

Informe Patológico del Edificio Santa Cruz de Sotavento

Leidy Milena Patarroyo Hernández

C.C. 1032484435

Juan Pablo Rodríguez Sierra

C.C. 1019122545

Maikol Santiago Pérez Fuentes

C.C. 1233888250

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

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE GRAFICOS	3
INDICE DE TABLAS	4
RESUMEN	5
PALABRAS CLAVES	5
ABSTRACT	6
KEYWORDS.....	6
OBJETIVOS	7
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
HISTORIA CLINICA.....	8
ANTECEDENTES	8
DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	8
IDENTIFICACION DE PACIENTE	9
ESTUDIO DE SUELOS.....	9
DISEÑO ESTRUCTURAL	10
DISEÑO ARQUITECTONICO-ESTRUCTURAL	12
METODOLOGIA.....	13
ANALISIS DE DATOS.....	14
DESPRENDIMIENTO DE FACHADA.....	14
DESNIVEL Y DESPRENDIMIENTO DE FACHADA LATERAL	15
FISURACION DE FACHADA	16
DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL DE LADRILLO	17
FILTRACIONES DE AGUAS LLUVIAS.....	18
DIAGNOSTICO	19
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL ANTE SISMO.....	20
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	31
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	32
CRONOGRAMA	39
PRESUPUESTO.....	42
RESULTADOS.....	43

INDICE DE GRAFICOS

Ilustración 1. Fotografía de fachada del Edificio Santa Cruz de Sotavento	8
Ilustración 2 Fotografía interna de Edificio Santa Cruz de Sotavento.....	9
Ilustración 3. Planta general de cimentación y piso 1.....	11
Ilustración 4. Sección de localización de columnas	11
Ilustración 5. Planta descripción de junta constructiva	12
Ilustración 6.Fachada lateral interna UE 2	14
Ilustración 7. Fachada lateral.....	15
Ilustración 8. fisuración de fachada UE 1	16
Ilustración 9. Desprendimiento de fachada	17
Ilustración 10. Filtraciones	18
Ilustración 11 Fachada, elemento no estructural.....	19
Ilustración 12. Viga en ladrillo, elemento estructural	19
Ilustración 13. Fachada, elemento no estructural.....	20
Ilustración 14. Viga y placa, elemento estructural	20
Ilustración 15. Detalle de fisuras de ataque por sulfatos 1	21
Ilustración 16. Desprendimientos de material estructural 1	21
Ilustración 17. Detalle de fisuras de ataque por sulfatos 2	22
Ilustración 18. Desprendimientos de material estructural 2.....	22
Ilustración 19. Desprendimiento de material y exposición de acero 1	23
Ilustración 20. Desprendimiento de material y exposición de acero 2	23
Ilustración 21. Detalle de retracción por hidratación del cemento	24
Ilustración 22. Fisuración en plataforma	24
Ilustración 23. Fisuración muros no estructurales	25
Ilustración 24. Fisuración en Losa Aligerada.....	25
Ilustración 25. Detalle de corrosión de elemento estructura.....	26
Ilustración 26. Presencia de corrosión en placa aligerada 1	26
Ilustración 27. Presencia de corrosión en placa aligerada 2	27
Ilustración 28. Detalle de fisuración de columna de fachada.....	27
Ilustración 29. Detalle de fisuración de columna intermedia.....	28
Ilustración 30. Verticalidad de fachada.....	28
Ilustración 31. Visualización desplazamiento desde sótano.....	29
Ilustración 32. Fisura muro de pantalla	29
Ilustración 33. Detalle de proceso de reparación	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis desprendimiento de fachada	14
Tabla 2. Análisis desniveles y desprendimientos.....	15
Tabla 3. Análisis de fisura de fachada	16
Tabla 4. Análisis de desprendimientos	17
Tabla 5. Análisis de Filtraciones	18
Tabla 6. Cronograma de actividades.....	41
Tabla 7. Presupuesto	42

RESUMEN

En el presente trabajo se llevará a cabo el estudio de las patologías presentes en uno de los edificios localizados en la ciudad de Bogotá, específicamente en la localidad de Usaquén. El caso de estudio corresponde al conjunto residencial Santa Cruz de Sotavento, ubicado en la Carrera 11 No. 140 - 87, barrio Los Cedritos. Esta edificación, construida en el año 1980, ha comenzado a evidenciar asentamientos y desplazamientos laterales que han ocasionado desprendimientos de material y separaciones entre las unidades de vivienda y la plataforma del conjunto.

Con el propósito de identificar y evaluar los riesgos más relevantes asociados a estas manifestaciones, la firma **Alfonso Uribe & Cía. S. A.** llevó a cabo un estudio de suelos orientado al análisis del comportamiento estructural del edificio y al planteamiento de posibles soluciones técnicas. Este informe busca, por tanto, analizar las causas de las patologías observadas, interpretar los resultados del estudio geotécnico y proponer medidas de intervención que contribuyan a la seguridad, estabilidad y durabilidad de la estructura.

PALABRAS CLAVES

Patología estructural, cimentación, asentamientos, concreto, análisis estructural, intervención, refuerzo estructural, daños estructurales, nivelación, verticalidad.

ABSTRACT

This study focuses on the analysis of structural pathologies identified in one of the buildings located in Bogotá, specifically in the locality of Usaquén. The case study corresponds to the residential complex Santa Cruz de Sotavento, located at Carrera 11 No. 140 – 87, in the Los Cedritos neighborhood. Constructed in 1980, the building has begun to exhibit signs of settlement and lateral displacement, leading to material detachment and separations between the housing units and the platform structure.

In order to identify and evaluate the most significant risks associated with these conditions, the firm Alfonso Uribe & Cía. S. A. conducted a soil study aimed at analyzing the building's structural behavior and proposing technical solutions. Consequently, this report seeks to determine the causes of the observed pathologies, interpret the findings of the geotechnical study, and propose intervention measures that enhance the safety, stability, and durability of the structure..

KEYWORDS

Structural pathology, foundation, settlements, concrete, structural analysis, intervention, structural reinforcement, structural damage, leveling, verticality.

OBJETIVOS**OBJETIVO GENERAL**

Analizar las patologías presentes en el Edificio Santa Cruz de Sotavento, a partir de las visitas realizadas y el estudio de suelos llevado a cabo por la firma Alfonso Uribe & Cía. S. A

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Definir la situación actual del Edificio Santa Cruz de Sotavento
- Analizar los factores patologías del Edificio Santa Cruz de Sotavento
- Diagnosticar el Edificio Santa Cruz de Sotavento

HISTORIA CLINICA

ANTECEDENTES

El edificio fue construido en el año 1992, con base en los diseños y estudios de suelos realizados por la firma **Espinosa y Restrepo & Cía. Ltda.**. Sin embargo, los diseños estructurales estuvieron a cargo de **P&D Proyectos y Diseños Ltda.**, cuyos estudios y ejecución se desarrollaron conforme al **Código Colombiano de Construcción Sismo Resistente**, establecido en el **Decreto 2400 de 1984**, aplicable a los diseños sismorresistentes en Colombia. Asimismo, los diseños arquitectónicos fueron elaborados por la firma **Quijano & Irisarri Ltda.**

Es importante señalar que, debido a fallas estructurales y movimientos recurrentes en la edificación, se han realizado diferentes estudios y seguimientos estructurales en los años **2008** y **2023**. En dichos procesos, la firma **Ingestructurales** participó como interventoría general, emitiendo recomendaciones técnicas relacionadas con los daños observados en cada periodo de evaluación. Finalmente, el **último estudio de suelos** fue efectuado por la firma **Alfonso Uribe & Cía. S. A.**, con el propósito de actualizar la información geotécnica y contribuir al diagnóstico integral de la estructura.

DESCRIPCION DEL PROYECTO

Edificio Santa Cruz de Sotavento, ubicado en la ciudad de Bogotá, en la localidad de Usaquén en la carrera 11 No. 140 -87. El cual consta de dos unidades estructurales, que están divididas en 4 unidades de 7 pisos. Presenta un sótano con el área total de las unidades estructurales, junto a una plataforma que esta ubicada en el centro del proyecto y realiza la conexión del salón comunal y la portería.



Ilustración 1. Fotografía de fachada del Edificio Santa Cruz de Sotavento
Archivo: Fuente propia

IDENTIFICACION DE PACIENTE

Edificio Santa Cruz de Sotavento, ubicado en la ciudad de Bogotá. El Presente edificio ha sido sometido recientemente a un estudio de suelos debido a fallas constantes en su estructura, lo que ha permitido analizar sus patologías, realizar estudios clínicos para llevar a cabo los diagnósticos evaluados en el paciente-Ver ilustración 1-2



Ilustración 2 Fotografía interna de Edificio Santa Cruz de Sotavento
Archivo: Fuente propia

ESTUDIO DE SUELOS

De acuerdo con los estudios de suelos realizados por la firma Alfonso Uribe & Cía. S. A., se determinó que la zona donde se encuentra construido el edificio corresponde al sector central de un área con alta densidad de vivienda dentro de la ciudad de Bogotá. Esta zona forma parte de una franja montañosa que, históricamente, fue destinada a actividades mineras para la explotación de canteras, gravilleras y chircales.

Desde el punto de vista geológico, la ciudad se localiza principalmente sobre depósitos sedimentarios, y los suelos de la zona están conformados por rocas de tipo arenisca, arcillolita y conglomerado.

