



**EDIFICIO SANTA INÉS.
ESTUDIO DE PATOLOGÍA
Y ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD
Santa Marta – Colombia.**



**TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO
EDIFICIO SANTA INES
ESTUDIO PATOLÓGICO Y ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD**

Presentado por:

**ING. JORGE MARIO ZUÑIGA CESPEDES
ING. FABIAN ERNESTO ARANGO PINEDA**

**Trabajo de Grado para optar al título de Especialista en Patología de la Construcción.
TRABAJO DE CAMPO Y DE INVESTIGACION**

**INGENIERO CARLOS ANDRES GARCIA
Docente Evaluador**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
VICERRECTORÍA DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA
ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
BOGOTÁ, 2018**



Contenido

1.	INTRODUCCION.....	12
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
3.	JUSTIFICACION.....	15
4.	OBJETIVOS.....	17
4.1	Objetivo General.....	17
4.2	Objetivos Específicos.....	17
5.	MARCO REFERENCIAL.....	18
5.1	Teórico.....	18
5.2	Legal.....	18
5.3	Histórico.....	19
5.4	Conceptual.....	21
5.5	Contextual.....	22
6.	ALCANCE Y LIMITACIONES.....	24
7.	METODOLOGIA.....	25
7.1	DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE.....	25
7.2	Preparación y planteamiento del estudio.....	26
7.2.1	Inspección preliminar del paciente.....	26
7.2.2	Recopilación de información necesaria para el estudio.....	31
7.2.3	Preparación de formatos para levantamiento y recopilación de información.....	33
7.2.4	Forma de almacenar y tabular la información y proceso de recopilación de información en campo.....	35
7.2.5	Alcance de la exploración.....	37
7.2.6	Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente.....	37
7.2.7	Definición del equipo de trabajo líder del TPI.....	37



7.2.8	Definición de los medios para realizar la exploración.	38
7.2.9	Medidas preventivas durante la exploración.	38
7.2.10	Servicios especiales para la exploración.	39
7.3	HISTORIA CLÍNICA.	40
7.3.1	Responsables del Estudio.	40
7.3.2	Fecha de elaboración del Estudio.	40
7.3.3	Autorización del Estudio.	40
7.3.4	Información Básica del Paciente.	40
7.3.5	En la Edificación y/o construcción civil:	42
7.3.6	Aplicación Patológica.	45
7.3.7	Descripción de la patología más relevante.	46
7.3.8	Clasificación y origen de las patologías.	48
7.3.9	Datos generales del entorno.	51
7.3.10	Arquitectura (descripción general).....	54
7.3.11	Origen geológico de los agregados:.....	56
7.3.12	Estado de los agregados gruesos expuestos a avance de la carbonatación:	57
7.3.12	Distribución y posición de los agregados en los elementos:.....	58
7.3.13	Estructura.	59
7.3.14	Suelos y cimentaciones.	69
7.4	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA.	73
7.4.1	Mapa de ubicación del paciente en la microzonificación sísmica de la ciudad.	76
7.4.2	Verificación o evaluación considerando el Capítulo A.10.....	77
7.4.3	Análisis de vulnerabilidad sísmica del paciente.	81
7.5	DIAGNOSTICO.	91
7.5.1	Lesiones mecánicas, físicas y químicas (origen, causa, evolución y estado actual de las lesiones).	91
7.5.1.1	Tanque enterrado para acopio de agua.	92



7.5.1.2 Estructura de soporte tanques elevados de almacenamiento de agua.....	94
7.5.1.3 Losa Cubierta.....	96
7.5.1.4 Fachadas.....	99
7.5.1.5 Muros perimetrales.....	101
7.5.1.6 Escaleras.....	104
7.5.1.7 Losa primer nivel.- Cubierta Semisótano.....	105
7.5.2. Ensayos destructivos y no destructivos.....	106
7.5.2.1 Extracción de núcleos de concreto.....	108
7.5.2.2 Ventanas de Inspección.....	109
7.5.2.3 Resistencia con martillo de rebote.....	113
7.5.2.4 Rotura de núcleos a la compresión.....	115
7.5.2.5 Medida de la profundidad de carbonatación.....	117
7.5.3 Conclusiones del Diagnóstico.....	120
7.6 PROPUESTA DE INTERVENCION.....	125
7.6.1 Construcción y/o adición de vigas de amarre en las cimentaciones y ampliación de las zapatas.....	125
7.6.2 Colocación de materiales de relleno para desplante de nuevas vigas de amarre.....	127
7.6.3. Detalle tratamiento elementos estructurales existentes para reforzamiento y/o reparaciones.....	128
7.6.4. Reparación de la losa de la cubierta y cambio de la impermeabilización de la misma.....	129
7.6.5. Estructura de soporte de tanques de almacenamiento de agua.....	131
7.6.6. Estructura de tanques de almacenamiento de agua semienterrados.....	132
7.6.7. Retiro de calados y reemplazo por ventanería.....	133
7.6.8. Retiro de pinturas o recubrimientos existentes y aplicación de nuevas pinturas.....	134
7.6.9. Reforzamiento de los elementos estructurales principales.....	134
8 APORTES Y/O DESARROLLO.....	136
8.3 Científico.....	136
8.4 Técnico / Tecnológico.....	137



9	PROGRAMACION.	138
10	PRESUPUESTO.	139
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	141
12	BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA.....	144
13	ANEXOS	145



Listado de Imágenes

Imagen 1. Metodología Patología y análisis de vulnerabilidad Edificio Santa Ines.....	25
Imagen 1. Fachada Principal Edificio Santa Inés.....	26
Imagen 2. Detalle del método constructivo. Aligeramiento de placas. Vista semi sotano a Primer nivel.....	27
Imagen 4. Detalle estado interno apartamentos. Pisos 1 al 3.....	28
Imagen 5. Detalle estado interno apartamentos. Pisos 1 al 3.....	29
Imagen 6. Detalle estado interno apartamentos. 4to. Piso.	29
Imagen 7. Vista panorámica de la cubierta del edificio Santa Ines.....	30
Imagen 8. Zona de tanques elevados de acopio de agua potable.....	31
Imagen 9. Ficha metodológica- Primera sección, ubicación y registro fotográfico.....	33
Imagen 10. Ficha metodológica- Segunda sección, Indicadores de deterioro – causas de deterioro.	34
Imagen 11. Ficha metodológica- Tercera sección, Diagnostico, observaciones y propuesta de intervención.....	34
Imagen 12. Organización de la información en carpetas digitales y red.....	35
Imagen 13. Marcaje de los elementos estructurales en campo para la realización de la exploración.	36
Imagen 14. Ubicación y definición de ejes para identificación de elementos.....	36
Imagen 14. Reparación de las columnas posterior a la exploración.....	39
Imagen 16. Ubicación del edificio con respecto a la ciudad.....	41
Imagen 17. Levantamiento topográfico y arquitectónico Edificio Santa Inés. Proyección habitaciones	44
Imagen 18. Detalle lesiones por Humedad en los muros del semisótano.....	47
Imagen 19. Detalle lesiones por Humedad reflejada en el cielo raso del cuarto piso.	47
Imagen 20. Detalle lesiones generadas por deficiencias en los métodos constructivos.....	48
Imagen 21. Fachada Sur hacia el patio, detalle de los calados para ventilación.	55
Imagen 22. Detalle los agregados gruesos de tipo ígneo presentes en la mezcla.	56
Imagen 23. Detalle de los trazos de óxido sobre los agregados.....	57
Imagen 24. Detalle de la disposición de los agregados en la columna.....	58
Imagen 25. Q-al. Depósitos aluviales y llanuras aluviales.	69
Imagen 26. Detalle de la exploración para la verificación de las cimentaciones.....	72
Imagen 27. Ubicación del Edificio Santa Inés de acuerdo con lo establecido en el POT.	76
Imagen 28. Detalle de la ubicación del tanque en medio de un vacío generado por la irregularidad del edificio.	92



Imagen 29. Detalle Tapa del tanque.	93
Imagen 30. Detalle del interior del tanque. Totalmente sucio e inoperativo.	93
Imagen 31. Detalle de la estructura de soporte de los tanques elevados.	94
Imagen 32. Detalle de la zona inferior de la losa de soporte de los tanques.	95
Imagen 33. Detalle de la estructura de soporte de los tanques elevados.	95
Imagen 34. Detalle la cubierta y la zona inferior (cielo raso).	96
Imagen 35. Detalle la cubierta y la zona inferior (cielo raso).	97
Imagen 36. Detalle la cubierta y la zona inferior (cielo raso).	98
Imagen 37. Detalle cielo raso.	98
Imagen 38. Detalle fachada exterior	99
Imagen 39. Detalle de las fachadas internas.	100
Imagen 40. Detalle de las fachadas internas. Semisótano.	101
Imagen 41. Detalle registro de captación de aguas lluvias. Falta de pendientes.	102
Imagen 42. Detalle humedad ascendente. Pasillo de acceso al semisótano.	102
Imagen 43. Muro interno divisorio sobre el que ha crecido vegetación.	103
Imagen 44. Muro interno divisorio sobre el que ha crecido vegetación.	103
Imagen 45. Detalle del estado de las escaleras a lo largo de todo el edificio.	104
Imagen 46. Detalle del estado de las viguetas y plaquetas del primer nivel.	105
Imagen 47. Cumplimiento plan de Inspección. Realización ensayo Esclerometría, elementos estructurales.	106
Imagen 48. Cumplimiento plan de Inspección. Realización ventana de inspección, prueba de carbonatación.	107
Imagen 49. Cumplimiento plan de Inspección. Realización inspección y medida del acero de refuerzo.	107
Imagen 50. Detalle Ventanas Columna I4, se aprecia espesor pañete y profundidad de demolición en núcleo de concreto.	110
Imagen 51. Detalle Ventana viga TRAMO F2-F3, se aprecia un levante sobre la viga y la distribución de los agregados.	110
Imagen 52. Detalle medida de los espesores y estado de los aceros de refuerzo existentes.	111
Imagen 53. Detalle medida de los espesores y estado de los aceros de refuerzo existentes. Columna I3.	111
Imagen 54. Detalle del estado de corrosión de los flejes en la columna I3.	112
Imagen 55. Detalle Esclerometría columnas. 3er piso.	114
Imagen 59. Detalle realización de ensayo carbonatación Viga TERCER PISO TRAMO F2-F3.	117
Imagen 57. Núcleo extraído columna I4. Evidencia de la profundidad de Carbonatación.	119
Imagen 58. Núcleo extraído. Evidencia de la profundidad de Carbonatación.	119



Imagen 59. Detalle de la medida de la carbonatación en la viga Tramo F2-F3.....	120
Imagen 60. Detalle vigas de cimentación.	126
Imagen 61. Detalle conexión vigas de cimentación con las zapatas existentes.	126
Imagen 62. Detalle conexión vigas de cimentación con las zapatas existentes. Profundidad de penetración anclajes.	127
Imagen 63. Imagen renderizada de un tanque en concreto ubicación cintas.	133
Imagen 64. Detalle ubicación calados fachada interna.....	133
Imagen 65. Uso de Humedometro digital.....	137
Imagen 66. PDT. Estudio Patológico y análisis de Vulnerabilidad Edificio Santa Inés.	138



Listado de Tablas

Tabla 1. Documentos externos de normativa legal base de la patología. Matriz de aspectos legales.	19
Tabla 2. Plan de inspección y ensayo. Determinación de elementos a inspeccionar e información complementaria.	32
Tabla 3. Listado de herramientas y equipos.	38
Tabla 4. Indicadores y causas de deterioro Edificio Santa Inés.	49
Tabla 5. Indicadores y causas de deterioro Edificio Santa Inés. Consolidadas.	49
Tabla 6. Calificación de la estructura.	61
Tabla 7. Valores de Aa, Ae, Av y Ad para la ciudad de Santa Marta.	62
Tabla 8. Valores de R0 para pórticos resistentes a momentos.	62
Tabla 9. Registro de sismos Ciudad de Santa Marta Periodo 2008 -2018.	67
Tabla 10. Principales parámetros geotécnicos Edificio Santa Inés.	71
Tabla 11. Principales parámetros geotécnicos Edificio Santa Inés.	83
Tabla 12. Desplome local máximo de columnas.	85
Tabla 13. Valores de Φ_c y Φ_e	87
Tabla 14. Detalle de la extracción de núcleos, longitudes y observación.	108
Tabla 15. Detalle Ventanas y profundidades de exploración.	109
Tabla 16. Detalle dimensiones, ubicación, cantidad y estado de los aceros de refuerzo.	113
Tabla 17. Consolidación de los resultados de la Esclerometría.	113
Tabla 18. Consolidación de los resultados ensayo de rotura a la compresión de los núcleos.	115
Tabla 19. Consolidación de los resultados de la profundidad de carbonatación.	118
Tabla 20. Tabla Granulometría recomendada material de relleno.	128
Tabla 21. Detalle propuestas de intervención.	135
Tabla 21. Presupuesto para la realización del TPI.	139



Listado de Gráficas

Grafica 1. Distribución de los tipos de indicadores de deterioros en la estructura.....	50
Grafica 2. Distribución de los tipos de causas que han generado las lesiones.....	50
Grafica 3. Velocidad del Viento en la Ciudad de Santa Marta.	52
Grafica 4. Zona de amenaza Sísmica. Tabla A.2.3.2.....	53
Grafica 5. Zona Abaco de cálculo factor de influencia.	84
Grafica 6. Deformada de la estructura.	86
Grafica 7. Posicionamiento y denominación de las columnas existentes.	90
Grafica 8. Valores de resistencia del concreto medidos con ensayo de numero de rebote.....	114
Grafica 9. Detalle de la resistencia de los concretos obtenidos por medio de núcleos.....	116
Grafica 10. Comparación resultados ensayos de resistencia del concreto.....	116
Grafica 11. Detalle promedio de la profundidad de carbonatación en una cara de cada elemento.....	118
Grafica 12. Grafica del comportamiento del concreto ante deterioro prolongado.....	121
Grafica 13. Detalle Sección mixta de columna propuesta como alternativa.	135
Grafica 14. Detalle Sección mixta de columna propuesta como alternativa.	135



1. INTRODUCCION

El edificio Santa Inés, es una estructura contemporánea que data de mediados del siglo pasado, construida con una finalidad comercial principalmente y destinada al hospedaje necesario para el desarrollo del sector turístico de la ciudad, el cual en ese entonces se concentraba totalmente en torno a la Bahía de Santa Marta y a su centro histórico; es decir que la edificación se enmarca en el momento histórico en el cual en nuestro país no se contaba con un código de construcción que permitiese tener una guía adecuada para que las edificaciones garantizaran la durabilidad, los elementos estructurales básicos, los detalles estructurales complejos y las condiciones sísmo resistentes necesarias, éstas entonces se remitían a especificaciones y conceptos propios de la ingeniería del momento y el reglamento urbanístico de la ciudad.

