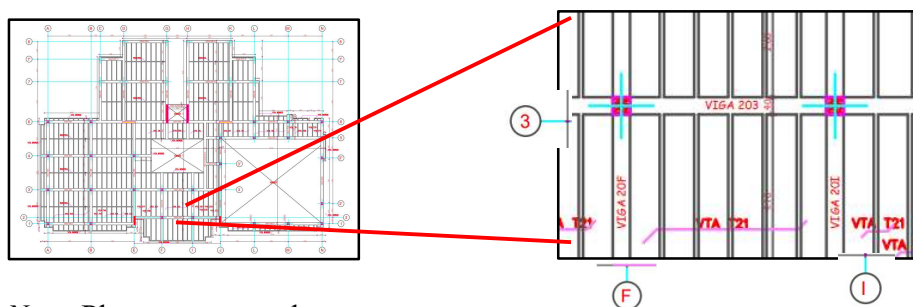
Ensayos Destructivos y no Destructivos

A partir de la identificación de las lesiones mecánicas que afectan la integridad de la estructura, se plantearon algunos ensayos a realizar en el paciente, con el objetivo de contrastar la información de planos, en vista de la imposibilidad de efectuar ensayos destructivos en la zona de estudio se realizaron los siguientes ensayos no destructivos:

Ensayo de Ultrasonido

Con la aplicación de este ensayo, se determinó la calidad del concreto de las columnas colindantes con las vigas que presentan una mayor afectación por presencia de grietas. Por ello, se realizó el estudio de las columnas de los ejes F-3 e I-3 en el nivel tres.

Figura 30. Localización del Ensayo de Ultrasonido



Nota. Planos estructurales

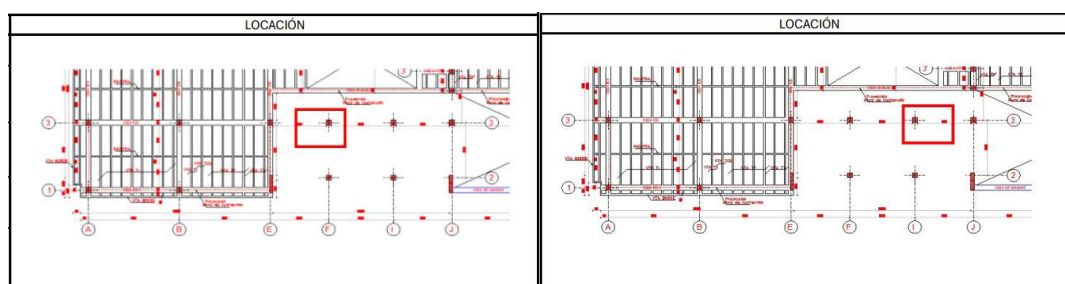
Ensayo de Escáner de Refuerzo

A partir del ensayo de detección de aceros, fue posible identificar la ubicación y realizar la verificación de la existencia de acero, lo cual permitió detectar el diámetro y la profundidad en la que se encuentra.

Ensayo de Esclerometría

Mediante la implementación de este ensayo se buscó obtener una estimación de la resistencia del concreto, el cual permitió calcular automáticamente la media, mediana, el valor del rebote (R). A continuación, se muestra la localización de la ubicación de la zona de aplicación de la estructura. La cual corresponde a las columnas F3 e I3.

Figura 31. Localización de los elementos ensayos



Nota. Planos Estructurales

Origen, Causa, Evolución y Estado Actual de la Lesión más Relevante

La lesión patológica más relevante corresponde con la presencia de grietas en los elementos estructurales y no estructurales de la zona de oficinas del segundo piso, lo que se debe al sismo del 10 de marzo del 2015.

El epicentro de este sismo se presentó en el municipio de Los Santos, Santander, con una

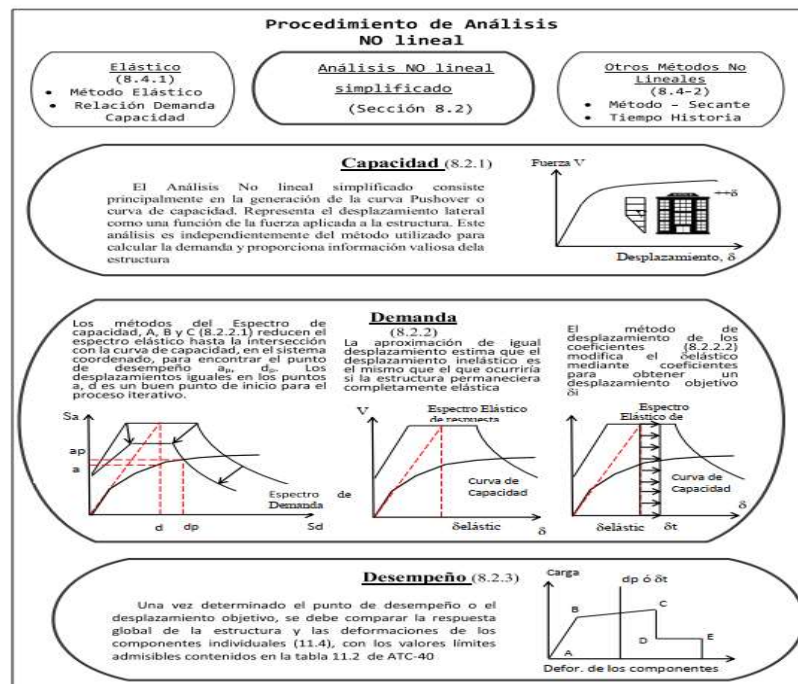
profundidad de 157,7 km y una magnitud de 6,4 en la escala sismológica de magnitud de momento (MW). El sismo tuvo una fuerte presencia en varias zonas del país, entre ellas, en la ciudad de Bucaramanga (Servicio Geológico Colombiano, 2024).

Actualmente, estas grietas oscilan entre los 1,5 mm y 2,0 mm, donde la afectación principal se muestra en la viga en voladizo de la zona uno que no soporta las cargas actuantes, por lo que se defleca y se agrieta de manera vertical. Así, la fisura inicia en la parte inferior y termina en grieta en la parte superior.

Estudio de Vulnerabilidad Sísmica

El estudio de vulnerabilidad sísmica permitió determinar las consecuencias potenciales que una falla tiene en la respuesta de la estructura ante un escenario sísmico futuro. Además, se establecieron las causas reales de dichas fallas, por lo que fue preciso emplear métodos de análisis no lineal (Figura 32).