El perfil estratigráfico obtenido en el área de estudio permitió establecer las siguientes condiciones del terreno:

1. Perímetro del conjunto: presencia de recebo arcilloso con piedras, rellenos de tierra y arcillas con escombros. La perforación alcanzó una profundidad de 1,10 m.
2. Sección central del conjunto: se identificaron arcillas de color café oscuro, veteadas y de consistencia dura, con una perforación de 2,0 m. En la misma zona se encontraron proarcillas de color café gris verdoso, de consistencia media, con una perforación de 6,0 m.
3. Zona externa del edificio: se observaron arcillas de color café grisáceo con lentes orgánicos, de consistencia media, alcanzando una profundidad de 22 m.
4. Nivel freático: se detectó la presencia de agua libre a una profundidad aproximada de 3,2 m.

En cuanto al sistema de cimentación, se entiende que el edificio se encuentra soportado por zapatas aisladas, tanto céntricas como excéntricas, con dimensiones aproximadas entre 1,6 x 1,6 m y 2,9 x 2,9 m, interconectadas mediante vigas de amarre.

Los análisis realizados, basados en los perfiles estratigráficos y las cargas transmitidas por la estructura, indican que el edificio presenta una condición de fatiga del suelo de cimentación, con un factor de seguridad frente a falla igual a 3. Esta situación ha generado desplazamientos laterales en la edificación de hasta 30 cm, evidenciando la necesidad de una evaluación estructural detallada y la implementación de medidas correctivas adecuadas.

DISEÑO ESTRUCTURAL

En primera instancia, se debe realizar la confirmación por medio de los planos estructurales, la resistencia del concreto implementado en el proyecto fue la siguiente:

- Resistencia de 21 MPa para columnas, vigas y la losa del primer piso.
- Resistencia de 28 MPa para las columnas desde el segundo piso en adelante.

La cimentación de las unidades estructurales 1 y 2 se construyó mediante el proceso de placas aligeradas, las cuales están vinculadas a una estructura de 1.00 metro de altura, empotrada sobre pilotes. Dado que se trata de una placa aligerada, se utilizó casetón de guadua y tramos parciales en madera como elementos de aligeramiento.

Siguiendo esta misma sección constructiva, la losa del primer piso también fue construida como una placa aligerada, utilizando casetones de guadua y concreto reforzado, con un espesor de 40 cm. Esta losa fue diseñada para soportar cargas vivas de hasta 180 kg/m², como se evidencia en la Ilustración 3.

Sin embargo, el proyecto presenta una estimación en la sección correspondiente a la plataforma y/o sótano presenta un peso proyectado en planta de aproximadamente 1.0 T/m², y cargas máximas de hasta 50 toneladas en los pedestales de confinamiento, debido a las cargas axiales concentradas en las áreas de proyección

Finalmente, la ubicación de las columnas no supera los 7 metros lineales en las secciones laterales y transversales, tal como se observa en la Ilustración 4.

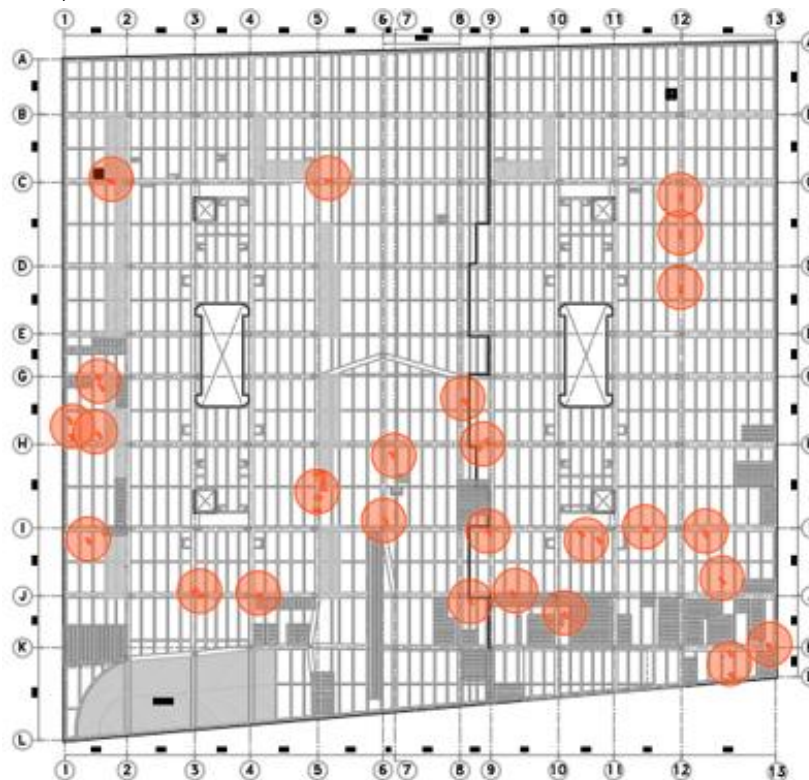


Ilustración 3. Planta general de cimentación y piso 1

Archivo: P&D Proyectos y Diseños Ltda

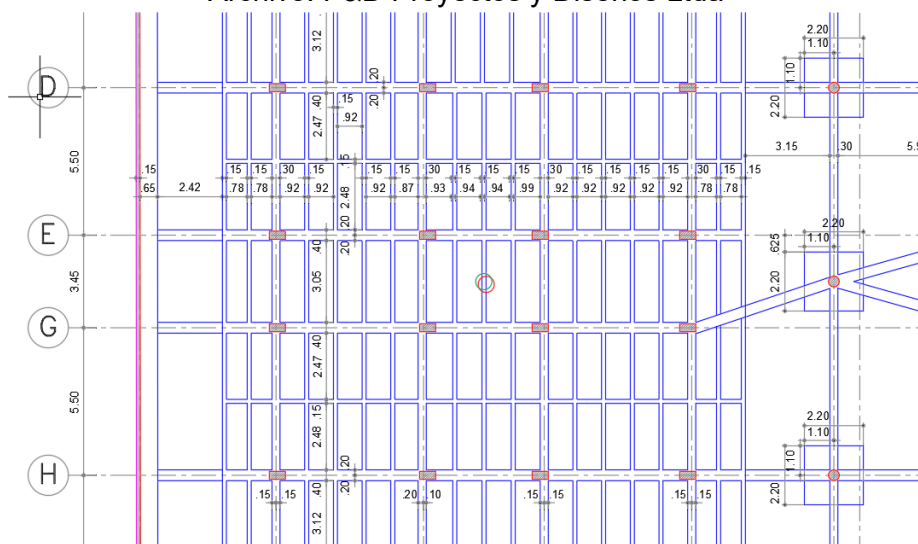


Ilustración 4. Sección de localización de columnas

Archivo: P&D Proyectos y Diseños Ltda

DISEÑO ARQUITECTONICO-ESTRUCTURAL

Proyecto que tiene dos unidades estructurales, separados por una plataforma, como lo muestra la imagen 4, que presenta una junta constructiva para independizar cualquier comportamiento sismorresistente entre las torres y la plataforma, como se evidencia en la ilustración 5.

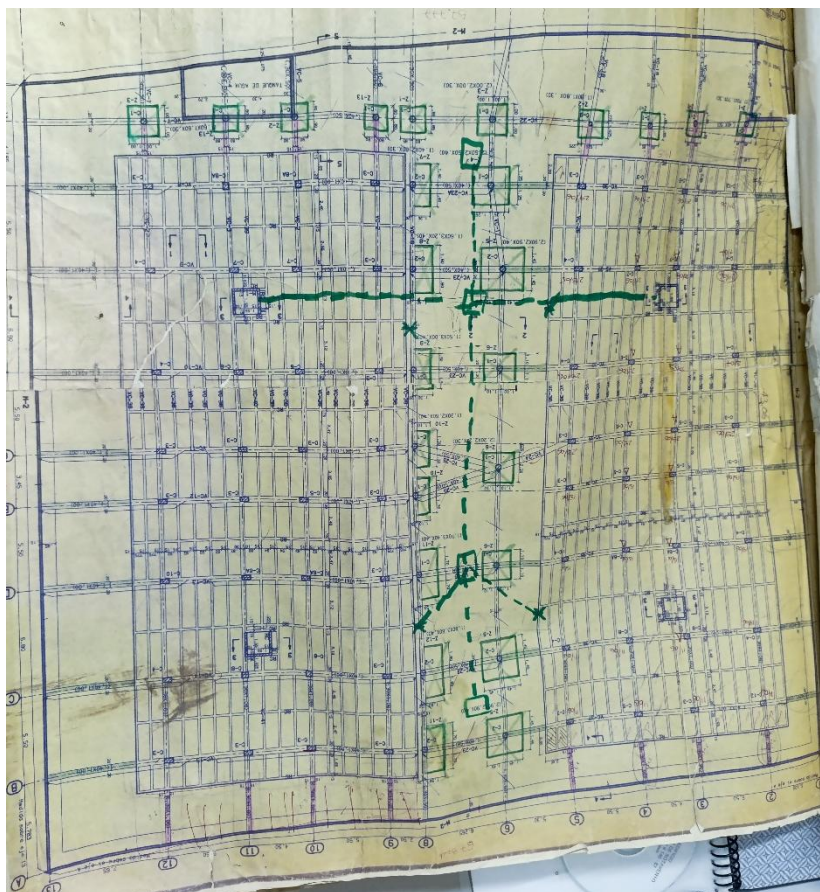


Ilustración 5. Planta descripción de junta constructiva
Archivo: P&D Proyectos y Diseños Ltda

METODOLOGIA

La metodología se fundamenta en un protocolo de diagnóstico que parte de una inspección visual y dimensional sistemática del estado de los elementos de fachada. Esta evaluación inicial permitió identificar y calificar un cuadro patológico consistente, caracterizado principalmente por el desprendimiento de elementos no portantes, desniveles significativos, y la presencia de fisuración vertical continua. Dichas manifestaciones se atribuyen a los esfuerzos inducidos por asentamientos diferenciales en la cimentación, que han fatigado los componentes de la fachada.