Durante las últimas décadas, el uso edificio fue relegado a usuarios de otro estilo, copropietarios y arrendatarios esporádicos, sin la debida participación de una administración que pudiese realizar gestiones de mantenimiento de cualquier índole en toda la estructura. Esto generó el deterioro propio de elementos claves de la estructura, tales como la cubierta, las fachadas, tanques de almacenamiento de agua, adiciones, entre otros, que se suman a los propios causados por la edad de la edificación y posibles deficientes consideraciones de diseño y limitadas prácticas de construcción.

De esta forma y teniendo en cuenta la ubicación estratégica que posee el edificio ubicado sobre la carrera 22 a escasas cuadras de la Bahía de Santa Marta y del reformado centro histórico, se realiza la presente investigación con el fin de tener argumentos para la toma de decisiones con respecto a las acciones a seguir



referidas a la vida útil de la estructura y su pertinencia para seguir siendo usada bajo la luz de la Norma técnica colombiana sismo-resistente NSR-10.



2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Edificio Santa Inés, es una estructura convencional aporticada de concreto, que fue construida con fines habitacionales transitorios hace alrededor de 40 años, lo que lo ubica en edificaciones construidas antes de la vigencia de la norma NSR-10 actualmente vigente, lo que presupone concretos de resistencias inferiores a las mínimas solicitada por la norma, aceros lisos y ubicados en posiciones, y en cuantías muy diferentes a las solicitudes actuales, que presenta lesiones generadas por causas diversas entre ellas adiciones, humedades, falta de mantenimientos, entre otras, como se verá más adelante en el trabajo, pero cuyo mayor reto ante las necesidades de los propietarios de la edificación es la recuperación de la misma para ser usada con el mismo fin para el cual fue concebida.



3. JUSTIFICACION

La tardía implementación de normas y códigos en nuestro país, que establecen los parámetros y/o criterios mínimos de diseño y construcción de estructuras principalmente de concreto y casas de 1 y 2 pisos, ha generado un rezago en materia de cumplimiento de condiciones sismo-resistentes principalmente de estas edificaciones, frente a la cantidad de estructuras que en promedio se construyeron inclusive antes de la vigencia de las normas incluyendo el CCCSR 84, teniendo entonces un grupo significativo que debe ser evaluado, revisado y actualizado a la más reciente versión de la Norma Colombiana Sismo-resistente.

Y es allí, donde la patología entra a definir y tratar sobre cómo se debe hacer esa incorporación o actualización a la norma, detalla entonces la investigación de campo que debe llevar a explorar todas las condiciones actuales de la estructura, entregando la información precisa que permita establecer las bases o entradas requeridas para un análisis de vulnerabilidad adecuado, muy de la mano con lo solicitado por la NSR 10 en su título A, literal A.10.1.3 que indica que los requisitos de dicho capítulo deben ser utilizados para llevar a cabo la evaluación del comportamiento sísmico y el diseño de la intervención, reparación o refuerzo de la estructura de edificaciones existentes antes de la vigencia de la versión del reglamento colombiano de construcciones Sismo-resistentes que se modifiquen o rehabiliten en el territorio nacional¹, que al final provea bien sea con métodos tradicionales o nuevas tecnologías los refuerzos necesarios que

¹ NSR 10. Título A. Capítulo A10 Evaluación e Intervención de Edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del Reglamento.



lleven el cumplimiento, se trata de preservar la vida como máxima premisa de la norma y de la constitución nacional.

Por ello el Edificio Santa Inés, cobra importancia y realce en cuanto a la realización de un estudio de Patología real y con el complemento necesario del análisis de vulnerabilidad sísmica, las lesiones presentes permiten establecer el grado de afectación para una estructura de esa edad, y sus condiciones en materia de resistencia y calidad fijan como se indicó anteriormente las claves de entrada para el análisis, el cual al final generará un desarrollo significativo en materia estructural, cumpliendo entonces con los objetivos principales de la especialización.



4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

El objetivo general del presente desarrollo es adelantar el estudio de patológico y el análisis de vulnerabilidad del Edificio Santa Inés, ubicado en la Ciudad de Santa Marta.

4.2 Objetivos Específicos

- i. Elaborar y registrar la histórica clínica del Edificio Santa Inés, desarrollando la exploración de campo y el plan de inspección y ensayo previsto, como parte del diagnóstico.
- ii. Modelar y evaluar la estructura y su comportamiento sísmico, de acuerdo con las condiciones existentes y evidenciadas en campo, estado de conservación de los materiales encontrados principalmente, para realizar el análisis de vulnerabilidad y la aplicación de las normas de acuerdo con las solicitudes estipuladas en la NSR-10.
- iii. Diseñar el reforzamiento necesario para llevar la estructura al cumplimiento de la norma vigente.
- iv. Establecer las recomendaciones necesarias que se deriven del presente estudio, incluyendo las de mantenimiento y el presupuesto de referencia.



5. MARCO REFERENCIAL

5.1 Teórico

El desarrollo del presente estudio de patología y análisis de vulnerabilidad del Edificio Santa Inés, está basado en las recomendaciones establecidas por la guía ACI 364.1 R-9 Guide for Evaluation of Concrete Structure Prior to Rehabilitation Reported by ACI Committee 364 principalmente, dicho documento es una guía muy completa que esquematiza y define los parámetros necesarios para adelantar todo el desarrollo de un proyecto en el que se vea involucrada una evaluación de las estructuras.

5.2 Legal

Para la elaboración del trabajo de investigación en campo sobre la estructura y el desarrollo conceptual, teórico y de ingeniería en la oficina se tuvieron en cuenta los documentos relacionados en la Tabla 1, así:

Documento	Tema.
NSR 10. Título A	Requisitos Generales de diseño y construcción Sismo-resistentes.
NSR 10. Título B	Cargas.
NSR 10. Título C	Concreto Estructural.
NSR 10. Título I	Supervisión técnica.



ASTM C114-00	Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement
ASTM C 805-02	Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete
ASTM C 1152	Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete
ICONTEC 3658	Obtención y ensayos de núcleos extraídos.
ACI 364.1 R-9	Guide for Evaluation of Concrete Structure Prior to Rehabilitation Reported by ACI Committee 364
NTC ISO 9001:2015	Sistema de Gestión de la Calidad.

Tabla 1. Documentos externos de normativa legal base de la patología. Matriz de aspectos legales.
Fuente: Autor.

5.3 Histórico.

La edificación se enmarca en un importante contexto histórico, ya que se presenta como una de las primeras edificaciones de este tipo y tamaño en los sectores inicialmente explotados turísticamente en la ciudad, la bahía y el centro histórico; ésta condición llevó a ser vanguardista en su momento para un uso que se definía como una de las principales actividades económicas de la ciudad, esto abrió paso a los grandes hoteles que llegaron posteriormente ubicándose en mejores zonas del sector, relegando al edificio Santa Inés a una zona no tan comercial y relativamente peligrosa en horas de la noche, con el tiempo la edificación entró en una fase de retiro de la vocación para la que fue concebida hasta quedar en total abandono y por ende la falta total de mantenimiento no solo a nivel estructural sino también de la infraestructura de sus servicios, los cuales a la fecha están totalmente suspendidos.



La estructura fue construida a finales de los años 60's y principios de los 70's, lo que significó el uso ya de materiales más convencionales y con el desarrollo de estructuras convencionales aporticadas y reforzadas con acero en disposiciones regulares y simétricas con técnicas de construcción guardando conceptos de resistencia sísmica. Se tiene el uso de acero de refuerzo liso tanto los principales como los de confinamiento y agregados pétreos ígneos propios de la región de baja calidad por su misma condición.

“El proceso de transformación de una ciudad no se detiene en un período específico, así sea este el anhelo de muchos historiadores y nostálgicos cronistas, y en ese sentido, por supuesto, Santa Marta no es una excepción. La vida urbana de esta ciudad continuó su camino en el siglo XX y compartió los mismos anhelos de modernidad que se vivieron en el resto del país, con edificios prismáticos exentos de ornamentos, así como el paulatino abandono de su sector histórico y tradicional, que fue literalmente bombardeado con ejemplos arquitectónicos anodinos e insulsos que rompieron con su homogeneidad”².

² <http://www.museobolivariano.org.co/santa-marta-de-frente-apreciar-la-ciudad-a-traves-de-su-arquitectura/>



5.4 Conceptual

El desarrollo de la investigación patológica y del análisis de vulnerabilidad en las estructuras, no conserva una línea definida con puntualidad bajo alguna norma o directriz que determine los pasos claves y determinantes a seguir como si la teoría fuera simplemente un manual por seguir, no, es la unión de esfuerzos con diferentes disciplinas que llevan a una finalidad.

El Doctor Paulo do Lago Helene, en su manual de reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto, señala que “...considerando el grado actual de conocimiento de los procesos y mecanismos destructivos que actúan sobre las estructuras y considerando la gran evolución tecnológica experimentada en los últimos años –con el desarrollo de equipos y técnicas de observación de las estructuras- es posible diagnosticar con éxito la mayoría de los problemas patológicos...” (Helene 2015), busca impulsar el uso de toda la técnica y la tecnología posible, obviamente el criterio y la claridad de los conceptos viene de cada profesional.

Quizás una de las mejores definiciones de patología de estructuras de concreto y la forma de verlas asimilándola a la dialéctica propia de la medicina, fue la emitida por el ingeniero Harold Muñoz Muñoz quien afirmó que “Cada edificación posee su propia característica de comportamiento casi como cada persona posee su propia personalidad, de manera que conocer sus características lleva consigo una exhaustiva investigación” (Muñoz 2001).



De esta forma y basados en ese principio, se puede decir que al auscultar y diagnosticar debidamente el paciente con todas las herramientas y medios posibles se tendrá la información necesaria para su cura o atención, así las cosas la planeación y desarrollo de una adecuada investigación y evaluación patológica en todas sus fases, permiten al líder de la especialidad entender lo que está ocurriendo en la estructura, incluyendo el comportamiento actual, cómo ha sido su mantenimiento y uso, las edificaciones vecinas, el medio ambiente etc., aclarando las necesidades reales de atención y fijando el alcance requerido de intervención; pero el éxito de dicho alcance depende finalmente de la calidad de la información que se logre obtener.

Por ello el punto de partida es clave, el establecimiento adecuado y el conocimiento preliminar de la estructura es la base del desarrollo, la inspección preliminar se puede definir entonces como la evaluación inicial de **“todas las condiciones actuales”** en las que se encuentran y desempeñan las estructuras en este caso, el Edificio Santa Inés.

5.5 Contextual

El estudio patológico y análisis de vulnerabilidad del Edificio Santa Inés, se enmarca en las estructuras o edificaciones construidas antes de la vigencia de la Norma NSR-10, lo que conlleva a unas implicaciones adicionales de análisis, ya que de entrada en la concepción del estudio la edificación no se cumple con la norma, ésta condición genera pues el análisis de diferentes opciones de



repotenciamiento o reforzamiento estructural que cumplan con la misma, ya que a la fecha las nuevas tecnologías a pesar de existir y comprobar sus bondades y calidades, aún no han sido aprobados, y van en ese trámite y se esperan para la actualización de la NSR-10 que debe emitirse en el año 2019.



6. ALCANCE Y LIMITACIONES

El presente estudio abarca la realización de la historia clínica, la evaluación física e inspección, la realización de ensayos destructivos y no destructivos, el análisis de vulnerabilidad que enmarca la estructura a las condiciones y normativas actuales, emitiendo un diagnóstico y finalmente presentando las conclusiones y las recomendaciones generales sobre la edificación, las posibilidades de reforzamiento para el cumplimiento de la NSR-10 y las acciones para el mantenimiento posterior de la edificación.

No se registraron limitaciones para la realización del estudio, ni para el desarrollo de la exploración ni para la realización del análisis de la información levantada y los diseños previstos de repotenciamiento de la estructura, el propietario de la edificación dio libertad total para acceder a todas las áreas de la edificación.



7. METODOLOGIA

Para el desarrollo del presente documento técnico se diseñó una metodología que permitiera recopilar toda la información existente, (datos, imágenes y documentación), así como consultas, para confirmar los aspectos más importantes evidenciados en campo, de esta forma la investigación se desarrolló así:

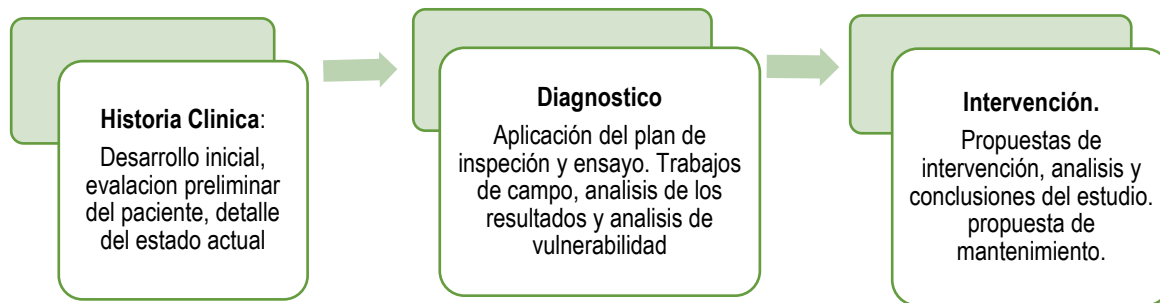


Imagen 1. Metodología Patología y análisis de vulnerabilidad Edificio Santa Inés.
Fuente: Autores.