Figura 32. *Procedimiento de Análisis No Lineal Simplificado*



Nota. Tomado de *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings ATC-40*, por Applied Technology Council, 1996, <https://www.atccouncil.org/pdfs/atc40toc.pdf>

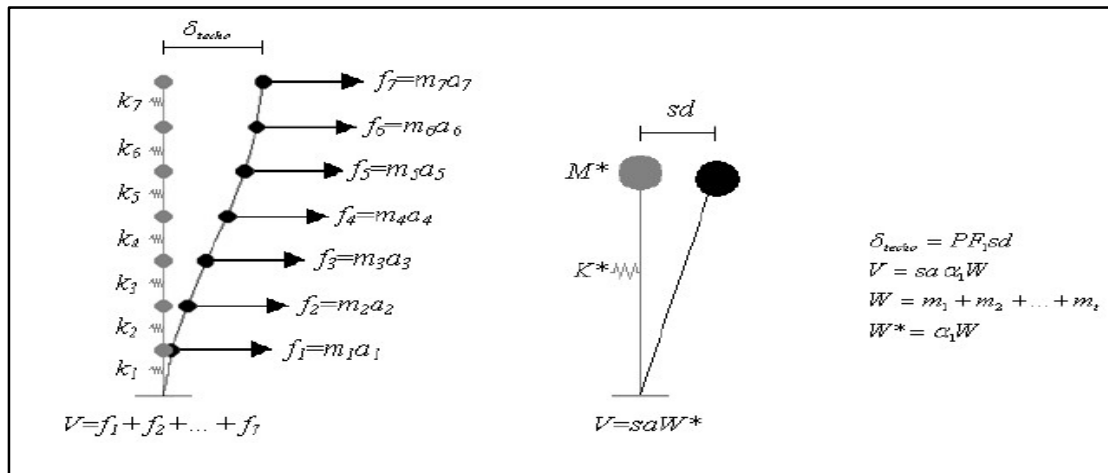
Análisis Estático No Lineal y Curva de Capacidad

El análisis estático no lineal de carga incremental, llamado *Pushover Analysis* (PA), permitió evaluar el comportamiento de las estructuras ante las cargas horizontales, con lo que se halló que la forma de la carga es proporcional al primer modo de vibración. Este método consiste en aplicar una carga horizontal determinada a la estructura e incrementar su valor hasta que, de acuerdo con algún criterio prefijado, se considere que la estructura ha colapsado.

El análisis no lineal incremental adaptativo es un procedimiento donde la respuesta de la estructura es independiente del patrón de carga aplicada, puesto que los aumentos de carga dependen de la masa de la estructura, la frecuencia equivalente y la función de la forma desplazada de la estructura. El desplazamiento en el techo generado por un patrón de cargas es equivalente al

desplazamiento espectral del sistema de vibración de un grado de libertad (Tolozza y Parra, 2017).

Figura 33. Representación del método adaptativo para obtener la curva de capacidad de la estructura.



Nota. Tomado de *Análisis estructural estático y dinámico probabilista de edificios de hormigón armado. Aspectos metodológicos y aplicaciones a la evaluación del daño*, por V.F.Vargas, 2013, <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94966/TYVA1de1.pdf>

En este orden de ideas, a_i es la aceleración a la que está sometida la masa m_i , V es el cortante en la base de la estructura, K_i es la rigidez por piso, δ_{techo} es el desplazamiento en el techo de la estructura después de aplicar las fuerzas f_i , Sa y Sd son la aceleración y el desplazamiento espectral respectivamente.

En este análisis, se tuvieron en cuenta dos variables de control: el desplazamiento en el techo de la estructura δ y el cortante en la base V , los que dependen de las fuerzas aplicadas. En este contexto, la relación entre δ y V es la curva de capacidad.

Espectro de Capacidad

Para comparar la demanda con la respuesta estructural, la curva de capacidad calculada debe ser transformada en un espectro de capacidad, el que asocia el desplazamiento espectral con la aceleración espectral por medio de las siguientes ecuaciones:

$$sd_i = \frac{\delta_i}{PF_I} \quad (1)$$

$$sa_i = \frac{V_t/W}{\alpha_I} \quad (2)$$

Esta transformación se realiza con un cambio, punto a punto, de variable, donde el cortante en la base se transforma en aceleración espectral sa_i y el desplazamiento en el techo en desplazamiento espectral sd_i . Para la correcta ejecución de esta transformación, es pertinente conocer las propiedades dinámicas de la estructura, puesto que, en la ecuación de transformación, se emplea el peso total de la estructura W , el coeficiente de masa modal para el primer modo natural de la estructura α_I , el cortante en la base V_t , el factor de participación modal PF_I y el desplazamiento en el techo de la estructura δ_i (Toloz y Parra, 2017).

Demanda Sísmica

Para el cálculo del desplazamiento espectral esperado, se llevó a cabo un estudio comparativo sobre los enfoques deterministas con los métodos simplificados del ATC-40, como la aproximación lineal equivalente (ALE) y el enfoque que considera la reducción por la ductilidad de la estructura.

Para que el índice de daño (ID) dependa de la acción sísmica, se debe calcular el punto de desempeño que representa el desplazamiento máximo de una estructura en términos del espectro de respuesta para una demanda sísmica dada. Así, existen dos métodos: la ALE y el procedimiento que

tiene en cuenta la ductilidad de la estructura.

Aproximación Lineal Equivalente

La ALE consiste en prolongar el tramo elástico del espectro de capacidad y cruzarlo con el espectro elástico de demanda en formato Sa-Sd. La proyección de este punto de cruce sobre la curva de capacidad será el punto de capacidad por demanda (Tolozá y Parra, 2017).

Procedimiento que Considera la Ductilidad de la Estructura

Es un método iterativo en el que el espectro de demanda es reducido por la ductilidad de la estructura que se calcula a partir de la forma bilineal del espectro de capacidad. El método empleado para estimar el punto de capacidad por demanda es el amortiguamiento equivalente de la estructura para reducir el espectro de demanda. Los pasos para el desarrollo de este procedimiento son los siguientes:

1. Obtener la respuesta elástica espectral para el 5 % del amortiguamiento.
2. Transformar la curva de capacidad en un espectro de capacidad, con las ecuaciones uno y dos.
3. Seleccionar un punto de capacidad por demanda de partida dentro de la curva de capacidad. En el ATC-40, se propone considerar el punto de capacidad por demanda obtenido con la ALE.
4. Desarrollar la representación bilineal del espectro de capacidad tomando el punto de desempeño como el punto de capacidad última.
5. Calcular los factores de reducción espectral con las ecuaciones tres y cuatro, así como reducir el espectro por estos valores.

$$SR_A = \frac{3.21 - 0.68 \ln \left(\frac{63.7k(a_y d_{pi} - a_{pi} d_y)}{a_{pi} d_{pi}} + 5 \right)}{2.12} \quad (3)$$

$$SR_V = \frac{3.21 - 0.41 \ln \left(\frac{63.7k(a_y d_{pi} - a_{pi} d_y)}{a_{pi} d_{pi}} + 5 \right)}{1.65} \quad (4)$$

De este modo, k es un factor de modificación por amortiguamiento que depende del tipo de comportamiento estructural que se expone en ATC-40.

1. Determinar si el espectro de la demanda se cruza con el espectro de la capacidad en el punto encontrado en el paso tres, o si el desplazamiento en que se cruzan los espectros está dentro de una tolerancia aceptable.
2. Si el espectro de la demanda no se cruza con el espectro de capacidad dentro de la tolerancia aceptable, se elige un nuevo punto de desempeño y se repiten los pasos a partir del paso cinco.
3. Si el espectro de la demanda se cruza con el espectro de capacidad dentro de la tolerancia aceptable, el punto seleccionado como prueba es el punto de desempeño.