A partir de este diagnóstico preliminar, se plantea un plan de auscultación instrumental para cuantificar la magnitud de los daños, el cual incluye: ensayos de adherencia Pull-Off para determinar la cohesión residual del recubrimiento ; un estudio de asentamientos y control de verticalidad para monitorear los movimientos de la estructura ; la instalación de fisurómetros para registrar la evolución de las grietas ; y el uso de esclerometría para evaluar la homogeneidad y condición del material en las zonas con desprendimiento superficial.

Este enfoque sistemático tiene como finalidad obtener los parámetros cuantitativos necesarios para un diagnóstico definitivo y el posterior planteamiento de una solución de intervención efectiva.

ANÁLISIS DE DATOS

De acuerdo con la revisión general del edificio, se realizó un análisis del estado interno y externo de la fachada, comprobando la presencia de desplazamientos continuos que están generando afectaciones en las redes hidrosanitarias, eléctricas y de comunicaciones, así como fallas estructurales que favorecen la aparición de filtraciones asociadas a factores ambientales. En consecuencia, se presentan a continuación los datos obtenidos durante la evaluación:

DESPRENDIMIENTO DE FACHADA

Aspecto analizado	Datos recopilados
La fachada interna del Edificio 2 presenta desprendimiento lateral ocasionado por esfuerzos de tracción en los elementos superficiales. Asimismo, se evidencian filtraciones de agua derivadas de las condiciones climáticas, las cuales están generando la debilitación del recubrimiento y la pérdida de adherencia del material de pega.	Se observaron dilataciones aparentes entre los elementos de ladrillo y el mortero de pega, originadas por los movimientos laterales del edificio asociados a asentamientos en la cimentación. Esta condición ha generado un proceso de fatiga en los elementos no estructurales, evidenciando pérdida de adherencia y discontinuidades en la fachada.
Registro Fotográfico	Resultados del análisis
 <i>Ilustración 6. Fachada lateral interna UE 2</i> Fuente: Archivo propio	Desprendimiento y separación de ladrillo de fachada por la fatiga estructural en los elementos no portantes, generando el deterioro progresivo del acabado de la fachada
Ensayos destructivos	Se genera un ensayo de adherencia o denominado PULL-OFF para determinar la cantidad de pérdida de la adherencia del ladrillo con el mortero o que cohesión interna está llevando a cabo por los movimientos

Tabla 1. Análisis desprendimiento de fachada

DESNIVEL Y DESPRENDIMIENTO DE FACHADA LATERAL

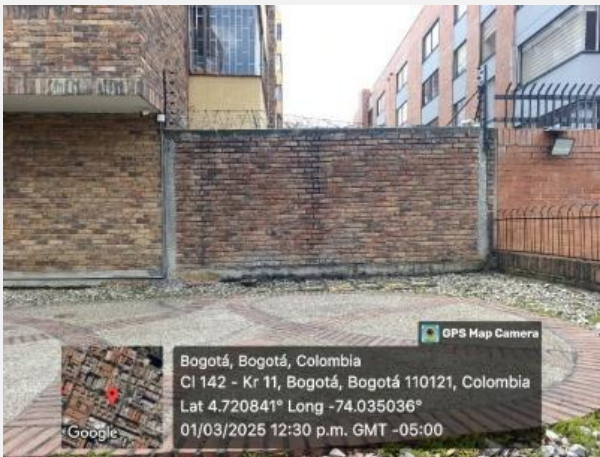
Aspecto analizado	Datos recopilados
La fachada lateral del edificio presenta un desnivel lateral ocasionado por variaciones en la capacidad portante del suelo, derivadas de asentamientos diferenciales en la cimentación. Como consecuencia de estas variaciones, se han generado fisuras verticales y desalineación entre el muro de la zona común y la estructura principal del edificio. Esta condición evidencia un comportamiento irregular del terreno que ha afectado la estabilidad y continuidad de los elementos no estructurales de la fachada.	Se observaron dilataciones aparentes entre los elementos de ladrillo y el mortero de pega, originadas por los movimientos laterales del edificio asociados a asentamientos en la cimentación. Esta condición ha generado un proceso de fatiga en los elementos no estructurales, evidenciando pérdida de adherencia y discontinuidades en la fachada. Adicional se presentan diferencia de niveles a 12 cm aproximadamente.
Registro Fotográfico	Resultados del análisis
 Ilustración 7. Fachada lateral Fuente: Archivo propio	Desnivel del suelo y desprendimiento de elementos no estructurales por empujes laterales del terreno que genero esfuerzos de tracción y compresión.
Ensayos no destructivos	Se genera estudio de asentamiento, para la verificación de movimientos laterales del edificio. Llevando acabo puntos de referencia para la base de estudio

Tabla 2. Análisis desniveles y desprendimientos

FISURACION DE FACHADA

Aspecto analizado	Datos recopilados
En la fachada principal de la unidad 1 del edificio se observa una fisuración vertical ocasionada por movimientos laterales derivados de asentamientos en la cimentación. Esta condición ha generado pérdida de adherencia entre el ladrillo y el mortero, provocando la aparición de juntas falsas y permitiendo la penetración de humedad ambiental y agua por acción de los factores climáticos.	Se observaron fisuraciones de dilataciones verticales, originadas por los movimientos laterales del edificio asociados a asentamientos en la cimentación. Se presenta perdida de estanqueidad de la fachada Fisuración lateral desde piso 4 a piso 1 por sección de sala comedor de los apartamentos
Registro Fotográfico	Resultados del análisis
 Ilustración 8. fisuración de fachada UE 1 Fuente: Archivo propio	Desnivel del suelo y desprendimiento de elementos no estructurales por empujes laterales del terreno que genere esfuerzos de tracción y compresión. fisuración continua de 2 a 5 mm proporcionales desde piso 1 a piso 4
Ensayos no destructivos	Fisurómetro de control analógicos y verticalidad de muros

Tabla 3. Análisis de fisura de fachada

DESPRENDIMIENTO SUPERFICIAL DE LADRILLO

Aspecto analizado	Datos recopilados
separación incompleta entre los dos elementos el cual presenta el desprendimiento en sección de compresión de la fachada por el asentamiento del edificio	Separación y segregación de los elementos no estructurales por asentamiento y carga del edificio, presencia de humedades internas bajo los factores climáticos.
Registro Fotográfico	Resultados del análisis
 Ilustración 9. Desprendimiento de fachada Fuente: Archivo propio	Desnivel del suelo y desprendimiento de elementos no estructurales por empujes laterales del terreno que genere esfuerzos de tracción y compresión.
Ensayos no destructivos	Esclerometría y asentamientos

Tabla 4. Análisis de desprendimientos

FILTRACIONES DE AGUAS LLUVIAS

Aspecto analizado	Datos recopilados
Presencia de lixiviaciones, Presencia de filtraciones de aguas lluvias por fisuraciones de placas. Igualmente, vista de oxidación por presencia del fenómeno de humedecimientos por las fisuras presentadas en la zona de plataforma	Se presenta daños y fisuras por oxidación, ya que la corrosión del acero se presento por la humedad presentada. fisuración constante de 2mm a 3mm en placas sin daños de separación de placas.
Registro Fotográfico	Resultados del análisis
 Ilustración 10. Filtraciones Fuente: Archivo propio	Filtraciones de aguas lluvias, generando tonalidades ocre causadas por la corrosión de la oxidación del acero que se posiciona en la plataforma
Ensayos no destructivos	Medición de humedad y cloruros, junto a Ferroskan para determinar que la posición del acero este presentando los recubrimientos reales.