7.1 DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE.

La selección del paciente se llevó a cabo, considerando las directrices emitidas por la Universidad Santo Tomás durante el desarrollo de la especialización, basándose en la necesidad de tener como modelo de trabajo un paciente con diferentes sintomatologías y lesiones visibles, cuya recomendación final no sea la demolición total de la estructura, de manera que se dé el desarrollo del análisis de vulnerabilidad.



En ese marco de ideas y después de cambiar de paciente se identificó el Edificio Santa Inés, ubicado en la ciudad de Santa Marta donde se evidenciaban en un recorrido realizado las premisas emitidas por la Universidad y la comunión con el propietario del inmueble para que permitiera el desarrollo de la investigación.



Imagen 2. Fachada Principal Edificio Santa Inés.
Fuente: Autores.

7.2 Preparación y planteamiento del estudio

7.2.1 Inspección preliminar del paciente.

Inicialmente se realizó un recorrido de reconocimiento por toda la edificación, de manera que se pudiera establecer el plan de inspección y ensayos a aplicar, de la misma forma y ante la ausencia total de planos se determinó la realización de un levantamiento topográfico y arquitectónico necesario



para todos los fines del presente estudio e investigación. Con este levantamiento se definieron las áreas, la distribución de los apartamentos y la configuración real de la edificación. Se detallaron áreas y espacios utilizados como patios y/o zonas donde se construyeron tanques semienterrados para el acopio de agua.

Se reconoció el semisótano evidenciando las condiciones de construcción y lesiones presentes debidas principalmente a condiciones de humedad como se detallará más adelante. Esta zona de la edificación permite ver la irregularidad en la forma de la estructura.



Imagen 3. Detalle del método constructivo. Aligeramiento de placas. Vista semi sótano a Primer nivel
Fuente: Autores.



Posteriormente se realizó un recorrido por todos y cada uno de los apartamentos del edificio, donde se detallaron las condiciones actuales de estado, mantenimiento y conservación, elementos propios como muros divisorios y cielos rasos, instalaciones sanitarias y ventilación, en el recorrido se detallaron el estado de los pasillos y la escalera, esta última a la que se le colocó como acabados en cada paso una mezcla de granito con mucha porosidad que permite el acopio de suciedad afectando su presentación y estado. Algunos apartamentos del tercer piso empiezan a manifestar lesiones asociadas con la humedad.



Imagen 4. Detalle estado interno apartamentos. Pisos 1 al 3.
Fuente: Autores.



Imagen 5. Detalle estado interno apartamentos. Pisos 1 al 3.
Fuente: Autores.



Imagen 6. Detalle estado interno apartamentos. 4to. Piso.
Fuente: Autores.

También se evidenciaron fuertes olores a heces de palomas y nidos de estas especies, que han ingresado por ventanas abiertas y/o rotas teniendo los apartamentos como nidos, generando una



importante descarga de material orgánico sobre los pisos y paredes, generando suciedad y afectando finalmente la estructura.

Mientras tanto en el cuarto nivel las lesiones encontradas en todos los apartamentos son de importante consideración, la humedad ha pasado el espesor total de la losa y ha generado daños estructurales en ésta, de consideración, las manchas de óxido y verdín son las evidencias iniciales y manifestaciones de las patologías derivadas de estas causas, tal y como se evidencia en la imagen 6 del presente documento.

Finalmente se accedió a la cubierta, donde se aprecia el estado del recubrimiento de la impermeabilización y lesiones en la estructura de soporte de los tanques de almacenamiento que alguna vez fueron utilizados como reserva de agua potable.



Imagen 7. Vista panorámica de la cubierta del edificio Santa Inés.
Fuente: Autores.



Imagen 8. Zona de tanques elevados de acopio de agua potable.
Fuente: Autores.

En ese marco de ideas la inspección preliminar arrojó los primeros insumos para determinar la cantidad de trabajo de campo a realizar y la necesidad de información complementaria necesaria para el análisis de vulnerabilidad. Más adelante se presentan los resultados de la inspección visual definitiva establecida para la historia clínica y las fichas metodológicas que permitieron la recopilación de la información y su posterior análisis.

7.2.2 Recopilación de información necesaria para el estudio.

El propietario del inmueble indicó que no disponía de ningún documento relacionado con la estructura, no se tienen disponibles planos arquitectónicos, estructurales, hidráulicos ni sanitarios, al igual que documentos tales como memorias de cálculo del diseño estructural, más sin embargo el propietario



contrato y suministró un estudio geotécnico realizado en octubre de 2017, el cual se revisó en el marco del presente documento y se adjunta como anexo. Para la recopilación de información necesaria para la realización de la patología se desarrolló un plan de trabajo que comprendió: investigación preliminar, inspección visual, esclerometría, profundidad de carbonatación, extracción de núcleos y toma de muestras para ensayos químicos; finalmente el análisis de vulnerabilidad y la interpretación de los resultados requeridos para la elaboración del presente el informe técnico. Este plan de inspección se detalló de la siguiente manera, así:

ITEM	VARIABLE A CONTROLAR	ESPECIFICACION/ NORMA	CRITERIO DE ACEPTACION.	METODO DE INSP.	EQUIPO DE INSPECCION	FRECUENCIA DE INSP.	REGISTRO /DOCUMENTO
1	EXTRACCION DE NUCLEOS	NTC 3658. MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS Y VIGAS DE CONCRETO ASERRADAS	NUCLEO DE CONCRETO DE LONGITUD APROX. 15 - 20CMS	EXTRACCION CON MAQUINA - ENSAYO PRENSA DIGITAL - RANGO SEGÚN TAMAÑO DE LOS CILINDROS	EXTRACTOR DE NUCLEOS - VISUAL	COLUMNAS PARQUEADERO SOTANO: J3 - 14 COLUMNAS PRIMER PISO: D2 - E2 COLUMNAS TERCER PISO: E4 VIGAS: TERCER PISO TRAMO F2-F3; CUARTO PISO TRAMO F2-F3;	PROTOCOLO DE PRUEBA - TOMA DE MUESTRAS. REGISTRO FOTOGRAFICO
2	VENTANAS DE INSPECCION	SIN.	VENTANA DE 25 X 25 CMS - DEJANDO A LA VISTA LOS ACEROS PARA VERIFICAR SU ESTADO, CANTIDAD Y DIAMETRO	VISUAL	VISUAL - PIE DE REY - FLEXOMETRO	COLUMNAS PARQUEADERO SOTANO: J3 - 14 ZAPATA COLUMNA SEMISOTANO I3 COLUMNAS SEGUNDO PISO: F3 COLUMNAS TERCER PISO: I4 VIGAS: TERCER PISO TRAMO F2-F3; CUARTO PISO TRAMO F2-F3;	Reporte de Inspección, Informe general
3	MEDIDA DEL NUMERO DE REBOTE DEL CONCRETO CON ESCLEROMETRO	ASTM C 805-02. Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete1	VALOR QUE PRESENTE EL EQUIPO Y AFECTARLO POR EL % DE DISMINUCION DE ACUERDO CON LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACION MEDIDA EN CAMPO.	VISUAL MECANICO	ESCLEROMETRO MARCA ILLINOIS	COLUMNAS PARQUEADERO SOTANO: J3 - 14 COLUMNAS SEGUNDO PISO: D5 - E5 TERCER PISO TRAMO F2-F3; CUARTO PISO TRAMO H2-H3; CUARTO PISO TRAMO F2-F3; COLUMNAS TERCER PISO: D4 - E4	INFORME MEDIDA DE REBOTE
4	PROFUNDIDAD DE CARBONATACION	NTC 3689 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL pH DE UNA SUPERFICIE DE CONCRETO O DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO, PREVIAMENTE LIMPIADA O ATACADA CON ÁCIDO / ASTM C114-00. Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement	Demoler hasta encontrar concreto sano con pH > 10, libre de cloruros, sulfatos y sales.	VISUAL - MANUAL APLICACIÓN DE FENOLFTALEINA	VISUAL	COLUMNAS PARQUEADERO SOTANO: J3 - 14 COLUMNAS SEGUNDO PISO: F3 - I3 VIGAS: SEGUNDO PISO TRAMO B4 - C4; TERCER PISO TRAMO F2-F3; CUARTO PISO TRAMO F2-F3;	INFORME PROFUNDIDAD DE CARONATACION
5	ENSAYO SPT. CONFIRMACION TIPO DE SUELO, PROFUNDIDAD DE DESPLANTE Y CAPACIDAD DE CARGA	ASTM D 1586 STANDARD PENETRATION TEST	VALORES QUE SE REGISTREN EN LOS DIFERENTES ENSAYOS	RECOLECCION DE MUESTRAS	VISUAL - EQUIPOS DE PERFORACION SPT		INFORME GEOTECNICO

Tabla 2. Plan de inspección y ensayo. Determinación de elementos a inspeccionar e información complementaria.
Fuente: Autores.



7.2.3 Preparación de formatos para levantamiento y recopilación de información.

Luego de la planeación se detallaron los formatos de campo, estableciendo unas fichas metodológicas mediante las cuales se organizó la información. Para el registro fotográfico se tuvo en cuenta la numeración de las fotografías, más los apuntes de campo que se llevaron en un formato.

Las fichas metodológicas se desarrollaron en tres secciones principales y se presentan en el **Anexo 1**, de esta forma tenemos:

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS FACULTAD DE INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN		EDIFICIO SANTA INÉS. ESTUDIO DE PATOLOGÍA Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD. Santa Marta – Colombia.		FICHA METODOLÓGICA PARA INSPECCIÓN VISUAL PRELIMINAR		FICHA #1	
1. ELEMENTO.		2. CODIFICACIÓN DEL ELEMENTO.		3. FECHA DE LA INSPECCIÓN.			
UNIDAD DE SOPORTE DEL SISTEMA DE TANQUES ELEVADOS DE ACOPIO DE AGUA.		001 - CUBIERTA		15 DE ENERO DE 2018			
4. UBICACIÓN GENERAL DEL ELEMENTO EN LA ESTRUCTURA.		5. REGISTRO FOTOGRAFICO					
INVESTIGADORES		UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS				Hoja # 1	
ING. FABIAN ERNESTO ARANGO PINEDA ING. JORGE MARIO ZUÑIGA CESPEDES		ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN COHORTE 1-2017. BOGOTÁ				de # 3	

Imagen 9. Ficha metodológica- Primera sección, ubicación y registro fotográfico.
Fuente: Autores.



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS FACULTAD DE INGENIERIA DE CONSTRUCCION		EDIFICIO SANTA INES. ESTUDIO DE PATOLOGIA Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD. Santa Marta – Colombia.										FICHA METODOLOGICA PARA INSPECCION VISUAL PRELIMINAR										FICHA #1						
6. TABLA DE ANALISIS DE DETERIORO Y CAUSAS QUE PROMUEVEN EL DETERIORO.																												
ELEMENTO	ESTADO			INDICADORES DE DETERIORO										CAUSAS DE DETERIORO														
				FISICO			MECANICO			QUIMICO BIOLÓGICO				FISICAS			MECANICAS			ANTROPICAS								
	B	R	M	Marcha de Humedad	Estado físico	Abundamiento de acabado	Suciedad	Grietas	Fluidez	Deformación	Desprendimiento	Estado Modificado	Adhesión	Pulvicación	Oxidación y corrosión	Presencia de organismos	Elementos	Agentes Atmosféricos	Contaminación atmosférica	Exposición de agentes físicos	Falta, desgaste, Falga	Edificio insustentable no previsto	Defectos constructivos origen	Ausentamiento de obra	Comportamiento inadecuado	Falta de mantenimiento	Intervenciones deficiente	
LOSA DE SOPORTE ESTRUCTURAL TANQUES			X	X			X	X		X	X				X		X			X	X						X	
MUROS LATERALES DE CERRAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.			X		X		X		X						X		X			X							X	

INVESTIGADORES														UNIVERSIDAD SANTO TOMAS										Hoja # 2	
ING. FABIAN ERNESTO ARANGO PINEDA														ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION COHORTE 1-2017. BOGOTA										de # 3	
ING. JORGE MARIO ZUNIGA CESPEDES																									

Imagen 10. Ficha metodológica- Segunda sección, Indicadores de deterioro – causas de deterioro.
Fuente: Autores.

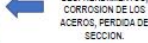
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS FACULTAD DE INGENIERIA DE CONSTRUCCION		EDIFICIO SANTA INES. ESTUDIO DE PATOLOGIA Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD. Santa Marta – Colombia.										FICHA METODOLOGICA PARA INSPECCION VISUAL PRELIMINAR										FICHA #1			
7. REGISTRO FOTOGRAFICO ADICIONAL.																									
   PERDIDA DE RECUBRIMIENTOS, FISURAS, ERRORES DE CONSTRUCCION, FALTA DE MANTENIMIENTO.																									
8. DESARROLLO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES																									
8.1. DIAGNOSTICO PRELIMINAR				8.2. OBSERVACIONES ADICIONALES				8.3. PROPUESTA PRELIMINAR DE INTERVENCIÓN.																	
ESTRUCTURA DE SOPORTES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CON LESIONES DERIVADAS DE LA FALTA DE MANTENIMIENTO DE RUTINA EN LA IMPERMEABILIZACION DE LA CARA SUPERIOR EXPUESTA.				SISTEMA DE ACOPIO DE AGUA PRECARIO, TANQUES OBSOLETOS Y SIN LA CAPACIDAD PARA ATENDER EL TOTAL DE LA POBLACION TEORICA DEL EDIFICIO.				DESMONTE DE LOS TANQUES EXISTENTES Y CAMBIO POR PLASTICOS. RECONSTRUCCION DE LA LOSA DE SOPORTE, INCLUYENDO CAMBIO DE ACERO Y REFUERZO SECCION. UTILIZACION DE CONCRETOS CON ADITIVOS IMPERMEABLES. COLOCACION DE RECUBRIMIENTO CARA SUPERIOR CON MANTO IMPERMEABILIZANTE.																	
FALTA DE ESPESOR DE RECUBRIMIENTO EN LA SECCION DE LA LOSA DE SOPORTE Y EN LOS MUROS DE PROTECCION LATERAL, LO QUE PERMITIO EL PASO DE AGUA HACIA EL INTERIOR AFECTANDO LOS ACEROS DE REFUERZO.								8.4 PRIORIZACION DE LA INTERVENCIÓN.																	
								CRÍTICA (I)						X											
								URGENTE (II)																	
								PROGRAMABLE (III)																	
INVESTIGADORES														UNIVERSIDAD SANTO TOMAS										Hoja # 3	
ING. FABIAN ERNESTO ARANGO PINEDA														ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION COHORTE 1-2017. BOGOTA										de # 3	
ING. JORGE MARIO ZUNIGA CESPEDES																									

Imagen 11. Ficha metodológica- Tercera sección, Diagnostico, observaciones y propuesta de intervención.
Fuente: Autores.