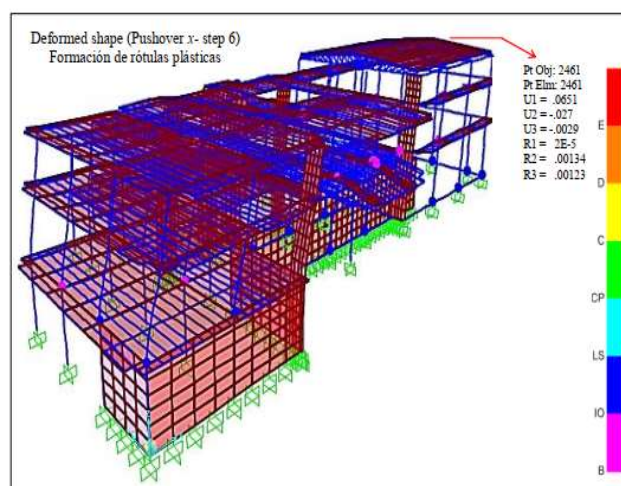
Resultados Obtenidos del Caso de Estudio

La formación de rótulas plásticas cuando se alcanza el estado de seguridad de vida para el sismo de diseño inicia en el techo, el que tiene un desplazamiento de 6,51 cm. Posteriormente, se forman las rótulas correspondientes con el colapso preventivo (Figura 34).

El sistema alcanza el punto de desempeño bajo la acción Pushover x , al presentar una rotulación de vigas y columnas. Para este parámetro, mientras el sistema de vigas solo alcanza el

nivel de ocupación inmediata (IO), algunas columnas alcanzan prematuramente el nivel de seguridad de vida (LS), es decir, se presenta el mecanismo de columna débil- viga fuerte, sin embargo, este no está permitido por las normas de diseño (Agredo, 2018).

Figura 34. Deformada de la estructura- Pushover X.- formación de rótulas plásticas



Nota. Tomado de *Estudio de vulnerabilidad sísmica del edificio Álvaro Beltrán Pinzón - sede UIS. Bucaramanga*, por H. Agredo, 2018, <https://noesis.uis.edu.co/items/f7380dd8-3f75-4970-bbc7-a7161cdf6748>

Otra de las condiciones identificadas en el análisis es la deformación excesiva en vigas y viguetas del segundo nivel sobre el voladizo de fachada principal, con deflexiones inelásticas que alcanzan los 5,4 cm, lo que supera el valor estimado por el documento ATC-40 de $L/175$ (2,2 cm). Por otra parte, la deformación es de 3,5 cm, lo que evidencia que se ha superado el nivel de seguridad local ante cargas gravitacionales y está cercano a los $L/75$ (5,1 cm) de la estabilidad estructural según la norma ATC-40 (Agredo, 2018).

De acuerdo con los resultados del análisis de vulnerabilidad del edificio ABP, el nivel de desempeño estructural de la edificación se clasifica en SP-4, con un estado de daño entre los niveles de seguridad y estabilidad estructural. Por ello, se requiere un ajuste y/o reforzamiento para

garantizar el nivel de seguridad local del voladizo en análisis. Para comprender el nivel de desempeño de la estructura, se presenta una matriz de vulnerabilidad en la Figura 35.

Figura 35. Nivel de desempeño según ATC-40.

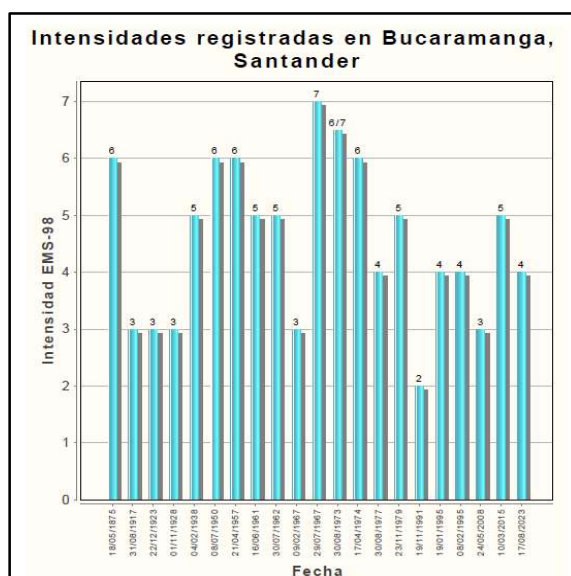
Tabla 3-1 ATC-40: Combinaciones de niveles de comportamiento estructural y no estructural en edificaciones- Similar tabla C1-8 FEMA 356.						
Niveles de desempeño No Estructural	SP-1 Ocupación inmediata	SP-2 Daño controlado	Niveles de desempeño Estructural	SP-3 Seguridad de Vida	SP-4 Seguridad limitada	SP-5 Estabilidad Estructural
NP-A Operacional	1-A Operacional	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B Ocupación inmediata	1-B Ocupación inmediata	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C Seguridad de vida	1-C	2-C	3-C Seguridad de Vida	4-C	5-C	6-C
NP-D Estabilidad Estructural	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E No considerado	NR	NR	3-E	4-E	5-E Estabilidad estructural	No Aplica
NR: Combinación no recomendada para SP-NP						
Nota: Edificaciones con niveles de comportamiento más comunes Otras posibles combinaciones de SP-NP Combinaciones no recomendadas de SP-NP						

Nota. Tomado de *Estudio de vulnerabilidad sísmica del edificio Álvaro Beltrán Pinzón - sede UIS. Bucaramanga*, por H. Agredo, 2018, <https://noesis.uis.edu.co/items/f7380dd8-3f75-4970-bbc7-a7161cdf6748>

Historia de Sismos en la Zona de Estudio

En la zona de estudio ocurrieron sismos de magnitudes entre tres y siete, con actividad sísmica entre los 10 y 180 km de profundidad. Ninguno de estos sismos tuvo epicentro en la ciudad de Bucaramanga, pese a ello, hubo afectaciones leves según los registros del Servicio Geológico Colombiano. A continuación, se presenta el registro de intensidades de los sismos que afectaron levemente a Bucaramanga entre el 18 de mayo de 1985 y el 17 de agosto del 2023.

Figura 36. Intensidades registradas en Bucaramanga.



Nota. Tomado de *Home*, por Servicio Geológico Colombiano, 2024,

<https://sish.sgc.gov.co/visor/sesionServlet?metodo=irAMunicipio&idDepartamento=68&idMunicipio=68001&cuadranteXMin=&cuadranteXMax=&cuadranteYMin=&cuadranteYMax=>

En la Tabla 6, se observa que los sismos fueron cercanos a la ciudad de estudio del paciente y tuvieron afectaciones leves; estos sismos tuvieron magnitudes entre 5,2 y 6,8, con actividad sísmica entre los 25 y 161 km de profundidad.