Tabla 5. Análisis de Filtraciones

DIAGNOSTICO

De acuerdo con la sección de los análisis presentados en el capítulo 3, se lleva a cabo los diagnósticos específicos para cada una de los elementos estructurales y no estructurales para llevar a cabo los análisis de intervención en el Edificio Santa Cruz de Sotavento a intervención son:

1. Fachada, como elemento no estructural:

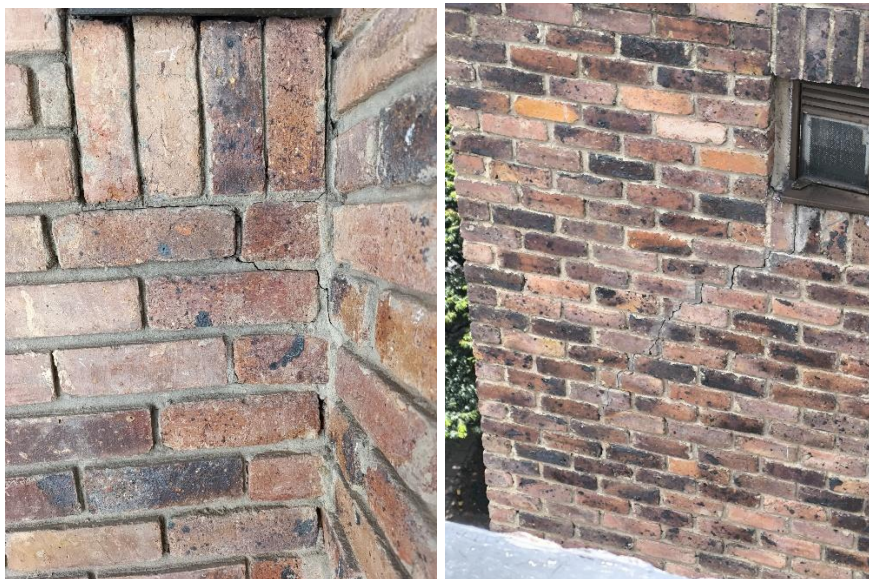


Ilustración 11 Fachada, elemento no estructural
Archivo: Fuente propia

2. Viga en ladrillo, como elemento estructural:



Ilustración 12. Viga en ladrillo, elemento estructural
Archivo: Fuente propia

3. Fachada, como elemento no estructural:



Ilustración 13. Fachada, elemento no estructural
Archivo: Fuente propia

4. Vigas y placa, como elemento estructural:



Ilustración 14. Viga y placa, elemento estructural
Archivo: Fuente propia

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL ANTE SISMO

Los siguientes análisis se centran en los concretos potencialmente defectuosos utilizados en la obra, los cuales podrían presentar deficiencias debido a una inadecuada vibración durante el vaciado, así como a condiciones poco apropiadas en el proceso de colocación.

- Fisuras por posibles ataques de sulfatos: presencia de desprendimientos continuos por la sección de plataforma.

FISURAS DE ATAQUE POR SULFATOS

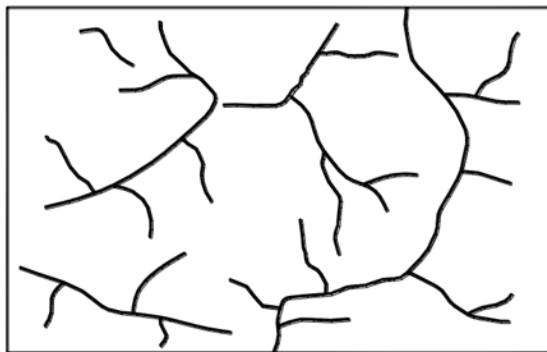


Ilustración 15. Detalle de fisuras de ataque por sulfatos 1
Archivo: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica



Ilustración 16. Desprendimientos de material estructural 1
Archivo: Fuente propia

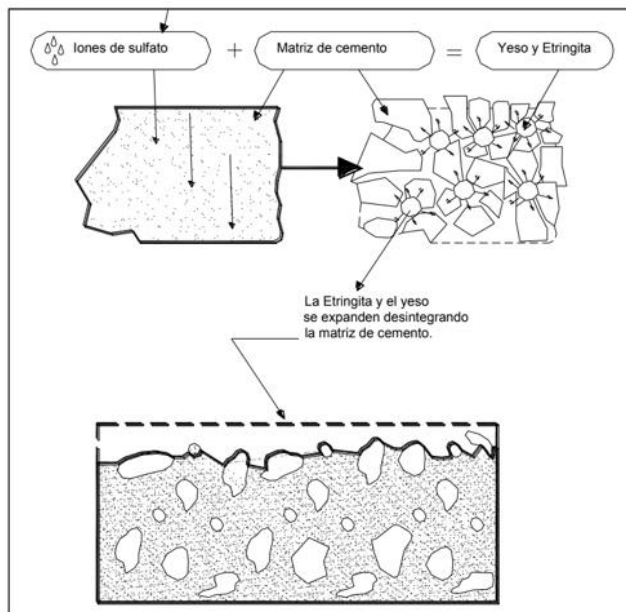


Ilustración 17. Detalle de fisuras de ataque por sulfatos 2
Archivo: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica



Ilustración 18. Desprendimientos de material estructural 2
Archivo: Fuente propia

- Falla mecánica: Presencia de desprendimientos continuos por la sección de plataforma, causando exposición de acero como malla electrosoldada.



Ilustración 19. Desprendimiento de material y exposición de acero 1
Archivo: Fuente propia



Ilustración 20. Desprendimiento de material y exposición de acero 2
Archivo: Fuente propia

- Acciones fisio-químicas: Se presenta fisuración y grietas de suelos de concreto por posible retracción por hidratación en sección de sótano, muros estructurales en sección de sótano y fisuración en muro no estructural por fachada.

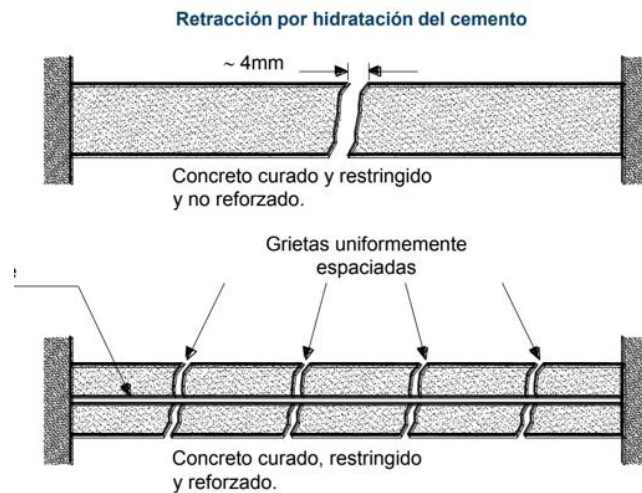


Ilustración 21. Detalle de retracción por hidratación del cemento
Archivo: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

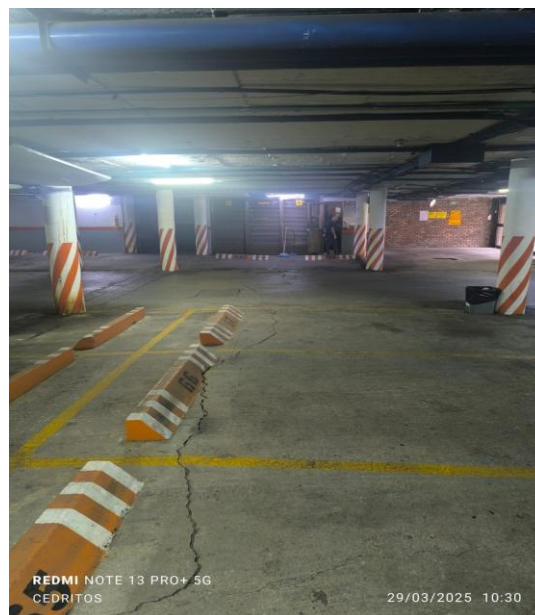


Ilustración 22. Fisuración en plataforma
Archivo: Fuente propia



Ilustración 23. Fisuración muros no estructurales
Archivo: Fuente propia

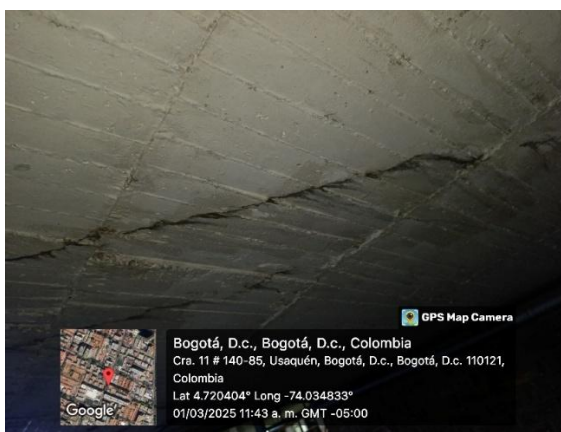


Ilustración 24. Fisuración en Losa Aligerada
Archivo: Fuente propia

Por otro lado, se identifican afectaciones ambientales evaluadas a través del fenómeno de corrosión galvánica, atribuible a un entorno altamente agresivo. Las filtraciones presentes han favorecido distintos mecanismos de corrosión, los cuales se evidencian en los registros que se presentan a continuación.