7.2.4 Forma de almacenar y tabular la información y proceso de recopilación de información en campo.

La información obtenida en campo se organizó en carpetas digitales en un disco duro y se subieron los documentos e imágenes generadas en la nube utilizando la aplicación drop box, de manera que se tuviera el aseguramiento necesario y se evitara la pérdida de información; las imágenes que se iban tomando se referenciaban para evitar errores de ubicación y registro.

En campo los elementos se marcaron de acuerdo con los ejes que se definieron en el levantamiento arquitectónico realizado para poder desarrollar el estudio.

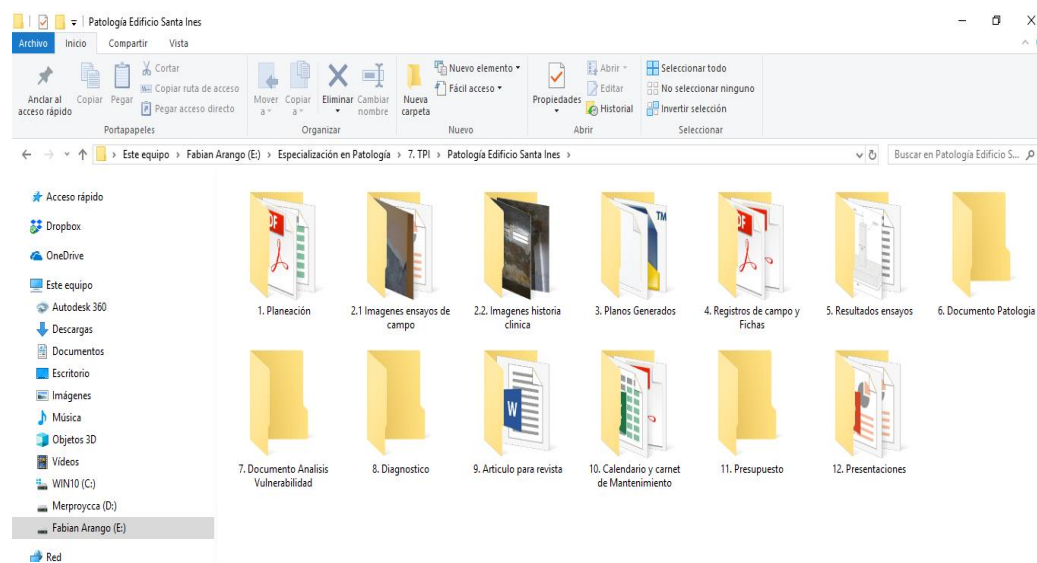


Imagen 12. Organización de la información en carpetas digitales y red.
Fuente: Autores.

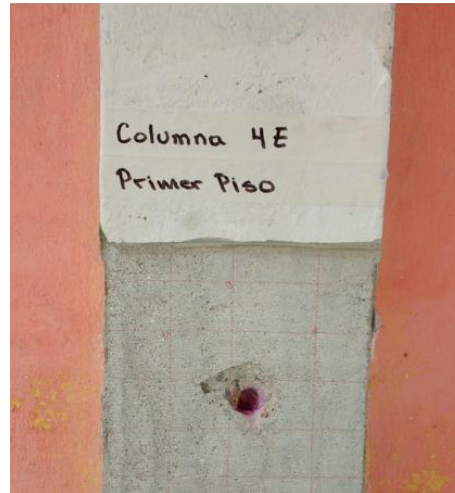


Imagen 13. Marcaje de los elementos estructurales en campo para la realización de la exploración.
Fuente: Autores.

Para el desarrollo del TPI y como se mencionó anteriormente, se desarrolló un levantamiento topográfico y arquitectónico que permitió definir los ejes y así garantizar una marcación e identificación de todos los elementos, quedando detallado de la siguiente manera:

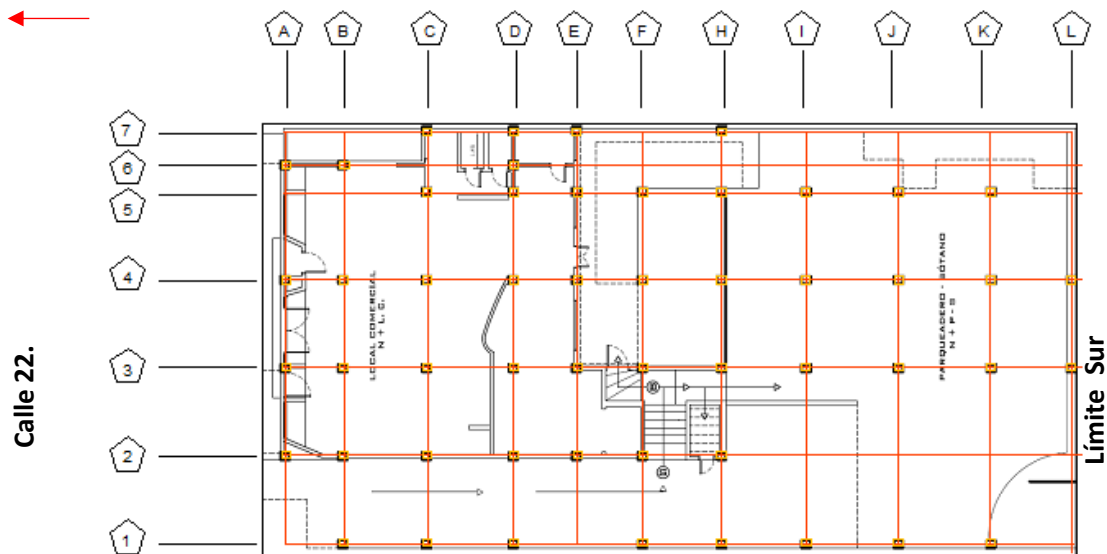


Imagen 14. Ubicación y definición de ejes para identificación de elementos.
Fuente: Autores.



7.2.5 Alcance de la exploración.

Luego de la inspección de reconocimiento de la estructura, se definió que el alcance de la exploración de campo tendría como alcance la estructura, fachadas, cubiertas, cimentaciones; no se evidenciaron daños o lesiones provenientes del sistema hidráulico sanitario y del sistema eléctrico por ello no se incluyeron ensayos especiales sobre estos, aunque en las recomendaciones finales se definen acciones que se deben seguir referidas a éstos sistemas teniendo en cuenta la antigüedad de la estructura.

7.2.6 Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente.

El Señor Carlos José Vives, en representación de los propietarios del Edificio Santa Inés, otorgó los respectivos permisos para el desarrollo del presente TPI. Estos permisos incluyeron un acceso sin restricciones a todas las áreas de la edificación.

7.2.7 Definición del equipo de trabajo líder del TPI.

La investigación se desarrolló con el siguiente equipo de trabajo: **Trabajo de campo, elaboración documento y análisis:**

Ing. Fabián Ernesto Arango Pineda.

Ing. Jorge Mario Zúñiga Céspedes.

- Ayudantes de exploración y laboratorio. (3)



7.2.8 Definición de los medios para realizar la exploración.

Con base en el plan de trabajo se determinaron los equipos y medios para realizar la exploración, de esta forma se tiene el siguiente listado de equipos usados, así:

Herramientas Menores y Equipos	Unidad	Cantidad
Camión.	UND	1
Taladro de extracción de núcleos	UND	1
Herramientas menores	UND	1
Equipos de laboratorio para la caracterización de las muestras.	GBL	1
Esclerómetro Illinois	UND	1
Cámara fotográfica	UND	1
Ferroscon Marca Hilti	UND	1
Humedómetro	UND	1

Tabla 3. Listado de herramientas y equipos.

Fuente: Autores.

7.2.9 Medidas preventivas durante la exploración.

Durante el recorrido de valoración inicial del paciente se verificaron las condiciones del sitio de la exploración de manera que se tuviera claro el análisis de riesgo requerido para el normal desarrollo del TPI. De esta forma se definió un esquema de uso de elementos de protección personal para cada ayudante y profesional.



No se desarrollaron tareas de alto riesgo en “trabajos en altura” lo que minimizó la posible exposición de los ayudantes a los riesgos. El trabajo en su componente de campo finalizó con CERO ACCIDENTES, una de las principales premisas de HSE de cualquier proyecto. De la misma forma, las estructuras intervenidas fueron curadas o reparadas una vez finalizó la exploración con el fin de evitar posibles debilitamientos de los elementos analizados y por ende de toda la estructura



Imagen 15. Reparación de las columnas posterior a la exploración.
Fuente: Autores.

7.2.10 Servicios especiales para la exploración.

El desarrollo del TPI Edificio Santa Inés, se realizó con equipos propios de los investigadores y miembros del equipo de trabajo. Se contrató a costo de los investigadores el estudio geotécnico necesario para establecer la capacidad portante del suelo y la realización de los ensayos de rotura de los núcleos extraídos para verificar la resistencia del concreto.



7.3 HISTORIA CLÍNICA.

A continuación se detalla la historia clínica del Edificio Santa Inés.

7.3.1 Responsables del Estudio.

Ing. Fabián Ernesto Arango Pineda.

Ing. Jorge Mario Zúñiga Céspedes.

7.3.2 Fecha de elaboración del Estudio.

El estudio en su fase de campo se desarrolló desde la semana del 27 al 30 de diciembre de 2017 y del 3 al 20 de enero de 2018.

7.3.3 Autorización del Estudio.

El Estudio está autorizado directamente por el dueño de la edificación como se mencionó en el numeral 7.2.6.

7.3.4 Información Básica del Paciente.

- i. **Nombre:** Edificio Santa Inés.
- ii. **Localización:** Calle 22 No 2A – 50. Santa Marta. Depto. Magdalena. Colombia.



Imagen 16. Ubicación del edificio con respecto a la ciudad.
Fuente: Imagen tomada de Google Earth.

iii. **Fecha de construcción.**

No se cuentan con registros exactos de la fecha de construcción de la edificación, ni el propietario actual ni en la oficina de instrumentos públicos se tiene un registro exacto. Se estima que la fecha de construcción es finales de los años 60's y principios de los 70's.

iv. **Sistema constructivo.**

El sistema constructivo y estructural es de pórticos en concreto con cimentaciones superficiales.



v. Técnica constructiva.

Por el detalle del estado de la estructura se puede inferir que ésta se desarrolló mediante un método tradicional de construcción, con la realización de los concretos en obra, aligerando las losas de pisos con bloques que sirven a su vez de formaletería de las viguetas de carga. Se evidenció el uso de acero liso tanto de aceros principales como de confinamiento.

vi. Uso Actual y previsto del sector.

Según el POT de Santa Marta, el uso actual del Sector es Residencial y comercial que se resumen en negocios tales como hostales, hoteles, tiendas de barrio, restaurantes, cafeterías, panaderías, papelerías, bares, comercio en general.

vii. Normativa actual que lo rige.

El Diseño y construcción de la edificación lo rige la NSR-10 y se evalúa para efectos del presente documento bajo el Capítulo A.10 Edificaciones construidas antes de la vigencia de la norma.

7.3.5 En la Edificación y/o construcción civil:

i. Tipo de cimentación.

La cimentación detectada es superficial. Zapatas totalmente aisladas sin vigas de amarre.



ii. **Altura.**

La altura total de la edificación es de 18m.

iii. **Área / Número de pisos.**

La Edificación cuenta actualmente con 4 pisos, el primer piso lo conforman un local comercial y un semisótano disponible para parqueaderos. Los otros tres pisos tiene 3 apartamentos por piso, en la cubierta se encuentra una estructura de soporte de tanques elevados. Cada piso tiene un área promedio de 578m².

iv. **Estado general de construcción.**

La estructura principal, sus elementos principales vigas y columnas se encuentran en buen estado, no se evidencian lesiones generadas por daños derivados de cargas, cambios de uso o asentamientos diferenciales. A pesar de que se determinó una profundidad de carbonatación alta, está aún no ha llegado a los aceros de refuerzo, más sin embargo al cubierta si presenta lesiones severas. Hasta la época en que se mantuvo la edificación en servicio se desarrollaron mantenimientos como se puede constatar con las capas de pintura o recubrimientos que ayudan a proteger a la edificación de los agentes agresivos teniendo en cuenta la cercanía con la Bahía de Santa Marta. Se tienen detalles estéticos y de acabados en especial en la zona del parqueadero y su cielo raso.



v. Información existente

Como se indicó en el numeral 7.2.2 no se tiene disponible información de la estructura ni a nivel de planos, ni memorias, no se tienen registros de la construcción, ni tampoco estudios de suelos referenciales. Se contrató un levantamiento topográfico y arquitectónico para el desarrollo del TPI.