Tabla 6. *Sismos Cercanos a Bucaramanga.*

Fecha	Hora local	Magnitud	Prof. (km)	Centro poblado	Intensidad	Intensidad máxima	Intensidad	Intensidad	Área epicentro
					sitio (EMS-98)	(EMS-98)	sitio (MM)	máxima (MM)	
21/04/1957	16:12	6.6	25	Bucaramanga	6	7	6	7	Málaga, Santander
29/07/1967	5:24	6.8	161	Bucaramanga	7	8	7	8	Betulia, Santander
17/04/1974	20:19	5.2	26	Bucaramanga	6	7	6	7	Guaca, Santander
10/03/2015	15:55	6.4	157.7	Bucaramanga	5	7	6	7	Los Santos, Santander

Nota. Elaboración propia, adaptado *Home*, por Servicio Geológico Colombiano, 2024,

<https://sish.sgc.gov.co/visor/sesionServlet?metodo=irAMunicipio&idDepartamento=68&idMunicipio=68001&cuadranteXMin=&cuadranteXMax=&cuadranteYMin=&cuadranteYMax=>

Análisis de vulnerabilidad sísmica.

Clasificación del Riesgo: para la evaluación del paciente, fue fundamental conocer las

etapas de vulnerabilidad y la clasificación del riesgo, a partir de la clasificación de la probabilidad de ocurrencia y la categoría del riesgo. Las etapas de vulnerabilidad se clasifican desde extremadamente remota hasta frecuente, lo que depende de la probabilidad de ocurrencia (Tabla 7).

Tabla 7. *Etapas de Vulnerabilidad.*

ETAPAS DE VULNERABILIDAD		
Probabilidad de Ocurrencia	Definición	Categoría
Frecuente	Significativa probabilidad de ocurrencia	A
Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia	B
Remota	Baja probabilidad de ocurrencia	C
Extremadamente remota	Difícil que ocurra	D

Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, la clasificación del riesgo se determinó mediante la definición de la categoría del riesgo que va desde bajo hasta muy alto.

Matriz de Vulnerabilidad: permitió determinar el nivel de riesgo del paciente, con la definición de una matriz que relaciona la probabilidad y la severidad, así como el estado de afectación del paciente debido a las lesiones y procesos patológicos que han afectado la estructura. La matriz identificó si las afectaciones deben ser monitoreadas y la definición de planes de prevención o intervención para la mitigación del riesgo de los elementos expuesto. A continuación, se presenta la matriz de vulnerabilidad para la determinación del nivel de riesgo del paciente en estudio.

Tabla 8. *Matriz de Vulnerabilidad.*

		MATRIZ DE VULNERABILIDAD					
PROBABILIDAD	Frecuente	5					Riesgos que necesitan MITIGACIÓN: Planes de actuación correctivos.
	Posible	4					
	Ocasional	3					
	Remota	2					Riesgos que necesitan INVESTIGACIÓN: Planes de actuación preventivos.
	Improbable	1					
							Riesgos que necesitan MONITORIZACIÓN: Planes de actuación defectivos.
		1	2	3	4	5	
		Muy leve	Leve	Seria	Grave	Catastrofica	
		SEVERIDAD					



Nota. Elaboración propia.

Fichas de Vulnerabilidad: para elaborar la matriz de vulnerabilidad del paciente en estudio, se consideraron los datos más relevantes con la realización de fichas de vulnerabilidad que permitieron conocer la tipología del paciente (arquitectura y estructura), las especificaciones de los materiales, el tipo del suelo, la zona de amenaza sísmica, la identificación de las lesiones, la caracterización geológica y geográfica, el historial de sismos que han afectado la zona de ubicación del paciente y su vulnerabilidad sísmica, con el fin de clasificar el nivel del riesgo del paciente.

Ficha No. 1 de Vulnerabilidad: arquitectura, estructura y cimentación: se describe la configuración arquitectónica (niveles, alturas de entrepiso y materiales), la identificación del sistema estructural (dimensión de columnas, vigas y tipología de placa de entrepiso) y la tipología de cimentación (zapatas y vigas de amarre), con el objetivo de contextualizar el paciente en estudio.

Ficha No. 2 de Vulnerabilidad: materiales, suelos y zona sísmica: se describe la especificación de materiales utilizados en el diseño y la construcción de la edificación, la estratificación del suelo, la capacidad de soporte y los parámetros del suelo, así como el mapa de amenaza sísmica para identificar la zona de amenaza sísmica de conformidad con la ubicación del paciente.

Ficha No. 3 de Vulnerabilidad: identificación de lesiones en fachada, placas y

columnas: se presentan las lesiones físicas y mecánicas del paciente en fachada, la losa de entrepiso y columnas, el deterioro de este y las fallencias de tipo estructural que han afectado la resistencia local del paciente.

Ficha No. 4 de Vulnerabilidad: identificación de lesiones en vigas, elementos no estructurales y otras fisuras: se exponen las lesiones mecánicas en el paciente en vigas y elementos no estructurales, lo que se debe a las fallencias de tipo estructural que han afectado la resistencia local del paciente.

Ficha No. 5 de Vulnerabilidad: geología, geografía e historia de sismos: esta ficha permite conocer las formaciones geológicas, la ubicación geográfica de la zona y los sismos más cercanos que afectaron al paciente. Asimismo, se identificaron las fallas y las formaciones tectónicas presentes en la zona de estudio para conocer la actividad sísmica en la región, así como la amenaza, la vulnerabilidad y riesgo que puede llegar a tener el paciente en estudio.

Ficha No. 6: Vulnerabilidad Sísmica, Clasificación y Matriz de Vulnerabilidad: se presenta uno de los resultados obtenidos en el estudio de vulnerabilidad sísmica del paciente, donde se denota que las lesiones de tipo mecánicas incrementan el grado de vulnerabilidad de este. Finalmente, se clasificó y determinó la categoría y el nivel de riesgo del paciente, con base en la matriz de vulnerabilidad.

Matriz de Vulnerabilidad del Paciente: a partir de la metodología utilizada para la determinación de la categoría y el nivel de riesgo del paciente, se elaboró la matriz de vulnerabilidad.

Tabla 9. *Etapa de Vulnerabilidad del Paciente.*

ETAPAS DE VULNERABILIDAD		
Probabilidad de Ocurrencia	Definición	Categoría
Frecuente	Significativa probabilidad de ocurrencia	A
Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia	B
Remota	Baja probabilidad de ocurrencia	C
Extremadamente remota	Difícil que ocurra	D

Nota. Elaboración propia.

Tabla 10. Clasificación del Nivel de Riesgo.

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	
Categoría	Riesgo
1	Muy alto
2	Alto
3	Medio
4	Bajo

Nota. Elaboración propia.

En esta línea de ideas, el nivel del riesgo del paciente es **B2**, debido a que, en la zona de mayor riesgo, el voladizo de la fachada principal presenta una deformación de 3,5 cm, lo que supera L/175 (2,2 cm) del ATC-40 y L/360 (1,10cm) de la NSR-10. Con la identificación y la determinación de las causas de las lesiones presentes (vigas, columnas, placas entre los ejes I-2 y F-2), se estipuló un riesgo alto con una probabilidad de ocurrencia moderado.

Adicionalmente, se estimó que el riesgo presente en esa zona del paciente requiere de una intervención inmediata, con el reforzamiento de las vigas y la zona de placa que soportan el voladizo, con la finalidad de mitigar el riesgo, por lo tanto, se clasificó como rojo en la matriz de vulnerabilidad.