- Corrosión Galvánica: Presencia de fisuraciones por plataforma a nivel 0, causando filtraciones por medio ambiente

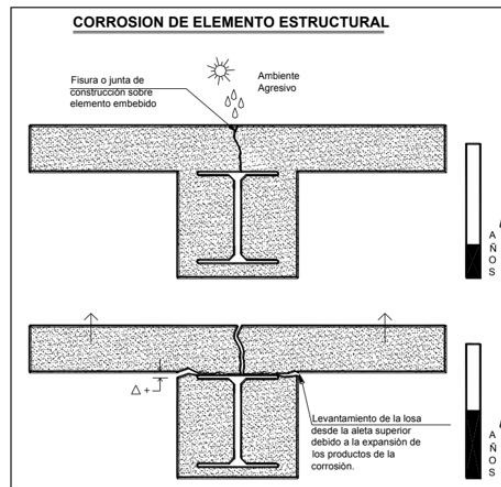


Ilustración 25. Detalle de corrosión de elemento estructura
Archivo: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

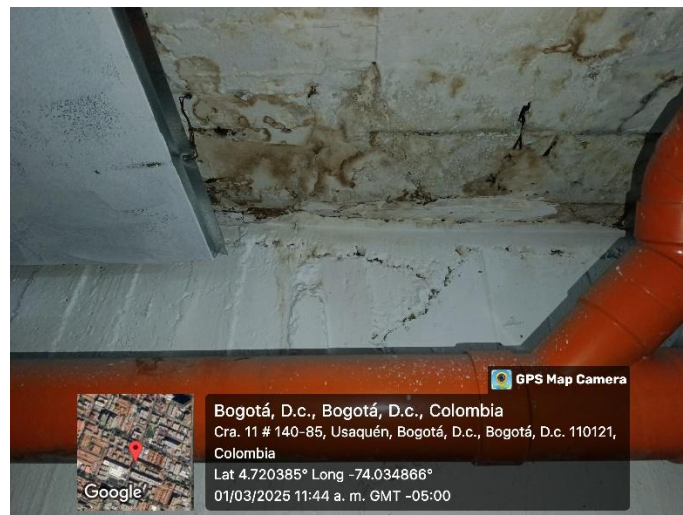


Ilustración 26. Presencia de corrosión en placa aligerada 1
Archivo: Fuente propia

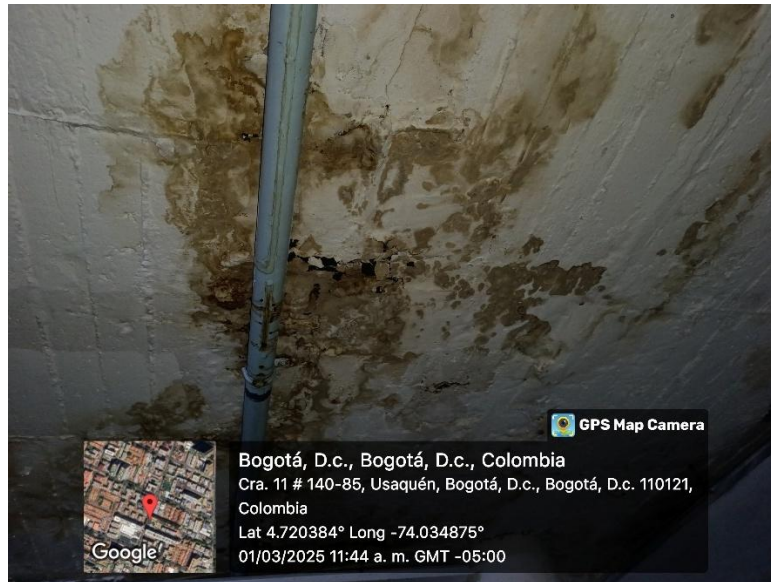


Ilustración 27. Presencia de corrosión en placa aligerada 2
Archivo: Fuente propia

- Acción fisio-químicas: Por movimientos de cimentaciones, el edificio presenta desplazamientos laterales con grados de inclinación hacia la parte externa de cada unidad estructural

FISURACION POR ASIENTO DE COLUMNA DE FACHADA

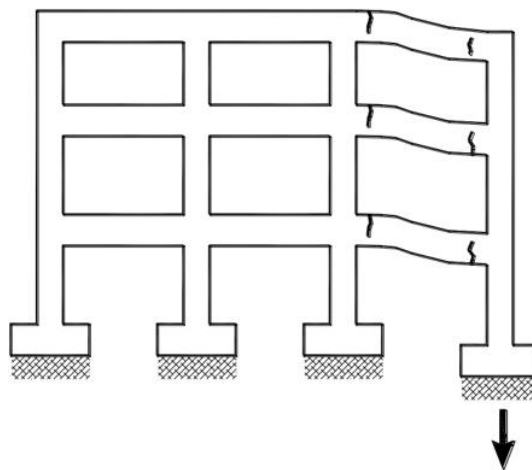


Ilustración 28. Detalle de fisuración de columna de fachada
Archivo: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

FISURACION POR ASIENTO DE COLUMNA INTERMEDIA

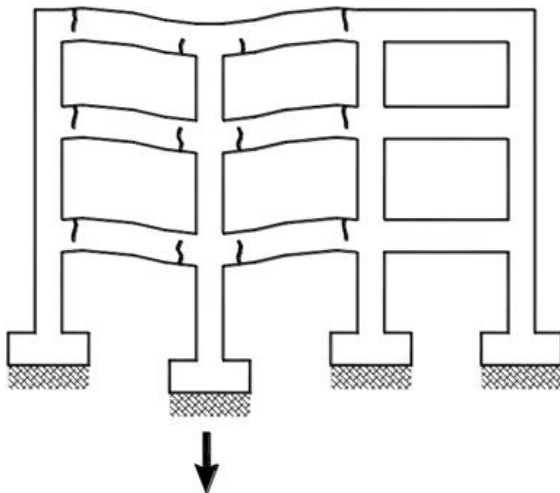


Ilustración 29. Detalle de fisuración de columna intermedia
Archivo: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

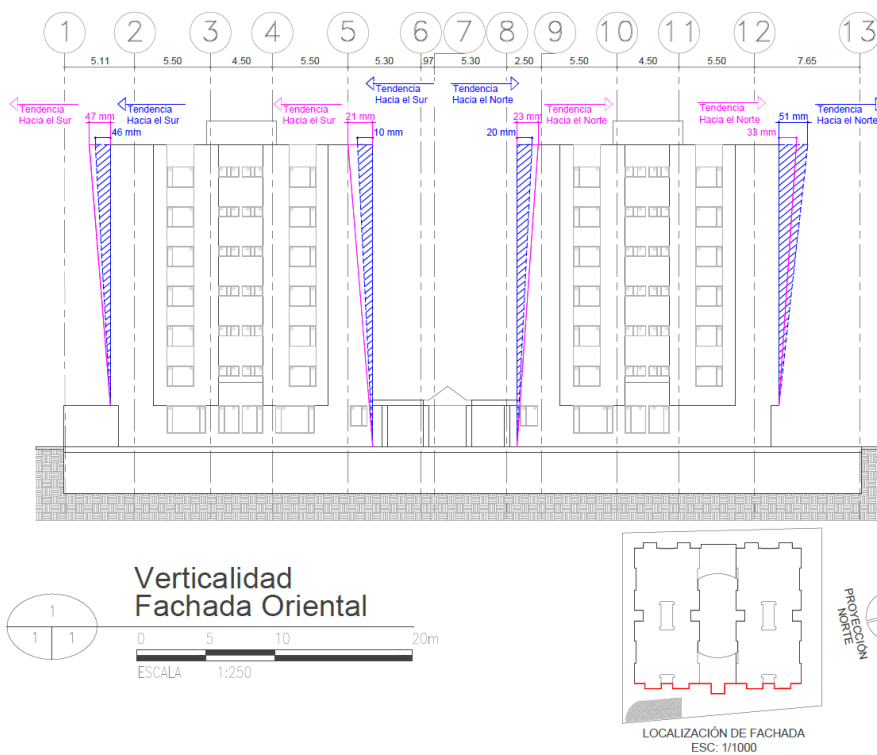


Ilustración 30. Verticalidad de fachada
Archivo: Ingestructuras

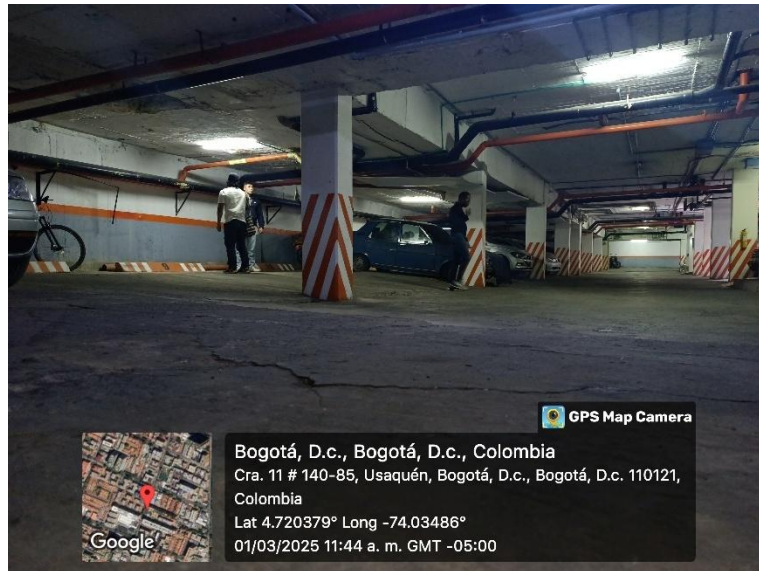


Ilustración 31. Visualización desplazamiento desde sótano
Archivo: Fuente propia

Al evaluar las afectaciones estructurales derivadas de los asentamientos diferenciales evidenciados en el sistema, es fundamental cuantificar el grado de deterioro de los elementos comprometidos, considerando patologías como la corrosión de los aceros de refuerzo y la aparición de fisuras en los componentes estructurales. La acción conjunta de estos factores puede alterar significativamente las propiedades mecánicas de los elementos afectados.