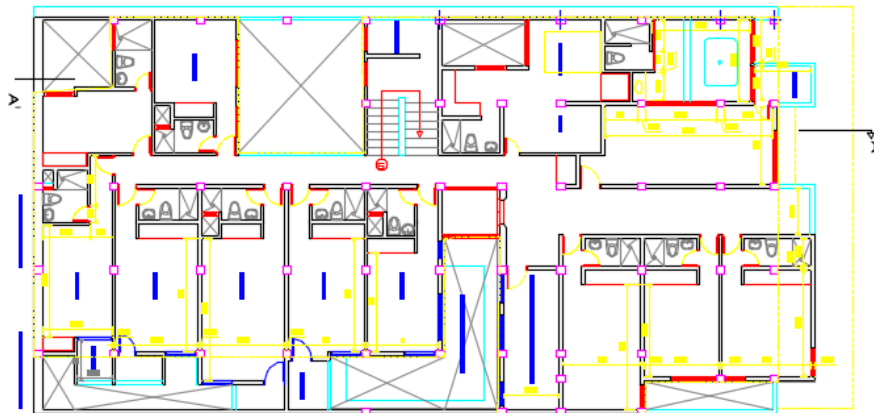


Imagen 17. Levantamiento topográfico y arquitectónico Edificio Santa Inés. Proyección habitaciones
Fuente: Autores.



vi. Habitabilidad / utilización.

La estructura en éste momento no se encuentra habitable, dado que no cuenta con los servicios públicos al día, las habitaciones de los pisos tercero y cuarto van a requerir un trabajo adicional para eliminar los olores ya impregnados de las heces de los animales que se han ido tomando éstos espacios.

vii. Fidelidad de los planos.

No se tenían planos bajo los cuales realizar una comparación detallada.

viii. Constatación del estado del paciente

El paciente se encuentra en un estado de abandono temporal, con mantenimientos pendientes y necesidades de inversión en redes hidráulicas, sanitarias, ventanería y carpintería. Adicionalmente la cubierta se encuentra con lesiones significativas que implican un mantenimiento mayor.

7.3.6. Aplicación Patológica.

De acuerdo con las evidencias de campo y la inspección visual del paciente se puede determinar que se adelanta un estudio de Patología **Geriátrica** para la superestructura como tal y **forense** para la cubierta de la edificación.



7.3.7 Descripción de la patología más relevante.

Como se detalla en las conclusiones del diagnóstico se tienen como patologías relevantes lesiones asociadas a falta de mantenimientos principalmente en elementos tales como la impermeabilización de la cubierta, la cual ha generado humedades y filtraciones que han deteriorado este elemento generándole daños estructurales, esta humedad se ha combinado con los factores biológicos generando un ambiente no habitable y obviamente afectaciones a los concretos. Sin dejar atrás las generadas por errores constructivos y la edad de la edificación.

La humedad también se ve reflejada en el semisótano.

El hecho que el edificio haya sido construido antes de la normal actual, posee connotaciones a nivel de resistencia sísmica desfavorables, teniendo en cuenta la ausencia de elementos estructurales que mitiguen esfuerzos y movimientos ante estos eventos antes descritos de acuerdo con las teorías y conceptos recientes y debidamente aprobados universalmente.

Se evidencian malas prácticas de construcción, así se evidencia en las losas de entepiso y cimentaciones principalmente, en los primeros elementos es claro el detalle que marcan las deficiencias en la colocación de la formaletería y en los segundos al realizar la exploración se aprecian la falta de rellenos, diferentes profundidades de desplante y dimensiones en elementos estructurales.



Imagen 18. Detalle lesiones por Humedad en los muros del semisótano.
Fuente: Autores.



Imagen 19. Detalle lesiones por Humedad reflejada en el cielo raso del cuarto piso.
Fuente: Autores.



Imagen 20. Detalle lesiones generadas por deficiencias en los métodos constructivos.
Fuente: Autores.

7.3.8 Clasificación y origen de las patologías.

De la información consolidada en las fichas de evaluación, se tiene que las patologías presentadas tienen su origen y clasificación principalmente por causas asociadas a condiciones antrópicas derivadas de falta de mantenimiento las cuales se ven reflejadas a nivel físico en manchas de húmedas y suciedad, aunque en menor medida se aprecian fisuras derivadas por condiciones de diseño y de errores de construcción.



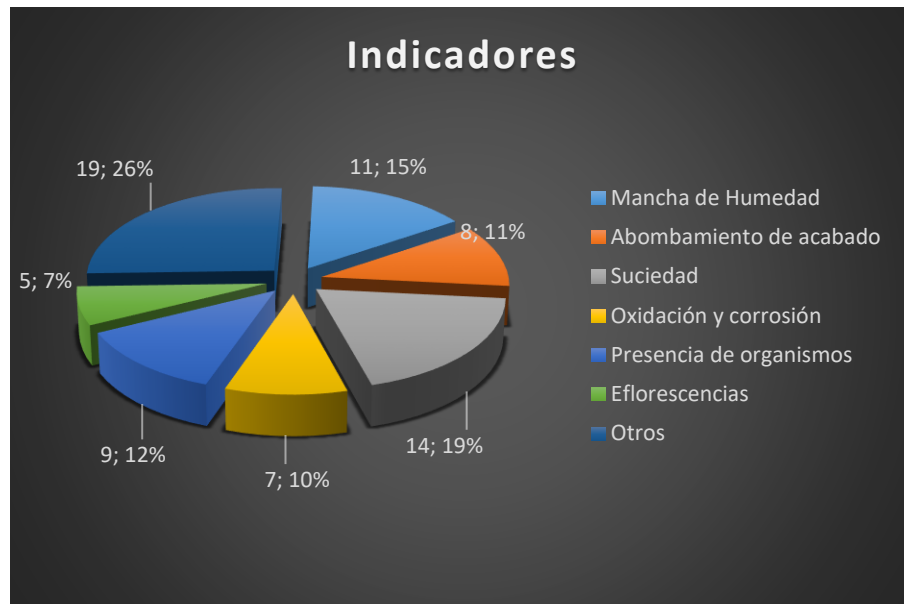
INDICADOR	CATEGORIA	TIPO	ESTRUCTURA TKs	CUBIERTA	TK SEMI	CIELO RASO 4TO	ESCALERAS	HABITACIONES	LOSA	SEMISOTANO	FACHADA EXTERNA	FACHADAS INTERNAS	TOTALES
INDICADORES DE DETERIORO	FISICO	Mancha de Humedad	2	2	2	1		2		1	1		11
		Erosion fisica	2			1				1			4
		Abombamiento de acabado				1		2		1	1	3	8
		Suciedad	2	1	1		2	3		1	1	3	14
	MECANICO	Grieta	1										1
		Fisura	2	1		1				1	1		6
		Deformación	2						1				3
		Desprendimiento	1	2									3
		Erosión Mecánica	1										1
		Adición											0
	QUIMICO BIOLOGICO	Polución						1				3	4
		Oxidación y corrosión	3	1	1	1				1			7
		Presencia de organismos	2		1	1	2	1		1	1		9
		Eflorescencias	1	1	1	1				1			5
CAUSAS DE DETERIORO	FISICAS	Agentes Atmosfericos	1							1			2
		Exposicion de agentes liquidos	2	2	2	1	2	1		1	1		12
		Contaminacion atmosferica									1	3	4
		Falla, desgaste. Fatiga	2	2	2							3	9
	MECANICAS	Esfuerzos mecanicos no previstos											0
		Defectos construcción origen		1			2		1	1			5
		Asentamiento diferencial											0
	ANTROPICAS	Comportamiento inadecuado											0
		Falta de Mantenimiento	3	2	2	1	2	3		1	1	3	18
		Intervenciones defectuosas				1			1				2

Tabla 4. Indicadores y causas de deterioro Edificio Santa Inés.
Fuente: Autores.

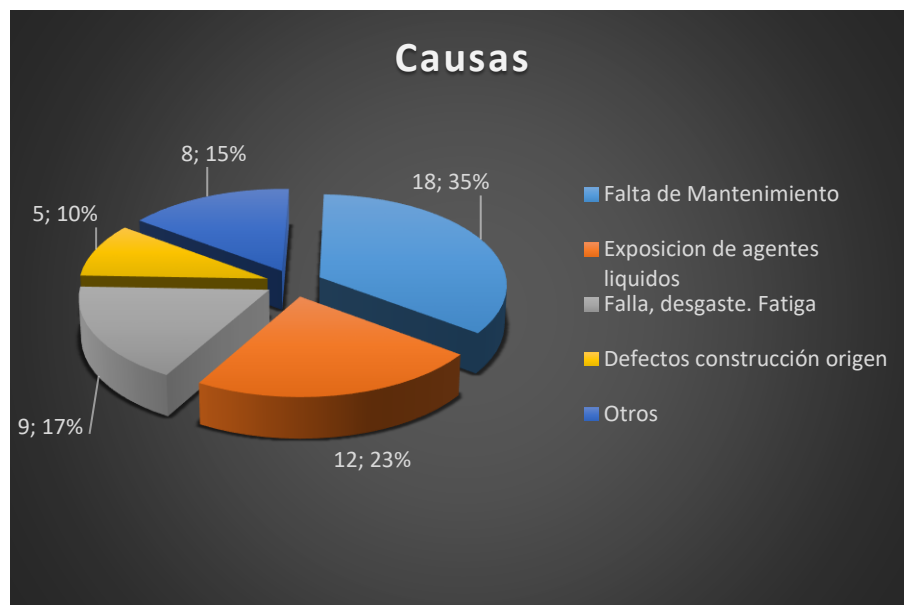
INDICADORES	
Mancha de Humedad	11
Abombamiento de acabado	8
Suciedad	14
Oxidación y corrosión	7
Presencia de organismos	9
Eflorescencias	5
Otros	19

CAUSAS	
Falta de Mantenimiento	18
Exposicion de agentes liquidos	12
Falla, desgaste. Fatiga	9
Defectos construcción origen	5
Otros	8

Tabla 5. Indicadores y causas de deterioro Edificio Santa Inés. Consolidadas.
Fuente: Autores.



Grafica 1. Distribución de los tipos de indicadores de deterioros en la estructura.
Fuente: Autores.



Grafica 2. Distribución de los tipos de causas que han generado las lesiones.
Fuente: Autores.



7.3.9 Datos generales del entorno.

i. Edificaciones u obras vecinas.

Las edificaciones vecinas en los costados Este y Oeste son estructuras básicas de dos pisos con amplios patios que colindan con la estructura y que le aportan cargas de agua que generan humedad en la zona del semisótano. Al sur se encuentra un solar amplio con árboles frondosos. Es decir que son lotes donde eventualmente se pueden hacer desarrollos habitacionales que puedan llegar a impactar el Edificio Santa Inés, por ello se deberá tener presente la elaboración correcta de un acta de vecindad donde se detalle el estado de la estructura en ese momento.

ii. Medio ambiente.

El medio ambiente donde se encuentra la Edificación costero, en zona urbana.

iii. Temperatura

La temperatura promedio es de 28 °C, variando entre 29 °C en la época seca y 23 °C en la época lluviosa (Hernández, 2003) y sensación térmica de 37 °C

iv. Humedad relativa promedio

La Humedad relativa promedio de la ciudad de Santa Marta es de 46%.

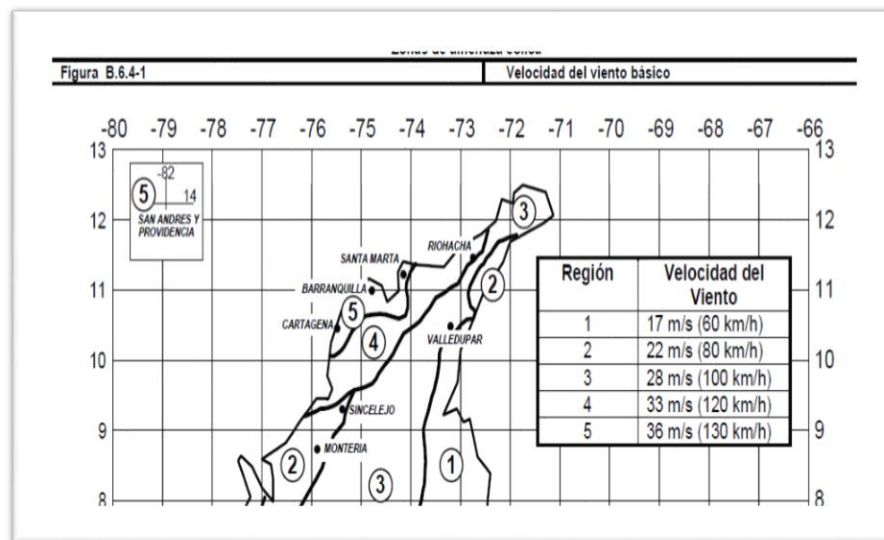


v. Precipitaciones

La precipitación anual oscila entre 1000 y 2000 mm (IGAC, 1993). La distribución de lluvias se encuentra supeditada al paso anual de la ZCIT (Zona de Convergencia Intertropical) y a la presencia de la SNSM, teniéndose así dos temporadas de lluvia, la primera en parte de abril y mayo, y la segunda entre los meses de septiembre y noviembre (IGAC, 1993).

vi. Velocidad del viento.

La ciudad y la región presentan vientos de 130km/h, la NSR-10 en la figura B.6.4-1 Velocidad de viento básico en la región 5, y lo categoriza como una zona de amenaza Eólica Alta. Este es un parámetro muy importante a considerar en los diseños estructurales en la zona.



Grafica 3. Velocidad del Viento en la Ciudad de Santa Marta.
Fuente: NSR-10 B.6.4-1 Velocidad de viento Básico.