Tabla 11. *Matriz de Vulnerabilidad del Paciente.*

		MATRIZ DE VULNERABILIDAD				
PROBABILIDAD	Frecuente	5				
	Posible	4				
	Ocasional	3				
	Remota	2				
	Improbable	1				
		1	2	3	4	5
		Muy leve	Leve	Seria	Grave	Catastrofica
		SEVERIDAD				

Riesgos que necesitan MITIGACIÓN: Planes de actuación correctivos.
 Riesgos que necesitan INVESTIGACIÓN: Planes de actuación preventivos.
 Riesgos que necesitan MONITORIZACIÓN: Planes de actuación defectivos.

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la vulnerabilidad estructural del paciente en estudio, se determinó la categoría del riesgo 2 (alto). Asimismo, con base en la matriz de vulnerabilidad donde se evaluó la probabilidad y la severidad, se estableció con un color el nivel de riesgo correspondiente: rojo.

CLASIFICACIÓN:	B2
COLOR:	

Análisis Estructural de la Edificación

El análisis estructural de la edificación se muestra en el anexo 07 – Análisis Estructural.

Diagnóstico

Con la identificación de las lesiones y las fichas técnicas de campo, se elaboraron los siguientes diagnósticos de los procesos patológicos: en la zona uno (oficinas segundo piso) existen grietas desde los 1,5 mm y 2,0 mm, donde el elemento de viga no soporta las cargas actuantes, por lo que se deflecta y se agrieta de manera vertical. Así, la fisura inicia en la parte inferior y termina en grieta en la parte superior.

Por otro lado, en la zona dos (laboratorio), la losa de contrapiso presenta hundimiento entre 1 y 5 cm, debido a la inadecuada compactación del suelo y la poca resistencia de la losa a las cargas actuantes. En la zona tres (acceso lateral laboratorio), la mampostería fue construida en la cara exterior del sistema estructural, es decir, reviste el edificio; en este caso, la mampostería debe tener refuerzo a flexión y cortante por el tipo de fisura, puesto que carece de refuerzo.

En los elementos de fachada, el agua lluvia cae directamente sobre la placa, lo que ocasiona ensuciamiento de la mampostería debido al depósito en la parte superior. Por ende, el agua se escurre por el desagüe de esta placa y produce ensuciamiento diferencial de la fachada.

De igual forma, en algunos puntos localizados en la fachada, existen eflorescencias por la reacción entre el óxido cálcico en hormigones y los morteros frescos con el anhídrido carbónico del aire (ver fichas de lesiones).

El proyecto se ubica en dos niveles distintos de desplante: para la zona uno, las zapatas se desplantan al nivel N-1.20 y para la zona dos al nivel N-5.95. De acuerdo con la implantación del edificio en los sondeos de campo, para la zona uno, el nivel de desplante mínimo debe ser entre 3 y 4 m, por su parte, en la zona dos, el nivel de desplante mínimo debe ser entre 4 m. Al comparar la información de planos estructurales con lo definido en el estudio de suelos, se planteó que el nivel de desplante de zapatas en la zona uno no cumple con lo recomendado en el estudio de suelos. Por lo tanto, la capacidad de soporte necesaria se debe verificar con el análisis estructural.

Resultados de Ensayo de Ultrasonido

A partir del diagnóstico preliminar en el paciente, se identificó que la zona uno de estudio presenta una afectación estructural por las grietas. Para ello, con el fin de determinar la calidad del concreto de las columnas colindantes a estas vigas, se realizó un ensayo no destructivo del

ultrasonido del concreto.

Columna Nivel 3 Eje I-3

Tabla 12. Resultados del ensayo de ultrasonido para Columna I-3.

Medición	Longitud	Tiempo	Velocidad
1	14.1	75.1	1883.1
2	14.1	53.6	2638.5
3	14.1	60.7	2329.8
4	14.1	53.3	2653.3
5	14.1	50.3	2811.6

Nota. Autor

Tabla 13. Resultados del ensayo de ultrasonido para la Columna F3

Medición	Longitud	Tiempo	Velocidad
1	14.1	62.3	2270.0
2	14.1	75.4	1875.6
3	14.1	86.4	1636.8
4	14.1	75.6	1870.7
5	14.1	71.7	197.4

Nota. Autor

Resultados de Ensayo de Detección de Aceros

Con el fin de poder determinar la cantidad de acero existente en los elementos seleccionados (Columnas I y F), se determinó a través de este ensayo el tipo de acero utilizado en los elementos analizados, para los niveles 2 y 3.

Tabla 14. Resultados del ensayo de detección de aceros para las Columna I3 y F3

Nivel	Elemento	Recubrimiento (mm)	Acero			
			Denominación	Diámetro	Tipo	Orientación
2	Columna I3	65	Barra	5/8"	Corrugado	Vertical
			Estribo	1/2"	Corrugado	Horizontal
3	Columna I3	65	Barra	1/2"	Corrugado	Vertical
			Estribo	1/2"	Corrugado	Horizontal
2	Columna F3	65	Barra	5/8"	Corrugado	Vertical
			Estribo	1/2"	Corrugado	Horizontal

3	Columna F3	65	Barra	5/8"	Corrugado	Vertical
			Estribo	1/2"	Corrugado	Horizontal

Nota. Autor

Resultados de Ensayo de Esclerometría

Continuando con el análisis efectuado a las columnas seleccionadas se realizó un ensayo de esclerometría y se estimó la resistencia a la compresión de cada uno de ellas. Los datos obtenidos en este ensayo corresponden a los siguientes:

Tabla 15. Resultado de ensayo Esclerometría Columna I3

Columna I3	Nº Ensayo	Nivel 2	Nivel 3
		Golpes	Golpes
	E-1	32	33
	E-2	33	33
	E-3	31	31
	E-4	33	31
	E-5	35	31
	E-6	31	34
	E-7	32	34
	E-8	32	32
	E-9	33	30
	E-10	31	30
	E-11	33	30
	E-12	34	33

Nota. Autor

Tabla 16. Resultado de ensayo Esclerometría Columna F3

Columna F3	Nº Ensayo	Nivel 2	Nivel 3
		Golpes	Golpes
	E-1	26	29
	E-2	28	30
	E-3	24	27
	E-4	27	28
	E-5	29	26
	E-6	30	25
	E-7	28	29
	E-8	25	30
	E-9	24	32

E-10	26	31
E-11	29	28
E-12	28	27

Nota. Autor

Alternativa y pronóstico

Con la identificación de las lesiones y las fichas técnicas de campo, se plantearon las siguientes propuestas de prevención e intervención:

En la zona uno (oficinas segundo piso), se recomienda la evacuación del edificio en la zona de falla, con el objetivo de disminuir la carga aplicada sobre los elementos en falla. Así, como medida de intervención, es preciso realizar el reforzamiento de las vigas y la zona de placa que soportan el voladizo. Una alternativa es la implementación de un sistema adicional (pórtico en estructura metálica) que controle las deformaciones en el voladizo; otra alternativa es la demolición y la reconstrucción de vigas, columnas y muros afectados, con el diseño estructural para la resistencia adecuada.