En los muros de contención y placas, se recomienda el uso de grapas estructurales complementadas con una malla de refuerzo, con el objetivo de redistribuir los esfuerzos en la zona afectada por la fisura y recuperar parcialmente la capacidad resistente comprometida por la patología. A continuación, se presenta una imagen ilustrativa de una alternativa técnica aplicable a este tipo de intervención en placas.

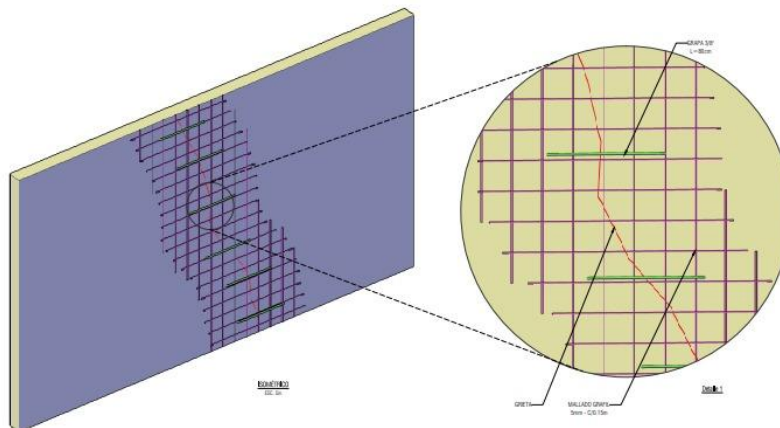


Ilustración 32. Fisura muro de pantalla
Archivo: Fuente propia

Para el tratamiento adecuado del acero expuesto y corroído, se propone la siguiente metodología:

1. **Remoción del concreto deteriorado:** Todo el concreto suelto o contaminado debe ser removido mecánicamente hasta exponer el acero en su totalidad, garantizando la eliminación de los productos de corrosión visibles.
2. **Tratamiento del acero de refuerzo:**
 - Se debe limpiar el acero mediante métodos mecánicos (cepillado, arenado) o químicos, asegurando una superficie metálica limpia.
 - Aplicar inhibidores de corrosión o convertidores específicos, seguidos de imprimaciones epóxicas protectoras (Medeiros & Helene, 2009).
3. **Reparación del concreto:**
 - Restituir el volumen con morteros de reparación estructurales compatibles con el concreto original y de baja permeabilidad, aplicados en capas según especificación técnica.
 - En el siguiente esquema se presenta una alternativa secuencial para la reparación de las zonas donde se perdió volumen de concreto.

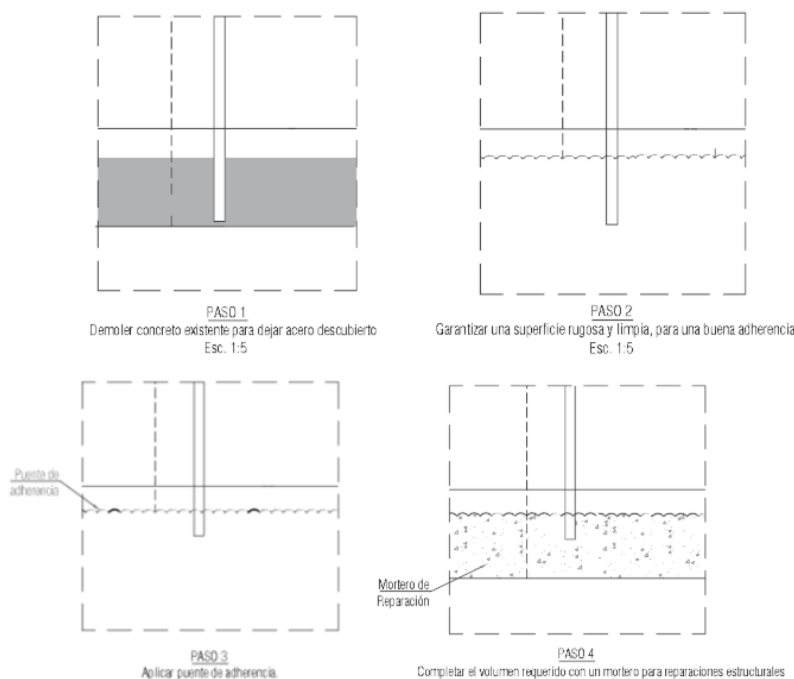


Ilustración 33. Detalle de proceso de reparación
Archivo: Manual de reparaciones

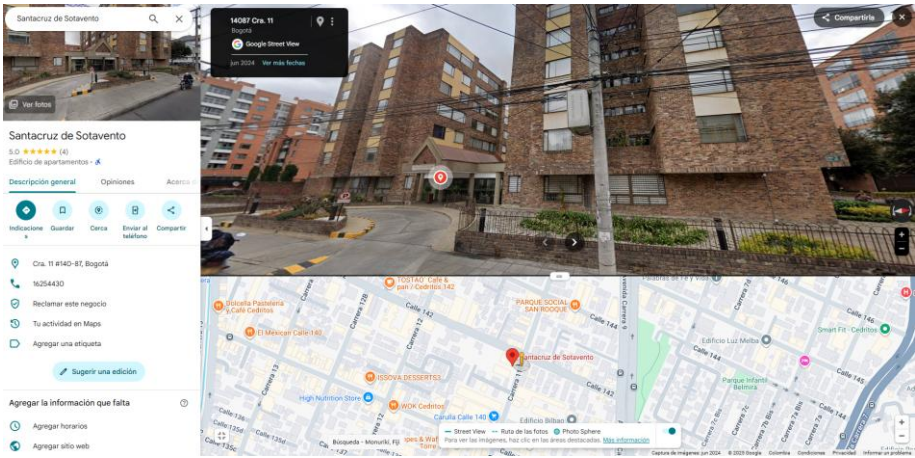
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

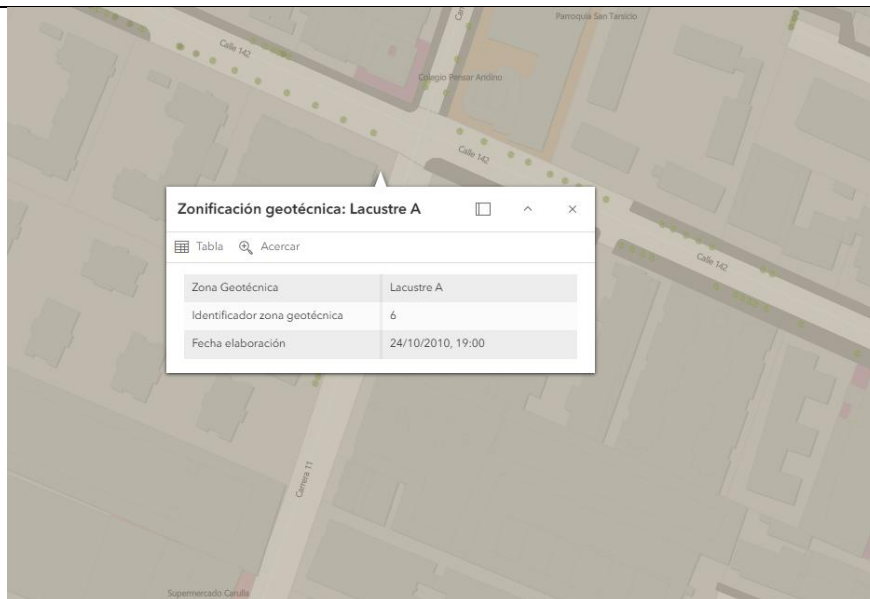
El diagnóstico principal es una condición de fatiga del suelo de cimentación, lo que significa que el suelo no tiene la capacidad suficiente para soportar la estructura, generando los asentamientos y desplazamientos. Por lo tanto, la intervención prioritaria y fundamental es estabilizar la cimentación. La solución más efectiva para esto sería:

1. **Recalce de la Cimentación:** Esta es la solución definitiva para detener los asentamientos. Consiste en reforzar la cimentación existente para transmitir las cargas del edificio a estratos de suelo más profundos y competentes que sí puedan soportarlas. Una técnica común y efectiva para edificios existentes es el uso de micropilotes.
 - 1.1. **Micropilotes:** Se emplearán micropilotes para evitar el continuo asentamiento diferencial que se viene presentando en las unidades estructurales 1 y 2 y la plataforma; su profundidad de perforación será hasta alcanzar las arcillas de consistencia dura o las rocas de arenisca mencionadas en el perfil estratigráfico. De esta manera, el peso del edificio ya no descansa sobre el suelo fatigado, sino sobre estos nuevos elementos profundos.
2. **Reparación de Patologías Estructurales y No Estructurales:** Una vez que la estructura esté estabilizada se debe generar la reparación de las patologías que se han desencadenado por el asentamiento diferencial
 - 2.1. **Muros y placas:** Para fisuras en muros de contención y placas, se recomienda el uso de grapas estructurales y una malla de refuerzo para redistribuir los esfuerzos y recuperar la capacidad de carga en la zona afectada
 - 2.2. **Reparación de Elementos de Concreto y Acero de Refuerzo:** Se debe retirar todo el concreto suelto o dañado hasta dejar el acero de refuerzo completamente expuesto, para el acero de refuerzo se debe tratar el acero expuesto para eliminar toda la corrosión mediante métodos mecánicos o químicos; Posterior a la limpieza y correcta disposición del acero se genera la restitución del concreto Rellenar el volumen perdido con morteros de reparación estructural de baja permeabilidad y compatibles con el concreto original.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Presentar un análisis sucinto sobre la sismicidad en la región incluyendo:

Ubicación	El conjunto residencial Santa Cruz de Sotavento se localiza en la Carrera 11 No. 140 – 87, barrio Los Cedritos, en la localidad de Usaquén, al norte de Bogotá D.C. Esta zona forma parte de la Sabana de Bogotá, un valle interandino situado a aproximadamente 2.600 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra dentro de una región con actividad sísmica moderada, influenciada por el sistema de fallas activas que atraviesa el altiplano cundiboyacense.  (imagen tomada de https://www.google.com/maps)
Descripción Geológica	Geológicamente, el sector de Usaquén pertenece a la Formación Sabana, compuesta principalmente por depósitos aluviales recientes, arcillas, limos y arenas finas, con presencia de niveles de rellenos antrópicos en zonas urbanizadas. Estos suelos tienden a ser compresibles y susceptibles a asentamientos diferenciales, lo que explica en parte las patologías estructurales observadas en edificaciones antiguas. En el subsuelo también se encuentran formaciones de lutitas y areniscas del Grupo Guadalupe, que conforman la base geológica de la zona.