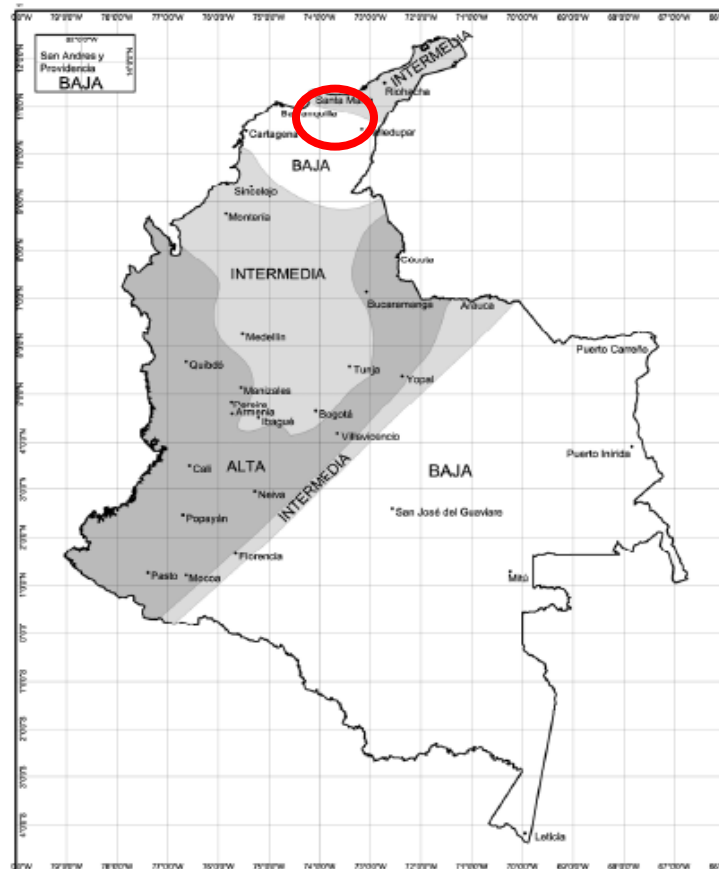


vii. Movimientos en masa.

No se presentan este fenómeno en la zona de ubicación de la estructura. La zona tiene unos suelos arenosos, de compacidad muy densa.

viii. Sismicidad.

Según tabla A.2.3.2. de la NSR-10 La ciudad de Santa Marta está ubicada en una zona Intermedia.



Grafica 4. Zona de amenaza Sísmica. Tabla A.2.3.2.
Fuente: NSR-10.



ix. Topografía.

La topografía de la Ciudad de Santa Marta en el casco urbano, centro y zona histórica que es donde se encuentra ubicado el paciente, es totalmente plana con pendientes del 0%.

x. Nivel freático y escorrentías.

El nivel freático de las aguas se encuentra a -1.00m. No se registran aguas de escorrentía.

xi. Sistemas de coberturas vegetales.

En la edificación no se tienen sistemas de coberturas vegetales, se evidencia una mata en el costado Oeste de la Edificación.

7.3.10 Arquitectura (descripción general)

Calificación:

i. Estilo arquitectónico.

El estilo arquitectónico de la edificación es Contemporáneo, enmarcado en esos estilos de secciones muy cuadradas y/o rectas de finales de los 60's, se resalta el uso de calados en los muros para mejorar las condiciones de ventilación, la estructura es de conceptos muy normales sin ningún distinguo o detalle que lo diferencie arquitectónicamente de otros en la zona.



Imagen 21. Fachada Sur hacia el patio, detalle de los calados para ventilación.
Fuente: Autores.

ii. Contexto histórico, (social, económico, geográfico, ideológico político y jurídico).

La edificación no se enmarca en un contexto histórico específico de la ciudad, pero si en un momento económico clave debido al desarrollo del turismo más amplio en toda la ciudad vieja, la Bahía y previo a la explotación de otras zonas como el Rodadero y el mismo Parque Tairona, principalmente. Estos desarrollos ayudaron a dinamizar la económica local y a consolidar a la ciudad de Santa Marta como un sitio turístico por excelencia en Colombia.



iii. Monumento de conservación.

La edificación no es un monumento de conservación, por lo tanto no se le aplicaran a los conceptos aquí emitidos o posibles intervenciones reglamentos o decretos propios del POT de la ciudad.

iv. Materiales, sistema constructivo, proceso constructivo (técnico y tecnológico).

Durante la inspección de los elementos estructurales, se pudieron evidenciar además las siguientes condiciones:

7.3.11 Origen geológico de los agregados:

Se evidencia que el agregado grueso presente en todos los concretos de las estructuras es de origen ígneo, conformados principalmente por ferromagnesianos con porcentajes casi iguales de contenidos de Anfíboles y biotitas, y en menor medida de olivinos. De formas totalmente irregulares y sin un tamaño máximo que se pueda definir a simple vista.



Imagen 22. Detalle los agregados gruesos de tipo ígneo presentes en la mezcla.
Fuente: Autor.

Se aprecian las diferencias de tamaños en las muestras y en sus formas laminares.



7.3.12 Estado de los agregados gruesos expuestos a avance de la carbonatación:

En las ventanas de inspección se evidencia que los agregados, ubicados en la profundidad a la cual ya se encuentra el frente de carbonatación, se pueden observar materiales con pintas o vetas ocreas, características de la presencia de óxido, esto debido a su contenido de hierro.

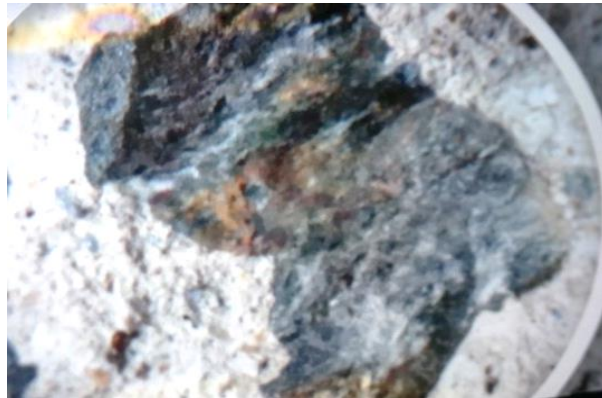


Imagen 23. Detalle de los trazos de óxido sobre los agregados.
Fuente: Autor.

Este tipo de agregado en la SERIE DE GOLDRICH, se ubica en un rango de minerales susceptibles a procesos de alteración en condiciones de exposición al medio ambiente, aunque la estructura se encuentra cerca al mar solo los agregados ubicados a la profundidad del frente de carbonatación están registrando el óxido, lo cual después de tanto tiempo indica que de una u otra forma tanto las capas de pintura como los pañetes de espesores variables de 2cms a 3cms en promedio en los pisos del 1 al 4, han trabajado adecuadamente como barrera. Las pinturas de interiores como se evidencia más adelante se encuentran en buen estado, a diferencia de las exteriores. Esta condición genera que se tengan agregados que aportan lo mínimo a la resistencia del concreto.



7.3.12 Distribución y posición de los agregados en los elementos:

Para el caso de las vigas, los agregados gruesos se aprecian acumulados hacia la parte baja del elemento, es decir que estos trataron de segregarse ubicándose al fondo, también se evidencian que están ubicados en su lado o cara más alargada de forma paralela uno con respecto al otro.

Al revisar las columnas, la distribución de los agregados no es homogénea, se evidencia que no hubo una adecuada colocación, las partículas se concentran en zonas y dejan grandes masas de pasta si su presencia o inclusión, de la misma forma tamaños variados.



Imagen 24. Detalle de la disposición de los agregados en la columna.
Fuente: Autor.



7.3.13 Estructura.

El edificio Santa Inés de propiedad de la Familia Vives, es una estructura contemporánea que data de mediados del siglo pasado, construida con una finalidad comercial principalmente y destinada al hospedaje necesario para el desarrollo del sector turístico de la ciudad, el cual en ese entonces se concentraba o giraba totalmente en torno a la Bahía y al centro histórico de la ciudad, es decir que la edificación se enmarca entonces en el momento histórico en el cual en nuestro país no se contaba con un código de construcción que permitiese tener una guía adecuada para que las edificaciones garantizaran la durabilidad, los elementos estructurales básicos, los detalles estructurales complejos y las condiciones sísmo resistentes necesarias, y que faltan o no se encuentran en cumplimiento a la reglamentación actual como se detalla más adelante.

Durante las últimas décadas, el uso edificio fue relegado a usuarios de otro estilo, copropietarios y arrendatarios esporádicos, sin la debida participación de una administración que pudiese realizar gestiones de mantenimiento de cualquier índole en toda la estructura. Esto generó el deterioro propio de elementos claves de la estructura, tales como la cubierta, las fachadas, tanques de almacenamiento de agua, entre otros, que se suman a los propios causados por la edad de la edificación y posibles deficientes consideraciones de diseño y limitadas prácticas de construcción.

La edificación consiste en una estructura convencional aporticada de cuatro niveles más cubierta y de altura aproximada de 18m.



El sistema estructural consiste en Pórticos de concreto reforzado con capacidad Moderada de Disipación de Energía (DMO), la estructura se clasifica dentro del grupo de uso I según A.2 de las NSR-10. El sistema de cimentación consiste en zapatas aisladas, de acuerdo a las indicaciones de las exploraciones.

- i. **Columnas:** Sección 0.30m x 0.35m.
- ii. **Losa de entrepiso:** losa aligerada (h=0.30m).
- iii. **Vigas:** sección 0.30mx0.30m
- iv. **Escalera:** Concreto prefabricado
- v. **Edad estimada de la Edificación:** No se posee información exacta se estima 50años.

Basados en la forma de la estructura, la arquitectura y la utilización de aceros lisos. Es decir suficiente tiempo antes de la adopción de códigos y normas sismo resistentes en nuestro país.

Calificación de la estructura.

- i. **Por diseño y construcción (A. 10.2.2.1-NSR10).**
- ii. **Por estado de la estructura (A. 10.2.2.1-NSR10).**

Descripción	Calificación	Observaciones
i. La calidad del diseño de la estructura original y su sistema de cimentación y construcción de la misma.	Mala	La estructura no cuenta con una reglamentación de norma utilizada, fue construida con métodos empíricos y de acuerdo a la experticia del diseñador y constructor. La



		cimentación fue construida con zapatas aisladas y no están unidas por ningún elemento estructural. El refuerzo consiste en varilla lisa que no cumplen con cuantías mínimas y espaciamientos de acuerdo a norma vigente.
ii. El estado de mantenimiento y conservación	Mala	En la estructura no se evidencia ningún tipo de mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, presentando un deterioro acrecentado debido a esta falta de mantenimiento principalmente tal y como se evidencio en los indicadores y causas.

Tabla 6. Calificación de la estructura.
Fuente: Autores.

iii. Evaluación de la estructura en general

En resumen, la estructura se encuentra en un estado malo, teniendo en cuenta las siguientes variables a considerar:

- Pésimo método constructivo.
- Diseño no se basa en norma establecida conocida (Construcciones antes de la vigencia de la norma).



- Materiales no cumplen con estándares de calidad.
- Deterioro acrecentado por falta de mantenimiento.

iv. Espectro de diseño y sismicidad de la zona

Espectro de diseño (Movimiento sísmico de diseño con seguridad limitada)

• Valor de $A_e = 0.10$ (A.10.3.2)

Departamento del Magdalena						
Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Santa Marta	47001	0.15	0.10	Intermedia	0.10	0.04

Tabla 7. Valores de A_a , A_e , A_v y A_d para la ciudad de Santa Marta.
Fuente: Autores.

Según A.10.3.4 el espectro de respuesta se obtiene según A.2.6, sustituyendo los valores de A_a y A_v por el valor de A_e . Mientras tanto el Coeficiente de capacidad de disipación de energía R' : según A.10.4.2.4 cuando no exista ningún tipo de información, se permite utilizar un valor de R' correspondiente a 3/4 del valor que fija el capítulo A.3 para el mismo sistema estructural y el mismo material.

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

Tabla 8. Valores de R_0 para pórticos resistentes a momentos.
Fuente: Autores.



$$R' = 3/4 * 5 = 3.75$$

Tomaremos un valor de 3.0 teniendo en cuenta el estado de la estructura y anticipando un mal comportamiento de disipación de energía ante un sismo. A continuación se detalla los sismos registrados en Santa Marta y su magnitud en los últimos 10 años, esta información es importante ya que demuestra que la estructura ha estado sometida a movimientos telúricos en un rango de hasta 4 en la escala Mw.

FECHA	MAGNITUD MI	MAGNITUD Mw	MUNICIPIO
2008-02-02	2.3		SANTA_MARTA
2009-02-21	3.2		SANTA_MARTA
2009-03-21	3.5		SANTA_MARTA
2009-03-28	3.4		SANTA_MARTA
2009-04-12	2.8		SANTA_MARTA
2009-04-25	2.3		SANTA_MARTA
2009-09-06	2.7		SANTA_MARTA
2010-05-11	2.9		SANTA_MARTA
2010-08-04	2.3		SANTA_MARTA
2010-11-24	3.1		SANTA_MARTA
2010-12-03	3.6		SANTA_MARTA
2011-03-24	3.3		SANTA_MARTA
2011-05-08	3.3		SANTA_MARTA
2011-07-03	2.1		SANTA_MARTA
2011-10-27	1.7		SANTA_MARTA
2011-11-11	2.8		SANTA_MARTA
2011-11-13	3.6		SANTA_MARTA
2011-11-28	2.6		SANTA_MARTA
2011-12-13	3.8		SANTA_MARTA
2011-12-31	3.1		SANTA_MARTA
2012-03-02	3.7	3.9	SANTA_MARTA
2012-05-02	1.9		SANTA_MARTA
2012-05-09	1.8		SANTA_MARTA



2012-05-15	2.4		SANTA_MARTA
2012-07-01	2.2		SANTA_MARTA
2012-08-01	2.3		SANTA_MARTA
2012-09-26	2.2		SANTA_MARTA
2012-10-05	2.5		SANTA_MARTA
2012-10-20	3.9	4.0	SANTA_MARTA
2013-01-10	3.0		SANTA_MARTA
2013-01-10	2.7		SANTA_MARTA
2013-01-12	2.8		SANTA_MARTA
2013-02-13	2.9		SANTA_MARTA
2013-02-22	1.6		SANTA_MARTA
2013-03-04	2.7		SANTA_MARTA
2013-03-17	1.8		SANTA_MARTA
2013-03-17	2.6		SANTA_MARTA
2013-04-22	2.2		SANTA_MARTA
2013-04-27	3.3	3.4	SANTA_MARTA
2013-05-13	2.3		SANTA_MARTA
2013-05-13	1.6		SANTA_MARTA
2013-05-17	3.0	3.4	SANTA_MARTA
2013-05-17	2.8		SANTA_MARTA
2013-05-21	2.1		SANTA_MARTA
2013-05-26	2.2		SANTA_MARTA
2013-05-26	2.2		SANTA_MARTA
2013-05-26	1.9		SANTA_MARTA
2013-05-26	2.0		SANTA_MARTA
2013-05-26	2.3		SANTA_MARTA
2013-06-23	2.2		SANTA_MARTA
2013-06-24	2.3		SANTA_MARTA
2013-07-03	2.1		SANTA_MARTA
2013-07-11	3.0	3.0	SANTA_MARTA
2013-07-11	1.8		SANTA_MARTA
2013-07-13	3.0	3.1	SANTA_MARTA
2013-07-15	3.0		SANTA_MARTA
2013-07-28	2.2		SANTA_MARTA
2013-07-31	2.0		SANTA_MARTA
2013-08-13	3.6	3.7	SANTA_MARTA
2013-08-14	1.7		SANTA_MARTA
2013-12-26	1.8		SANTA_MARTA
2013-12-29	1.8		SANTA_MARTA