Por otro lado, en la zona dos (laboratorio), como medida preventiva, se sugiere retirar las cargas que generan mayor presión de soporte sobre la losa y el suelo de relleno. En tal marco, la intervención a ejecutar es la demolición de contrapiso, la conformación y la compactación al 95 % del Proctor, así como el diseño y la reconstrucción de contrapiso con la resistencia adecuada.

En la zona tres (acceso lateral laboratorio), como medida preventiva, se recomienda el sellado de grieta con productos epóxicos para prevenir filtraciones de agua, mientras se ejecutan las reparaciones y el control de prolongación de grieta. Como medida de intervención, es necesario realizar la demolición de la zona del muro agrietado, la reconstrucción y la colocación de acero de refuerzo a flexión y cortante. Por último, en los elementos de fachadas, es pertinente realizar una limpieza de la mampostería con hidrofugado y la aplicación de productos impermeabilizantes y

protectores repelentes al agua en fachadas.

Análisis y propuesta de intervención seleccionada

Análisis de Resultados

Ensayo de Ultrasonido del Concreto

A partir de los resultados obtenidos, se estableció una velocidad promedio para cada uno de los elementos analizados, con los siguientes resultados:

Tabla 17. *Resultados Ensayos Ultrasonido.*

Nº	Elemento	Velocidad (m/s)
1	Columna 3 Eje I-3	2463
2	Columna 3 Eje F-3	1925

Nota. Resultados de Ensayo de Ultrasonido.

Con base en la Norma NTC 4325, para conocer la calidad del concreto de manera cuantitativa, se debe realizar una correlación entre la velocidad del pulso ultrasónico y la resistencia del concreto, para ello, se debe estimar la resistencia de concreto mediante un ensayo de núcleos de concreto. Sin embargo, en consideración con las limitaciones para la realización de este proyecto, no fue posible ejecutar dichos ensayos destructivos, por lo que se concibió un resultado cualitativo que permitiera clasificar la calidad del concreto (Tabla 18).

Tabla 18. *Calidad del Concreto a partir de la Velocidad de Propagación.*

Velocidad de Propagación Lineal (m/s)	Calidad del Concreto
>4500	Excelente
3600 a 4500	Bueno
3000 a 3600	Aceptable
2100 a 3000	Malo
<2100	Muy Malo

Nota. Resultados de Ensayo de Ultrasonido.

De acuerdo con los resultados obtenidos del ensayo, se logró clasificar la calidad del

concreto de las columnas analizadas (I-3 y F-3) como un concreto Muy malo. Teniendo en cuenta que, para un resultado de mayor confiabilidad, se debía realizar un raspado del elemento, con el objetivo de eliminar las capas de pintura, lo que no fue posible debido a las directrices internas de la UIS.

Ensayo de Detección de Aceros

A partir de los resultados generados del ensayo de detección de aceros se detectó la siguiente configuración de acero de refuerzo en las columnas

Tabla 19. Resultados ensayo de Detección de Aceros.

Nivel	Elemento	Acero			
		Denominación	Diámetro	Tipo	Orientación
2	Columna I3	Barra	5/8"	Corrugado	Vertical
		Estribo	1/2"	Corrugado	Horizontal
3	Columna I3	Barra	1/2"	Corrugado	Vertical
		Estribo	1/2"	Corrugado	Horizontal
2	Columna F3	Barra	5/8"	Corrugado	Vertical
		Estribo	1/2"	Corrugado	Horizontal
3	Columna F3	Barra	5/8"	Corrugado	Vertical
		Estribo	1/2"	Corrugado	Horizontal

Nota. Resultados de Ensayo de Detección de Aceros.

Al contrastar estos resultados con el refuerzo que esta en planos estructurales se observó que el diámetro y distribución de los aceros encontrados es la misma que esta en el diseño estructural inicial.

Ensayo de Esclerometría

Análisis de Resultados Columna I3: Con los datos obtenidos de campo, la posición del equipo y el estado actual de la columna se presenta una media en la parte superior de 33 golpes y en la parte inferior de 32. Lo cual muestra una resistencia similar tanto superior como inferior sin dejar motivos o especulaciones de cambio de resistencia en el concreto al momento de realizar la

construcción. Aunque la resistencia global del elemento apenas supera los 3500 psi y dado que es una obra cuya construcción fue completamente desde cero debería encontrarse superando los 4000 psi.

Análisis de Resultados Columna F3: Al realizar el ensayo para esta columna se dieron resultados de características algo dispersas ya que la columna presenta en la parte superior una media de 27 golpes y en la parte inferior de 29. Lo cual deja ver una baja resistencia en el elemento. Siendo este un elemento el cual debería mostrar resistencias mayores por la función que se encuentra cumpliendo en la zona de volado de la edificación.

El elemento presenta tan baja resistencia que no logra llegar ni a los 3000 psi lo cual indica deficiencias en el proceso constructivo o en el curado del elementó.

Impacto Ambiental

En el proceso investigativo, no fue posible encontrar información acerca del plan de gestión ambiental que se desarrolló en el momento de la construcción de este edificio, asimismo, no existe información sobre el sistema de gestión ambiental actual.

Programación

Ante la problemática actual que presenta el edificio ABP de la UIS por la presencia de las patologías y lesiones mencionadas anteriormente y de acuerdo a las dos alternativas planteadas en el análisis estructural del edificio (Anexo 07), se presenta la programación de obra de dichas alternativas propuestas.

Tabla 20. Programación del reforzamiento para la Alternativa 1.

Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
✦	➤ Refuerzo edificio ABP Alternativa 1	65 días	mar 3/09/24	lun 2/12/24
✦	➤ PRELIMINARES	3 días	mar 3/09/24	jue 5/09/24
✦	Localización y replanteo manual del proyecto	1 día	mar 3/09/24	mar 3/09/24
✦	Cerramiento en Polisombra	2 días	mié 4/09/24	jue 5/09/24
✦	➤ DEMOLICIONES	3 días	vie 6/09/24	mar 10/09/24
✦	Demolición de Concretos	3 días	vie 6/09/24	mar 10/09/24
✦	➤ CONCRETOS PARA VIGAS Y COLUMNAS	19 días	mié 11/09/24	lun 7/10/24
✦	Figurado de Acero a partir de planos de taller	12 días	mié 11/09/24	lun 7/10/24
✦	Transporte de Acero a Obra	1 día	mar 8/10/24	mar 8/10/24
✦	Armado de acero de refuerzo según planos	4 días	mié 9/10/24	lun 14/10/24
✦	➤ CONCRETOS Y OBRAS DE ANCLAJE	41 días	mar 15/10/24	mar 10/12/24
✦	Escarificación de elementos estructurales en concreto- vigas y columnas	3 días	lun 6/01/25	mié 8/01/25
✦	Retiro de escombros	2 días	mar 15/10/24	mié 16/10/24
✦	Anclajes epoxicos sobre elementos estructurales en concreto	13 días	mar 15/10/24	jue 31/10/24
✦	Formateado	1 día	mar 15/10/24	mar 15/10/24
✦	Fundida del Concreto	1 día	mar 15/10/24	mar 15/10/24
✦	Curado del Concreto en Vigas y Columnas	21 días	mar 15/10/24	mar 12/11/24
✦	➤ ACABADOS	17 días	mié 13/11/24	jue 5/12/24
✦	Pañete impermeabilizado- mortero 1:3	1 día	mié 13/11/24	mié 13/11/24
✦	Estuco y vinilo 3 manos (incluye resanes)	3 días	jue 14/11/24	lun 18/11/24

Nota. Elaboración propia.