(imagen tomada de <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=ca8f64144f1e44c9b49855dacc31aae2>)

Histórico De Sismos

Bogotá y su área metropolitana se han visto afectadas históricamente por varios eventos sísmicos relevantes. El más significativo fue el sismo de 1967 con epicentro en Pasca (Cundinamarca), de magnitud 7.0, que provocó daños estructurales en edificaciones del norte de la ciudad. En las últimas décadas se han registrado movimientos menores, con magnitudes entre 3.5 y 5.0, asociados principalmente a las fallas de Bogotá, Teusacá y Guaymaral, las cuales cruzan o bordean la zona norte del distrito.

Vecinos Colindantes

La localidad de Usaquén limita al norte con el municipio de Chía, al sur con la localidad de Chapinero, al oriente con los cerros orientales de Bogotá y al occidente con la localidad de Suba. Todas estas zonas se encuentran dentro del mismo entorno tectónico, afectado por la actividad de las fallas mencionadas. En conjunto, conforman un sector de la ciudad que requiere especial atención en términos de evaluación sísmica y control de asentamientos para edificaciones construidas sobre suelos de baja capacidad portante.

Sistema Constructivo

El conjunto residencial Santa Cruz de Sotavento, construido alrededor de 1980, presenta un sistema estructural tradicional en concreto reforzado, común en edificaciones residenciales de mediana altura de esa época en Bogotá. La estructura está compuesta por pórticos aporticados de concreto armado, con columnas y vigas que soportan losas macizas de entrepiso y cubierta. Este sistema permite la transmisión de cargas verticales y laterales hacia las cimentaciones superficiales.

Las cimentaciones corresponden principalmente a zapatas aisladas y corridas, apoyadas sobre estratos de suelos arcillosos característicos de la Sabana de Bogotá. Debido a la naturaleza compresible de estos suelos, con presencia de rellenos y variabilidad en la humedad, es frecuente la aparición de asentamientos diferenciales y desplazamientos laterales, como los observados actualmente en el conjunto.

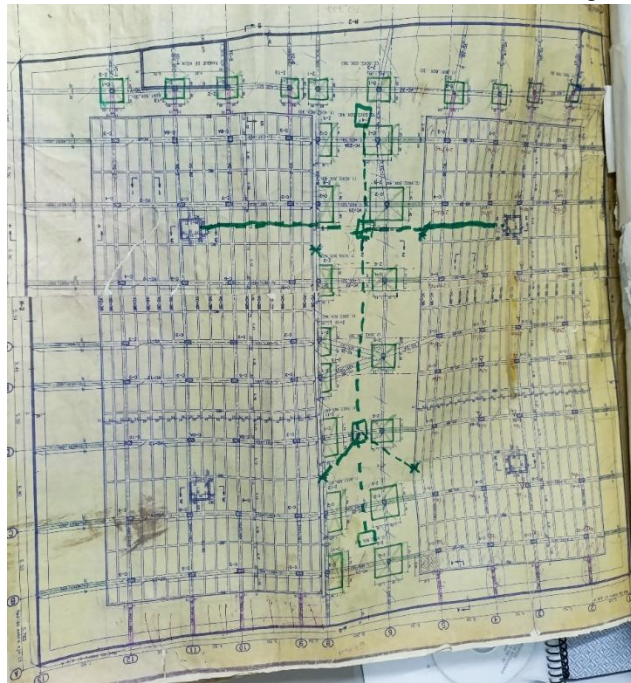
	Los muros de cerramiento y división interna están contruidos con mampostería en bloque de arcilla, la cual cumple funciones no estructurales. Sin embargo, con el paso del tiempo y ante movimientos diferenciales del terreno, estos muros pueden fisurarse o separarse de los elementos estructurales principales. En resumen, el sistema constructivo combina elementos estructurales de concreto armado y cerramientos en mampostería, con cimentaciones superficiales sensibles a los cambios en el comportamiento del terreno, lo que ha contribuido a la manifestación de patologías estructurales y no estructurales en la edificación.
Materiales	Los materiales empleados en la construcción del conjunto residencial Santa Cruz de Sotavento corresponden a los utilizados tradicionalmente en edificaciones de concreto armado de finales de la década de 1970 y principios de 1980 en Bogotá. El material estructural principal es el concreto reforzado, empleado en columnas, vigas, losas y cimentaciones. Este concreto presenta una resistencia promedio entre 17 y 21 MPa (2500–3000 psi), valores típicos de la época, aunque inferiores a los exigidos por la normativa actual (NSR-10). El refuerzo estructural está constituido por acero corrugado de diámetros variables, dispuesto según los requerimientos de carga y rigidez de cada elemento. Los muros de cerramiento y división interna están contruidos con bloques de arcilla maciza o hueca, unidos mediante mortero de cemento y arena. Estos muros cumplen principalmente una función de cerramiento, sin contribuir significativamente a la resistencia estructural, pero sí al comportamiento global frente a cargas laterales leves. En los acabados, se emplearon materiales como revoques en mortero, estuco y pintura, cerámica en pisos y enchapes en baños y cocinas. En cubiertas, losas inclinadas impermeabilizadas Con el paso del tiempo, algunos de estos materiales han sufrido degradación natural y pérdida de adherencia, especialmente el concreto en zonas expuestas, donde se observan fisuras, desprendimiento de recubrimiento y exposición del acero de refuerzo debido a la carbonatación y a la acción de la humedad ambiental. En conclusión, los materiales del conjunto son convencionales y de buena calidad para su época de construcción, pero actualmente requieren mantenimiento correctivo y preventivo para restaurar su capacidad estructural y prolongar la vida útil del edificio.
Cimentación	La cimentación del conjunto residencial Santa Cruz de Sotavento corresponde a un sistema superficial mediante zapatas aisladas y corridas de concreto reforzado, utilizadas comúnmente en edificaciones residenciales de mediana altura contruidas en la década de 1980 en Bogotá. Este tipo de cimentación fue diseñado para transmitir las cargas

estructurales hacia los estratos superiores del terreno, constituidos principalmente por arcillas blandas y limosas características de la Sabana de Bogotá.

El comportamiento del suelo en esta zona presenta alta compresibilidad y baja capacidad portante, además de una notable variación en el contenido de humedad debido a la presencia de niveles freáticos poco profundos. Estas condiciones geotécnicas pueden ocasionar asentamientos diferenciales entre los bloques del conjunto, especialmente si existen irregularidades en el espesor de los estratos o en la compactación de los rellenos antrópicos.

Los movimientos observados —como desplazamientos laterales, fisuras y separación entre bloques y plataformas— son síntomas típicos de deformaciones no uniformes del terreno bajo zapatas independientes. Esto sugiere que, con el paso del tiempo, las cimentaciones han experimentado pérdida de apoyo o consolidación del suelo, afectando la estabilidad general de la estructura.

En términos de mejora, se recomienda realizar una evaluación geotécnica detallada que incluya estudios de penetración estándar (SPT), análisis de humedad y resistencia del terreno, para determinar la magnitud de los asentamientos y definir medidas de reforzamiento o recalce de las cimentaciones, según los resultados obtenidos.



Sistema Estructural

Sistema estructural

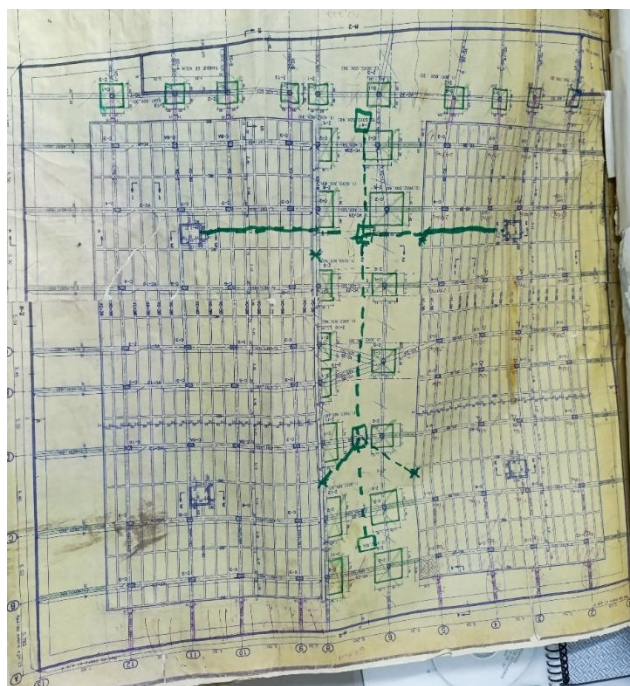
El sistema estructural del conjunto residencial Santa Cruz de Sotavento está conformado principalmente por un esquema de pórticos en concreto reforzado, típico de las edificaciones construidas en Bogotá durante las décadas de 1970 y 1980. Este sistema está compuesto por columnas y vigas de concreto armado, que trabajan de forma

conjunta para resistir las cargas verticales (peso propio, sobrecargas de uso) y horizontales (viento y sismo).