2013-12-30	1.8		SANTA_MARTA
2014-01-08	2.1		SANTA_MARTA
2014-01-09	1.8		SANTA_MARTA
2014-01-10	1.3		SANTA_MARTA
2014-02-24	1.4		SANTA_MARTA
2014-04-23	2.9		SANTA_MARTA
2014-05-14	2.4		SANTA_MARTA
2014-05-19	1.7		SANTA_MARTA
2014-05-25	2.4		SANTA_MARTA
2014-06-25	2.1		SANTA_MARTA
2014-08-19	2.5		SANTA_MARTA
2014-09-30	3.4	3.6	SANTA_MARTA
2014-10-10	1.4		SANTA_MARTA
2014-10-11	1.6		SANTA_MARTA
2014-10-14	1.8		SANTA_MARTA
2014-10-30	1.6		SANTA_MARTA
2014-11-14	3.1	3.3	SANTA_MARTA
2014-12-06	1.1		SANTA_MARTA
2015-01-25	2.4		SANTA_MARTA
2015-02-12	2.2		SANTA_MARTA
2015-02-26	1.6		SANTA_MARTA
2015-03-25	2.3		SANTA_MARTA
2015-03-25	2.3		SANTA_MARTA
2015-03-25	1.8		SANTA_MARTA
2015-04-16	3.5	3.5	SANTA_MARTA
2015-04-18	2.2		SANTA_MARTA
2015-04-19	1.6		SANTA_MARTA
2015-05-04	2.0		SANTA_MARTA
2015-05-20	2.7		SANTA_MARTA
2015-05-28	1.9		SANTA_MARTA
2015-06-17	1.9		SANTA_MARTA
2015-08-04	2.1		SANTA_MARTA
2015-08-21	2.2		SANTA_MARTA
2015-09-01	1.7		SANTA_MARTA
2015-09-11	2.3		SANTA_MARTA
2015-09-17	1.9		SANTA_MARTA
2015-10-07	1.6		SANTA_MARTA
2015-10-13	2.2		SANTA_MARTA
2015-10-15	1.6		SANTA_MARTA



2015-10-22	2.0		SANTA_MARTA
2015-11-29	1.4		SANTA_MARTA
2015-12-31	2.2		SANTA_MARTA
2016-01-09	1.9		SANTA_MARTA
2016-01-20	2.2		SANTA_MARTA
2016-01-29	1.6		SANTA_MARTA
2016-02-12	2.1		SANTA_MARTA
2016-02-21	1.7		SANTA_MARTA
2016-03-27	2.7		SANTA_MARTA
2016-04-10	2.0		SANTA_MARTA
2016-04-18	1.8		SANTA_MARTA
2016-05-04	1.8		SANTA_MARTA
2016-05-12	1.5		SANTA_MARTA
2016-05-16	2.2		SANTA_MARTA
2016-05-29	2.4		SANTA_MARTA
2016-06-11	2.9		SANTA_MARTA
2016-06-28	1.5		SANTA_MARTA
2016-07-14	2.4		SANTA_MARTA
2016-07-30	1.6		SANTA_MARTA
2016-08-08	2.4		SANTA_MARTA
2016-08-13	1.9		SANTA_MARTA
2016-09-19	1.6		SANTA_MARTA
2016-11-26	2.1		SANTA_MARTA
2016-11-30	2.0		SANTA_MARTA
2016-12-09	1.6		SANTA_MARTA
2016-12-27	2.4		SANTA_MARTA
2017-01-02	1.6		SANTA_MARTA
2017-01-08	3.0		SANTA_MARTA
2017-01-08	1.6		SANTA_MARTA
2017-01-08	1.8		SANTA_MARTA
2017-01-13	1.7		SANTA_MARTA
2017-01-18	1.9		SANTA_MARTA
2017-01-28	1.4		SANTA_MARTA
2017-01-30	2.5		SANTA_MARTA
2017-02-07	1.8		SANTA_MARTA
2017-02-11	1.5		SANTA_MARTA
2017-02-28	2.2		SANTA_MARTA
2017-03-21	1.7		SANTA_MARTA
2017-03-24	2.1		SANTA_MARTA



2017-03-24	2.1		SANTA_MARTA
2017-04-20	2.4	2.9	SANTA_MARTA
2017-04-22	1.5		SANTA_MARTA
2017-05-01	1.4		SANTA_MARTA
2017-05-31	2.8		SANTA_MARTA
2017-05-31	4.0	4.3	SANTA_MARTA
2017-05-31	3.2		SANTA_MARTA
2017-05-31	2.1		SANTA_MARTA
2017-06-02	2.1		SANTA_MARTA
2017-06-05	1.3		SANTA_MARTA
2017-06-09	1.9		SANTA_MARTA
2017-07-02	1.0		SANTA_MARTA
2017-07-04	2.1		SANTA_MARTA
2017-07-19	2.6		SANTA_MARTA
2017-07-28	2.1		SANTA_MARTA
2017-09-01	1.6		SANTA_MARTA
2017-09-04	2.0		SANTA_MARTA
2017-09-18	3.0		SANTA_MARTA
2017-09-22	2.5		SANTA_MARTA
2017-09-22	1.5		SANTA_MARTA
2017-10-07	1.0		SANTA_MARTA
2017-10-14	1.6		SANTA_MARTA
2017-10-22	1.6		SANTA_MARTA
2017-11-21	1.6		SANTA_MARTA
2017-11-28	1.7		SANTA_MARTA
2017-12-03	1.4		SANTA_MARTA
2017-12-13	2.5		SANTA_MARTA
2017-12-13	1.4		SANTA_MARTA
2017-12-14	2.1		SANTA_MARTA
2017-12-21	1.5		SANTA_MARTA
2017-12-29	2.0		SANTA_MARTA
2018-01-14	2.2		SANTA_MARTA
2018-01-20	2.4		SANTA_MARTA
2018-01-21	2.4		SANTA_MARTA
2018-01-26	1.6		SANTA_MARTA

Tabla 9. Registro de sismos Ciudad de Santa Marta Periodo 2008 -2018.
Fuente: Servicio Geológico Colombiano.



v. Determinación de las cargas sobre los elementos.

- **Carga Muerta:**

La carga muerta la constituye el peso propio de cada uno de los elementos estructurales de la edificación, para la carga muerta se tiene:

Muros: 0.178Ton/m²

Pisos: 0.15 Ton/m²

Entrepiso: Incluido

Total: 0.33 Ton/m²

- **Carga Viva**

Carga Viva: 0.18 Ton/m²

Carga Viva terrazas: 0.5 Ton/m²

Carga Viva escaleras: 0.5 Ton/m²

vi. Relación entre demanda y capacidad

Este análisis se realizará teniendo en cuenta los lineamientos del título A.10. En cuanto al índice de flexibilidad y el índice de sobreesfuerzo de la estructura original. Dichos parámetros se analizarán detalladamente en el capítulo de vulnerabilidad sísmica.



7.3.14 Suelos y cimentaciones.

i. Geología general del paciente.

La ciudad de Santa Marta se encuentra ubicada en el pie de monte de la Sierra Nevada, que es el sistema montañoso más alto del mundo a la orilla del mar. Sus suelos han sido formados por depósitos aluviales y llanuras aluviales, propias de todas estas zonas costeras.

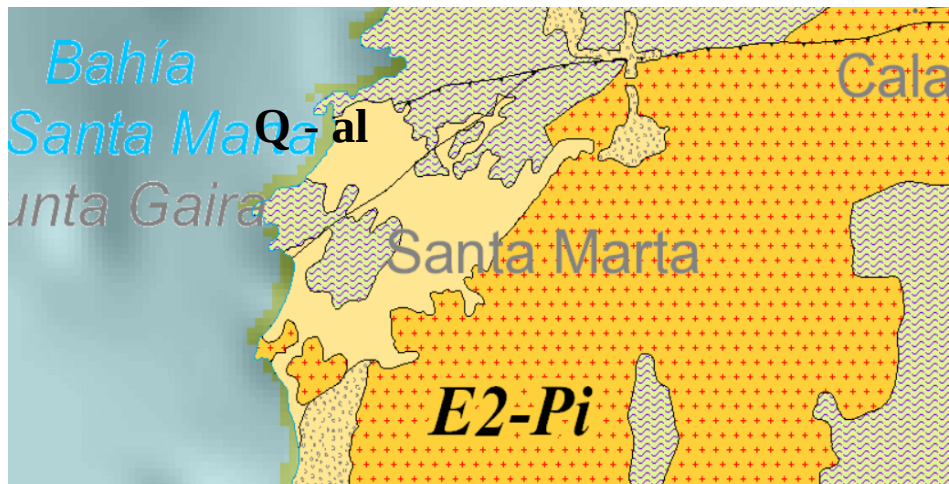


Imagen 25. Q-al. Depósitos aluviales y llanuras aluviales.

Fuente: http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Mapa_Geologico_Colombia/

Dada la enorme variabilidad de condiciones altitudinales, geológicas, geomorfológicas y ecológicas que caracterizan el gran paisaje de la Sierra, es apenas lógico esperar también una amplia gama de suelos, cuyas diferencias morfológicas y composicionales son un claro reflejo de los cambios en los factores y procesos de formación. Así, condicionados por la altitud y el clima, por la naturaleza litológica del sustrato y por la estabilidad relativa de las laderas en los diferentes pisos altitudinales a medida que se desciende desde los 5.700 mts, hasta el nivel del mar, se encuentran sucesivamente a saber:



ii. Estudio de suelos realizado en el paciente

Se desarrolló un estudio geotécnico como parte fundamental de la investigación patológica, de esta forma el geotecnista efectuó un único sondeo de 15m de profundidad, donde encontró un perfil netamente de suelos gruesos como lo son las arenas limosas, arenas mal gradadas y arenas bien gradada con contenido variables de finos no plásticos, las cuales se fueron intercalando durante toda la profundidad de la perforación de la siguiente manera:

Desde el inicio de la perforación hasta el metro y medio perforado se encontró una arena limosa (SM) con alto contenido de finos no plástico, seguidamente encontramos una arena bien gradada con contenido de finos no plásticos (SW-SM) desde el metro y medio hasta los tres metros y medios de profundidad, más adelante se evidencio un perfil de un medo de espesor que va desde los 3.5 m hasta los 4.5 m pertenecientes a una arena mal gradada (SP) el perfil se interrumpe por una arena bien gradada con contenidos de finos no plásticos que va desde los 4.5 m hasta los 6.5 m de profundidad explorada y para finalizar desde los seis metros y medios de profundidad aparece una arena mal gradada (SP) hasta que finaliza la exploración.

Los principales parámetros estimados por el estudio fueron los siguientes:



Parámetro	Valor
Peso Unitario	1.900 t/m ³
Ángulo de fricción:	32.5°
Cohesión	0
Módulo de Young (E)	2070 t/m ²

Tabla 10. Principales parámetros geotécnicos Edificio Santa Inés.
Fuente: Anexo 1 Estudio Geotécnico. C & G Soluciones en ingeniería y geotécnica.

El documento también analizó el cálculo de cargas vivas y muertas a las que está sometida la estructura obteniendo como resultado un valor de **capacidad portante de 13.01 Ton/m²** en función de una cimentación superficial (zapatas aisladas) con la sección mínima existente y con una profundidad de desplante mínima de 1.5 m.

iii. Tipo de cimentación realizada.

Al realizar las ventanas de inspección de las cimentaciones previstas en el plan de inspección y ensayo se pudo determinar que la cimentación de la estructura está conformada por Zapatas aisladas de sección 1,70m x 1,70m x 0,70m de espesor desplantas a 0.60m de profundidad, no se presentan vigas de amarre de la cimentación.



Imagen 26. Detalle de la exploración para la verificación de las cimentaciones.
Fuente: Autores.

El Estudio Geotécnico. C & G Soluciones en ingeniería y geotécnia Edificio Santa Ines se presenta como **Anexo 2**. El especialista fue contratado por el propietario del Edificio en el mes de octubre de 2017 y en el documento este fue nombrado como el edificio como Edificio Vives, debido a que el dueño del estudio es el señor Vives, a la fecha de presentación del presente documento este no realizó el cambio en el nombre del documento tal y como se le solicitó.



7.4 ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.

Para comprender como va interactuar y responder las estructuras del Edificio Santa Inés, que está sometida a diferentes eventos durante su vida útil, es necesario estudiar principalmente los aspectos geológicos o naturales que pueden afectarla, como pueden ser: ubicación cercana o lejana de fallas geológicas y la profundidad en las que se encuentren, la ubicación del terreno respecto a fuentes hídricas que puedan producir inundaciones o altos niveles freáticos, el empuje de corrientes de viento y la amplificación de las aceleraciones del terreno respecto a la aceleración en roca.

Además de estos aspectos naturales, son de vital importancia los aspectos estructurales, entre los cuales se destacan: el uso que se le da a la edificación, su configuración estructural, el tipo y calidad de los materiales, calidad de los diseños y el cuidado que se haya seguido durante la construcción e instalación de la edificación (Ramos, 2003).

Para poder abordar este estudio es necesario tener presentes los siguientes conceptos: Riesgo sísmico, Amenaza Sísmica y Vulnerabilidad Sísmica.

i. Riesgo Sísmico.