Tabla 21. Programación del reforzamiento para la Alternativa 2.

Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
✦	➤ Refuerzo edificio ABP Alternativa 2	45 días	vie 3/02/23	jue 6/04/23
✦	➤ PRELIMINARES	3 días	vie 6/09/24	mar 10/09/24
✦	Localización y replanteo manual del proyecto	1 día	vie 6/09/24	vie 6/09/24
✦	Cerramiento en Polisombra	2 días	lun 9/09/24	mar 10/09/24
✦	➤ DEMOLICIONES	4 días	vie 3/02/23	mié 8/02/23
✦	Demolición de Concretos	2 días	vie 6/09/24	lun 9/09/24
✦	Demolición Mampostería	2 días	vie 3/02/23	lun 6/02/23
✦	➤ CONCRETOS Y OBRAS DE ANCLAJE	6 días	vie 3/02/23	vie 10/02/23
✦	Escarificación de elementos estructurales en concreto- vigas y columnas	2 días	mar 7/02/23	mié 8/02/23
✦	Anclajes epoxicos sobre elementos estructurales en concreto	2 días	jue 9/02/23	vie 10/02/23
✦	Sika Grout para bases y pernos de anclajes. Min 430 kg/cm2 para una consistencia fluida	2 días	vie 3/02/23	lun 6/02/23
✦	➤ ESTRUCTURAS DE TRANSICIÓN	20 días	vie 3/02/23	jue 2/03/23
✦	Fabricación, suministro y transporte de estructura en perfiles metálicos tipo HEB300, de acuerdo a planos, incluye platinas de union, cartelas, elementos de sujecion, rigidizadores, y todo lo necesario para su correcta instalacion	12 días	vie 3/02/23	lun 20/02/23
✦	Montaje de estructura en perfiles metálicos tipo HEB300, de acuerdo a planos, incluye platinas de union, cartelas, elementos de sujecion, rigidizadores, y todo lo necesario para su correcta instalacion	12 días	vie 13/09/24	lun 30/09/24
✦	➤ ACABADOS	12 días	vie 3/02/23	lun 20/02/23
✦	Pañete impermeabilizado- mortero 1:3	1 día	jue 24/10/24	jue 24/10/24
✦	Estuco y vinilo 3 manos (incluye resanes)	6 días	vie 25/10/24	vie 1/11/24
✦	Pintura anticorrosivo alquidico a 2 manos	4 días	vie 3/02/23	mié 8/02/23

Nota. Elaboración propia.

Presupuesto

En las Tabla 22 y 23, se relaciona el presupuesto de la ejecución de las alternativas de refuerzo en el Edificio ABP de la UIS.

Tabla 22. Presupuesto del reforzamiento para la Alternativa 1.

PRESUPUESTO DE OBRA- ALTERNATIVA 1					
Obra:	Refuerzo de la edificación Alvaro Beltran Pinzón-UIS				
Realizado Por	Alexander Espitia Pinto Fredy Sebastián Toloza Pimiento Said Hernández Noriega				
Ubicación	Bucaramanga, Santander				
Item	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
1	PRELIMINARES				\$ 721,764.49
1.1	Cerramientos provisionales				\$ 674,559.95
	Localización y replanteo manual del proyecto	M2	\$5,000.00	43.69	\$ 218,450.00
1.1.1	Cerramiento provisional en poli sombra	M2	\$10,439.69	43.69	\$ 456,109.95
1.2	Demoliciones. Incluye cargue, retiro de material y disposición en un botadero o escombrera certificada si en el municipio en el que se ejecuta la actividad así lo exige.				
1.2.1	Demolición concretos	M3	\$122,928.49	0.38	\$ 47,204.54
2	CONCRETOS Y OBRAS DE ANCLAJE				\$ 78,480,345.00
2.1	Concreto 4000psi	M3	\$1,190,000.00	4.79	\$ 5,700,100.00
2.2	Acero de refuerzo Fy. 60.000 psi.	KG	\$8,000.00	2,787.94	\$ 22,303,520.00
2.3	Escarificación de elementos estructurales en concreto - vigas o columnas	M2	\$65,000.00	91.44	\$ 5,943,600.00
2.4	Anclajes epóxicos sobre elementos estructurales en concreto.	UN	\$36,562.50	1,218.00	\$ 44,533,125.00
3	ACABADOS				\$ 2,261,613.86
3.1	Pañete impermeabilizado - mortero 1:3	M2	\$21,059.05	43.69	\$ 920,070.03
3.2	Estuco y vinilo 3 manos (incluye resanes)	M2	\$14,318.96	93.69	\$ 1,341,543.83
COSTOS DIRECTOS					\$ 81,463,723.35
	Administración	15%			\$ 12,219,558.50
	Imprevistos	5%			\$ 4,073,186.17
	Utilidades	5%			\$ 4,073,186.17
COSTOS DIRECTOS MAS AIU					\$ 101,829,654.19
	Iva sobre Utilidad	19%			\$ 773,905.37
TOTAL MAS IVA					\$ 102,603,559.56

Nota. Elaboración propia.

Tabla 23. Presupuesto del reforzamiento para la Alternativa 2.

PRESUPUESTO DE OBRA- ALTERNATIVA 2					
Obra:	Refuerzo de la edificación Alvaro Beltran Pinzón UIS				
Realizado Por	Alexander Espitia Pinto Fredy Sebastián Toloza Pimiento Said Hernández Noriega				
Ubicación	Bucaramanga, Santander				
Item	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
1	PRELIMINARES				\$ 879,012.46
1.1	Cerramientos provisionales				
1.1.1	Localización y replanteo manual del proyecto	m2	\$5,000.00	43.69	\$ 218,450.00
1.1.2	Cerramiento provisional en poli sombra	M2	\$10,439.69	43.69	\$ 456,109.95
1.2	Demoliciones. Incluye cargue, retiro de material y disposición en un botadero o escombrera certificada si en el municipio en el que se ejecuta la actividad así lo exige.				
1.2.1	Demolición de mampostería	M2	\$24,606.29	7.06	\$ 173,720.39
1.2.2	Demolición concretos	M3	\$153,660.62	0.20	\$ 30,732.12
2	CONCRETOS Y OBRAS DE ANCLAJE				\$ 2,473,808.73
2.1	Escarificación de elementos estructurales en concreto - vigas o columnas	M2	\$65,000.00	0.72	\$ 46,800.00
2.2	Anclajes epóxicos sobre elementos estructurales en concreto.	UN	\$36,562.50	64.00	\$ 2,340,000.00
2.3	Sika Grout, Grouts o morteros de nivelación para bases y pernos de anclaje de torres. Min 430 kg/cm2 para una consistencia fluida.	Litro	\$10,876.09	8.00	\$ 87,008.73
3	ESTRUCTURAS METALICAS				\$ 134,337,561.94
3.1	Fabricación, suministro y transporte de estructura en perfiles metálicos tipo HEB300, de acuerdo a planos, incluye platinas de union, cartelas, elementos de sujecion, rigidizadores, y todo lo necesario para su correcta instalacion	KG	\$13,750.40	8,703.50	\$ 119,676,577.33
3.2	Montaje de estructura en perfiles metálicos tipo HEB300, de acuerdo a planos, incluye platinas de union, cartelas, elementos de sujecion, rigidizadores, y todo lo necesario para su correcta instalacion	KG	\$1,684.49	8,703.50	\$ 14,660,984.61
4	ACABADOS				\$ 1,773,082.95
4.1	Filos y dilataciones.	ML	\$7,800.00	56.24	\$ 438,672.00
4.3	Pañete impermeabilizado - mortero 1:3	ML	\$12,477.58	28.12	\$ 350,869.63
4.4	Estuco y vinilo 3 manos (incluye resanes)	M2	\$14,318.96	49.53	\$ 709,166.79
4.5	Pintura anticorrosivo alquidico a 2 manos	ML	\$8,017.77	34.22	\$ 274,374.53
COSTOS DIRECTOS					\$ 139,463,466.08
Administracion		15%			\$ 20,919,519.91
Imprevistos		5%			\$ 6,973,173.30
Utilidades		5%			\$ 6,973,173.30
COSTOS DIRECTOS MAS AIU					\$ 174,329,332.60
Iva sobre Utilidad		19%			\$ 1,324,902.93
TOTAL MAS IVA					\$ 175,654,235.52