Las losas macizas de concreto actúan como diafragmas rígidos, distribuyendo los esfuerzos hacia los elementos verticales. Este tipo de sistema ofrece una buena capacidad de deformación ante eventos sísmicos, aunque su desempeño depende del adecuado confinamiento del acero de refuerzo y de la calidad del concreto utilizado.

En cuanto al comportamiento frente a cargas laterales, los pórticos aporticados proporcionan la resistencia principal, sin embargo, al tratarse de una estructura de más de 40 años, es posible que no cumpla con los requisitos de ductilidad y detallado sísmico establecidos en la normativa actual (NSR-10). Esto podría traducirse en vulnerabilidad ante movimientos sísmicos moderados o fuertes.

El conjunto no cuenta con elementos de rigidez adicionales como muros estructurales o pantallas de corte, por lo que la respuesta sísmica depende exclusivamente del marco estructural. La cimentación superficial mediante zapatas aisladas transmite las cargas al terreno arcilloso, susceptible a asentamientos diferenciales, lo que ha generado fisuras, desprendimientos y desplazamientos observados en la actualidad.



Análisis de Vulnerabilidad Sísmica - Conjunto Residencial Santa Cruz de Sotavento

El presente documento presenta el análisis de vulnerabilidad sísmica del conjunto residencial Santa Cruz de Sotavento, ubicado en la localidad de Usaquén, Bogotá D.C. El análisis se basa en el informe de patología estructural y geotécnica, considerando las condiciones

constructivas, los materiales utilizados y las patologías observadas en la edificación. El objetivo es determinar el nivel de vulnerabilidad frente a eventos sísmicos y proponer recomendaciones para su mitigación. **Matriz de Vulnerabilidad Sísmica Cualitativa**

Componente Evaluado	Condición Observada	Calificación (1-5)	Peso	Puntuación x Peso
Cimentación	Zapatas aisladas sobre suelos arcillosos compresibles; asentamientos diferenciales y pérdida de nivel.	4	0.2	0.8
Sistema estructural	Pórticos de concreto armado con fisuras diagonales y desprendimiento de recubrimiento; detallado sísmico deficiente.	3	0.2	0.6
Geotecnia / Suelo	Suelos blandos con humedad variable y posible presencia de rellenos antrópicos.	4	0.15	0.6
Conexiones y nudos estructurales	Fisuras en uniones viga-columna y posible corrosión del acero.	3	0.1	0.3
Mampostería y cerramientos	Mampostería no estructural con grietas por movimiento diferencial; riesgo de desprendimiento.	3	0.1	0.3
Losas y diafragmas	Losas de concreto con fisuras por flexión y retracción; aún funcionales.	3	0.1	0.3

Elementos no estructurales	Desprendimientos de revestimientos, fisuras en muros, filtraciones y humedades.	3	0.05	0.15
Instalaciones	Tuberías empotradas afectadas por desplazamientos y fisuras; riesgo moderado.	3	0.05	0.15
Cubierta y acabados	Envejecidos, pero con impacto bajo en la respuesta sísmica global.	2	0.05	0.1

Índice de vulnerabilidad (IV) = 3.30 → Clasificación: Alta vulnerabilidad sísmica.

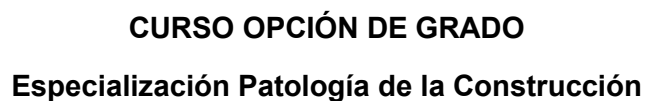
El valor obtenido indica que la edificación presenta una alta vulnerabilidad sísmica debido principalmente a las deficiencias en el sistema de cimentación, la antigüedad de la estructura y la ausencia de elementos de rigidez adecuados. Las patologías observadas, como fisuras, desprendimientos de recubrimiento y asentamientos diferenciales, evidencian pérdida de rigidez global, lo que aumenta la susceptibilidad ante un evento sísmico moderado o fuerte.

Recomendaciones

- Realizar un estudio geotécnico complementario para definir la magnitud de los asentamientos y proponer medidas de recalce o mejoramiento del suelo.
- Efectuar una evaluación estructural detallada mediante modelación numérica para cuantificar esfuerzos y rigidez residual.
- Implementar refuerzos estructurales mediante encamisado de columnas o adición de muros de corte donde sea posible.
- Sellar fisuras y restaurar recubrimientos de concreto, protegiendo el acero de refuerzo expuesto.
- Ejecutar mantenimiento preventivo en cubiertas e instalaciones hidráulicas para reducir el ingreso de humedad.
- Actualizar el plan de emergencia y evacuación del conjunto residencial, capacitando a los residentes.

CRONOGRAMA

Se presenta el cronograma de actividades que se planteó para la ejecución del estudio de diagnóstico patológico del Edificio Santa Cruz de Sotavento. La tabla detalla la secuencia y duración estimada en días para cada fase del proyecto, desde las actividades preliminares hasta la redacción del documento final.:

[illegible]

[illegible]

Ruta Critica	X
--------------	---

Tabla 6. Cronograma de actividades

PRESUPUESTO

A continuación, se detalla el presupuesto estimado para la ejecución del estudio de diagnóstico patológico descrito en este documento. Los costos presentados en la siguiente tabla cubren los honorarios del personal técnico y profesional, el transporte, el alquiler de equipos especializados, la ejecución de ensayos destructivos y no destructivos tanto en campo como en laboratorio, y los gastos administrativos, de impresión e imprevistos asociados al proyecto

Ítem	Descripción	Und	Cant	Valor Unitario	Valor Total
1.0	Honorarios Tecnicos				
1.1	Director de Tesis (Ing. Especialista)	Mes	2	\$ 4,800,000.00	\$ 9,600,000.00
1.2	Investigador (Estudiante de Esp.)	Mes	2	\$ 3,000,000.00	\$ 6,000,000.00
1.3	Auxiliar de Campo (Técnico/Cadenero)	Jrl	12	\$ 150,000.00	\$ 1,800,000.00
1.4	Mano de Obra (Apiques)	Und	6	\$ 250,000.00	\$ 1,500,000.00
2.0	Transporte				
2.1	Transporte Visitas Técnicas	Viaje	12	\$ 60,000.00	\$ 720,000.00
3.0	Equipos				
3.1	Topografía, Estacion total y nivel	Dia	2	\$ 750,000.00	\$ 1,500,000.00
3.2	Ferrosan	Dia	2	\$ 450,000.00	\$ 900,000.00
3.3	Taladro Extractor de Núcleos	Dia	2	\$ 600,000.00	\$ 1,200,000.00
4.0	Ensayos de Laboratorio				
4.1	Ensayo de Compresión de Núcleos (NTC 3658)	Und	12	\$ 120,000.00	\$ 1,440,000.00
4.2	Ensayo Frente de Carbonatación	Und	12	\$ 35,000.00	\$ 420,000.00
5.0	Otros				
5.1	Licencias y tramites administrativos	Gbl	1	\$ 700,000.00	\$ 700,000.00
5.2	Papelería e Impresión	Gbl	1	\$ 800,000.00	\$ 800,000.00
				Subtotal	\$ 26,580,000.00
				Administracion 6%	\$ 1,594,800.00
				Imprevisto 1%	\$ 265,800.00
				Utilidad 3%	\$ 797,400.00
				Iva/Utilidad 19%	\$ 151,506.00
				TOTAL PRESUPUESTO	\$ 29,389,506.00

Tabla 7. Presupuesto

RESULTADOS

Conforme a las actividades de diagnóstico planificadas en el cronograma, se obtuvieron los siguientes resultados principales:

1. **Revisión documental:** Se recopilaron y analizaron los planos estructurales originales (P&D Proyectos y Diseños, 1992), los planos arquitectónicos (Quijano & Irisarri Ltda.), y un estudio de suelos actualizado (Alfonso Uribe y Cía. S. A., 2023).
2. **Inspección visual:** La inspección en sitio permitió clasificar los daños en estructurales como lo son las afectaciones en cimentación, columnas y placas y no estructurales en acabados. Las patologías principales registradas incluyen fisuras, humedad, acero de refuerzo expuesto con corrosión y óxido y hormigueros.
3. **Topografía:** Se puede evidenciar que hay una afectación en la verticalidad de ambos elementos estructurales, la torre Norte presenta mayor grado de afectación en su inclinación.
4. **Acero de refuerzo:** Se detectaron zonas donde el recubrimiento del acero es bajo y no cumple con los mínimos de la norma NSR-10 actual

1. ANEXOS

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=ca8f64144f1e44c9b49855dacc31aae2>