Nota. Elaboración propia.

De los resultados obtenidos se aprecia que la alternativa de reforzamiento de aumentar la sección de concreto para las vigas y columnas del voladizo es la mas viable económicamente.

Conclusiones

A partir de la inspección visual, la identificación de las lesiones y las fichas técnicas de campo, se distinguieron dos tipos de lesiones en el Edificio ABP: las lesiones físicas por humedades en fachada y las lesiones mecánicas por agrietamiento y hundimiento.

En cuanto a las lesiones físicas en los elementos de fachada, el agua lluvia cae directamente sobre la placa, lo que ocasiona ensuciamiento de la mampostería debido al depósito en la parte superior, así, el agua se escurre por el desagüe de esta placa y produce ensuciamiento diferencial de la fachada. Por otra parte, en algunos puntos localizados en la fachada, existen eflorescencias por la reacción entre el óxido cálcico en hormigones y los morteros frescos con el anhídrido carbónico del aire.

Respecto con las lesiones mecánicas, existen grietas desde los 1,5 mm y 2,0 mm, donde el elemento de viga no soporta las cargas actuantes, por lo que se deflacta y se agrieta de manera vertical. De esta forma, la fisura inicia en la parte inferior y termina en grieta en la parte superior. Igualmente, la losa de contrapiso presenta hundimiento entre 1 y 5 cm, lo que se debe a la inadecuada compactación del suelo y la resistencia incorrecta de la losa que no resiste las cargas actuantes.

Por lo tanto, al comparar la información de planos estructurales con lo definido en el estudio de suelos, se halló que el nivel de desplante de zapatas en la zona uno no cumple con lo recomendado en el estudio de suelos.

De los ensayos realizados, se denota que las columnas analizadas, aunque separadas por unos cuantos metros sus resistencias difieren y podría llegar a inducirse una falla estructural en la columna F3 que debería compensar la columna I3 causando grandes daños en la edificación.

Recomendaciones

Inicialmente como medida preventiva, se sugiere la evacuación del edificio en la zona de falla para disminuir la carga aplicada sobre los elementos en falla mientras se realizan los ensayos de campo.

En los elementos de fachada, se recomienda realizar una limpieza de la mampostería con hidrofugado y la aplicación de productos impermeabilizantes y protectores repelentes al agua en fachadas.

En la mamposteara de fachada, se recomienda el sellado de grieta con productos epóxicos para prevenir filtraciones de agua, mientras se ejecutan las reparaciones y el control de prolongación de grietas.

Por último, se recomienda realizar apiques para conocer la configuración de la cimentación, verificar con el análisis estructural la capacidad de soporte necesaria y distinguir si los agrietamientos en el voladizo están ligados con la cimentación.

Referencias

- Agredo, H. (2018). *Estudio de vulnerabilidad sísmica del edificio Álvaro Beltrán Pinzón - sede UIS. Bucaramanga* [Universidad Industrial de Santander].
<https://noesis.uis.edu.co/items/f7380dd8-3f75-4970-bbc7-a7161cdf6748>
- Applied Technology Council. (1996). *ATC-40 Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*.
<https://www.atcouncil.org/pdfs/atc40toc.pdf>
- Asociación de Ingeniería Sísmica [AIS]. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*. AIS.
- Corral, J. T. (2004). Patología de la Construcción. Grietas y Fisuras en Obras de Hormigón Origen y Prevención. *Ciencia y Sociedad*, 29(1), 72-114.
<https://www.redalyc.org/pdf/870/87029104.pdf>
- Cortés, B., & Perilla, K. (2017). *Identificación de Patologías Estructurales en Edificaciones Indispensables del Municipio de Santa Rosa de Cabal (sector educativo)*. Universidad Libre Seccional Pereira.
- Guzmán, D. S. (2006). *Durabilidad y Patología*. ASOCRETO.
- INGEOMINAS. (1997). *Home*.
https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Boletines%20Sismicidad/Bol_Sism_I-1997.pdf
- Royero, J.M. (2001). *Mapa geológico generalizado departamento de Santander*.
<https://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010040002295/documento/pdf/0101022951101000.pdf>
- Servicio Geológico Colombiano. (10 de Marzo de 2024). *Home*.
<https://sish.sgc.gov.co/visor/sesionServlet?metodo=irAMunicipio&idDepartamento=68&idMunicipio=68001&cuadranteXMin=&cuadranteXMax=&cuadranteYMin=&cuadranteYMa>

x=

Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. <https://n9.cl/xlzrr>

Toloza, F. S., & Parra, G. C. (2017). *Modelo de evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico basado en el punto de desempeño para una edificación en concreto reforzado*. s/e.

Uscategui, A. L.-G. (1992). *Geología e Hidrogeología de Santafé de Bogotá y su Sabana*. VII Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería De Colombia - Sociedad Colombiana de Ingenieros – Sociedad Colombiana de Geotecnia.

Vargas, G., & Niño, A. (1992). *Patrones de fracturamiento asociados a la Falla de Bucaramanga*. Universidad Industrial de Santander.

Vargas, Y. F. (2013). *Análisis estructural estático y dinámico probabilista de edificios de hormigón armado. Aspectos metodológicos y aplicaciones a la evaluación del daño*. Universitat Politècnica de Catalunya.

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94966/TYVA1de1.pdf>

Anexos

Anexo 1. Estudio de Suelos ABP

Anexo 2. Planos Arquitectónicos ABP

Anexo 3. Planos Estructurales ABP

Anexo 4. Fichas Edificio ABP

Anexo 5. Fichas y Matriz de Vulnerabilidad.

Anexo 6. Resultados Ensayos No Destructivos

Anexo 7. Análisis Estructural

Anexo 8. Carta de Autorización.