Según Ramos (2003), se entiende por riesgo sísmico, el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica. El riesgo sísmico



está ligado tanto a la ocurrencia de eventos sísmicos que afecten a la estructura (amenaza sísmica) como a la respuesta de esta ante dichos movimientos del terreno (vulnerabilidad sísmica).

ii. Amenaza Sísmica.

La Amenaza Sísmica, es principalmente función de la respuesta del terreno y de la actividad sísmica en la zona (Bonnet, 2003).

iii. Vulnerabilidad Sísmica.

Según Bonnet (2003), la vulnerabilidad sísmica de una estructura se define como la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño.

La vulnerabilidad sísmica se puede realizar a muchas partes de la estructura, entre las cuales sobresalen:

- Elementos estructurales
- Elementos no estructurales
- Contenidos (maquinarias, muebles, enseres y demás elementos que formen el mobiliario de la estructura).

Un estudio de vulnerabilidad sísmica no sólo atiende la vulnerabilidad de los elementos estructurales sino que también, está asociada a la organización humana y a su relación con la infraestructura. Esta relación debe considerar los distintos estados de la infraestructura para las diversas situaciones de desastre.



iv. Daño Sísmico.

El daño es el grado de destrucción debido a una acción externa. El daño en la estructura se evalúa tanto global como localmente. Desde el punto de vista estructural se califica el daño sísmico, a partir de la deriva de piso y de la resistencia de los elementos estructurales.

El daño sísmico sobre los elementos estructurales puede ser debido a problemas de:

- Configuración geométrica (irregularidades en planta y altura).
- Concentración de esfuerzos debido a plantas complejas.
- Efectos de columnas débiles.
- Excesiva flexibilidad estructural.
- Excesiva flexibilidad del diafragma de piso (lo que implica deformaciones laterales no uniformes).

Un estudio de vulnerabilidad sísmica no sólo atiende la vulnerabilidad de los elementos estructurales sino que también, está asociada a la organización humana y a su relación con la infraestructura. Esta relación debe considerar los distintos estados de la infraestructura para las diversas situaciones de desastre.

v. Reducción de la Vulnerabilidad Sísmica.

Muchas de las edificaciones existentes en Colombia no cumplen con las normativas técnicas del REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR-10), para que se asegure su funcionamiento después que ocurra un desastre natural; lo que significa, que su vulnerabilidad puede ser tan alta, que su riesgo puede exceder los niveles aceptados actualmente.



Por lo tanto es necesario que se tomen las medidas de mitigación, con base a los requisitos ingenieriles y así, reducir el riesgo. Para una estructura altamente vulnerable, es necesario reestructurarla o rehabilitarla, con el objetivo de aumentar su resistencia, disminuir los desplazamientos, aumentar la ductilidad por curvatura y lograr una distribución adecuada de las fuerzas, entre los diferentes elementos resistentes tanto en planta como en altura.

7.4.1 Mapa de ubicación del paciente en la microzonificación sísmica de la ciudad.

La ciudad no registra una microzonificación sísmica como tal, los parámetros sísmicos empleados en el estudio son aquellos presentes en la NSR-10. En el POT la zona donde se encuentra ubicada la edificación está considerada como área residencial AR-7.

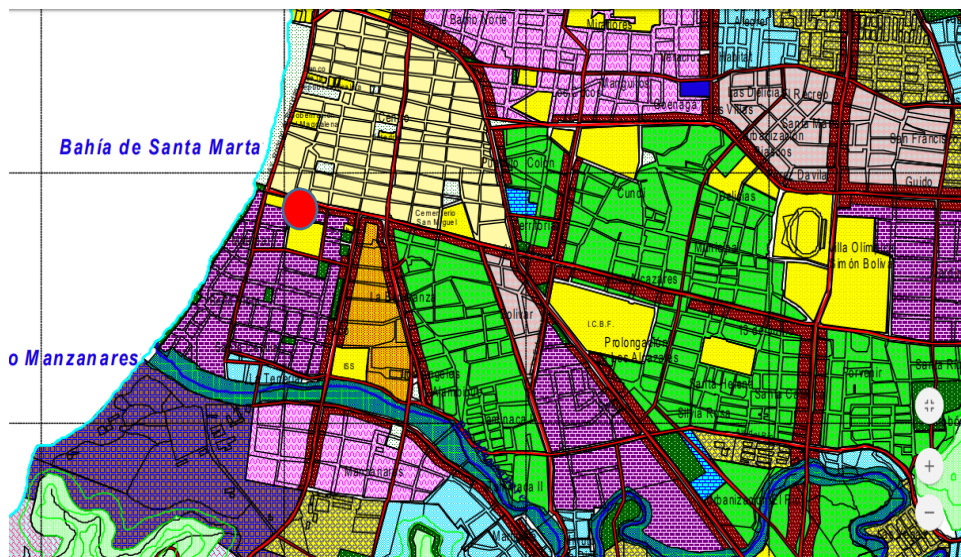


Imagen 27. Ubicación del Edificio Santa Inés de acuerdo con lo establecido en el POT.

Fuente: Autores.



7.4.2 Verificación o evaluación considerando el Capítulo A.10

7.4.2.1. Información preliminar.

Como se había mencionado antes, la información correspondiente a la estructura en cuanto a diseños arquitectónicos, estructurales y geotécnicos es inexistente, por tratarse de una estructura de más de 50 años la cual fue construida bajo métodos empíricos y no basado en una norma establecida. La estructura consta de un sistema aporticado de losa aligerada, vigas cargueras, columnas y zapatas aisladas.

7.4.2.2. Evaluación de la estructura existente.

El Modelamiento Estructural, se basó en el Análisis Modal Espectral, utilizando el Software de Análisis Estructural CYPECAD 2017, (**ver Anexo 3.**) para obtener el Modelo de Estructura, se siguieron los pasos siguientes:

- Caracterización de los Materiales
- Levantamiento Arquitectónico
- Levantamiento Estructural
- Exploración de Cimentaciones
- Asesoría Técnica y profesional del Ingeniero Calculista.

Con el estudio, se obtuvo los Índices de Flexibilidad y Sobre-Esfuerzo, que exigen las especificaciones vigentes NSR-10, en su Capítulo A 10, para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica de la estructura.



7.4.2.3 Parámetros de Diseño.

De acuerdo a los valores estimados del Estudio de Suelos y del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, los parámetros de diseño son los siguientes:

i. Parámetros sísmicos:

- Zona de Riesgo Sísmico: Intermedia
- Coeficiente que representa la Aceleración Horizontal Pico Efectiva $A_e = 0.10$
- Coeficiente de reducción sísmica $R_o = 3.0$
- Grupo de Uso I
- Coeficiente de Importancia $I = 1.0$ (Diseño Estructural)
- Perfil del Suelo D

ii. Parámetros de viento:

- Velocidad de Viento $V = 42$ m/s

iii. Parámetros geotécnicos:

- Profundidad de Cimentación 1.50 m
- Capacidad Admisible 13.01 T/m²



7.4.2.4. Especificaciones técnicas de los materiales para recalce y repotenciación de las estructuras.

Para la elaboración de los diseños de recalce y repotenciación de la estructura se basó en las siguientes especificaciones técnicas de diseño: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

i. Materiales.

Los materiales utilizados para el diseño y análisis de la edificación tienen las siguientes especificaciones:

ii. Datos del Concreto existente.

$f_c = 20.6 \text{ MPa}$ (datos tomados del ensayo realizado al material)

iii. Concreto reforzado en general y para toda la estructura.

$f_c = 21 \text{ MPa}$ = (datos del ensayo realizado al material)

$E_c = 200.000 \text{ Kg/cm}^2$

$\gamma = 2300 \text{ Kg/m}^3$



iv. Acero de refuerzo.

$F_y = 420 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm^2) para $\phi \geq \frac{3}{8}$ Requisitos NTC 2289 (ASTM A706M) Grado 60

$E_c = 200000 \text{ MPa}$

v. Acero perfiles.

$F_y = \text{ASTM A-36}$ (36 ksi)

$E_c = 200000 \text{ MPa}$

vi. Avalúo de cargas.

Cargas Muertas y Vivas.

La carga muerta la constituye el peso propio de cada uno de los elementos estructurales de la edificación,
para la carga muerta se tiene:

Carga Muerta:

Muros: 0.178 Ton/m^2

Pisos: 0.15 Ton/m^2

Entrepiso: Incluido

Total: 0.33 Ton/m^2

Carga Viva: 0.18 Ton/m^2

Carga Viva terrazas: 0.5 Ton/m^2



Se determinan los índices de sobreesfuerzo y flexibilidad de la estructura, los cuales se detallan en el análisis de vulnerabilidad sísmica de la estructura.

7.4.2.5. Intervención del sistema estructural

Se fija como parámetro general la propuesta de intervención basada en una actualización de la estructura al reglamento. Para esto se realizará un modelamiento nuevo, teniendo en cuenta la nueva configuración estructural.

7.4.3 Análisis de vulnerabilidad sísmica del paciente.

SOFTWARE UTILIZADO: CYPECAD 2017

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D por métodos matriciales, formando todos los elementos que definen la estructura: soportes, pantallas, muros, vigas y losas. Se establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando 6 grados de libertad y la indeformabilidad del plano de cada planta para simular el comportamiento rígido de la losa impidiendo desplazamientos relativos del mismo (cada planta solo puede desplazarse y girar lo que equivale a tres grados de libertad).

Se realiza un cálculo estático para cada combinación de acciones y se asume un comportamiento lineal de los materiales para la obtención de las solicitaciones (esfuerzos y movimientos).



7.4.3.1. Discretización de la estructura.

Soportes: barras verticales entre cada planta o desde la coronación de la cimentación, siendo su eje el de la sección transversal. Se consideran las excentricidades debidas a la variación de sección del soporte de una planta a otra.

- Vigas: barras horizontales con nudos en las caras de los soportes y en la intersección con los ejes de los nervios de la losa.
- Losas de placas aligeradas: losas unidireccionales que se discretizan con barras cada 400 mm
- Muros: se discretizan mediante elementos finitos tipo lámina gruesa tridimensional triangular.

7.4.3.2. Información existente.

Para la elaboración del estudio de vulnerabilidad sísmica se recopiló la siguiente información:

- Planos arquitectónicos: se realizó un levantamiento arquitectónico de toda la estructura, teniendo en cuenta elementos estructurales, de mampostería y acabados, ya que no se contaba con información existente de la edificación.
- Se realizó una revisión preliminar de la estructura, evaluando lesiones estructurales importantes.
- Se realizó una compilación fotográfica de las zonas más importantes de la edificación, desde el punto de vista estructural.



7.4.3.3. Estudio de suelos y cimentación.

No se contaba con información acerca de la cimentación de la estructura ni un estudio geotécnico que lo respaldara, para lo cual se realizó:

- Inspección sobre la cimentación, realizando excavaciones hasta encontrar dicho elemento estructural de la edificación, constatando, dimensiones, profundidad de desplante, estado actual de deterioro y conservación, y muestreos para evidenciar calidad de los materiales.
- Estudio de suelos basado en el título H de la NSR-10. Se realizó un estudio de suelos realizado por la empresa CYG SOLUCIONES EN INGENIERIA CIVIL Y GEOTECNIA en el cual se entregaron resultados relevantes como el nivel freático, caracterización geomecánica básica, capacidad portante admisible, asentamientos, solución de cimentación, de los cuales se destaca:

Item	Descripción
Qadm	13.01 Ton/m ²
Tipo de cimentación	Zapatas cuadradas de sección mínima de 1.50m
Profundidad de desplante	1.5m
Estratigrafía	Arena limosa (SM)
Asentamientos	11.1mm

Tabla 11. Principales parámetros geotécnicos Edificio Santa Inés.

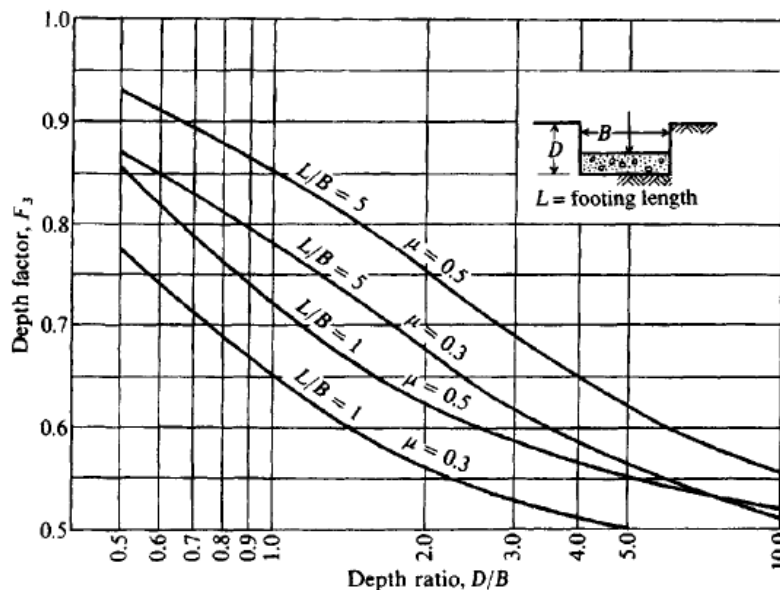
Fuente: Anexo 1 Estudio Geotécnico. C & G Soluciones en ingeniería y geotécnica.



7.4.3.4. Asentamientos y deformaciones.

Para la estimación de los asentamientos elásticos se asumió la carga promedio que estaría llegando a la estructura de cimentación fue de 90 toneladas, lo cual representa una presión neta admisible sobre el suelo de 40 t/m^2 para estar del lado de la seguridad ya que la carga asumida resulta superior a la capacidad calculada para condiciones de longitud, ancho, y profundidad del cimiento así como para los parámetros geotécnicos específicos del suelo a la profundidad asumida.

Se realizaron los cálculos para determinar el asentamiento teórico total dando como resultado magnitudes del orden de 11.1 mm, para asentamientos elásticos en el centro de la zapata, asumiendo profundidad de 1.5m y dimensiones del cimiento de 1.5m x 1.5m.



Grafica 5. Zona Abaco de cálculo factor de influencia.
Fuente: Braja M. Das. 1997.



7.4.3.5. Índice de flexibilidad.

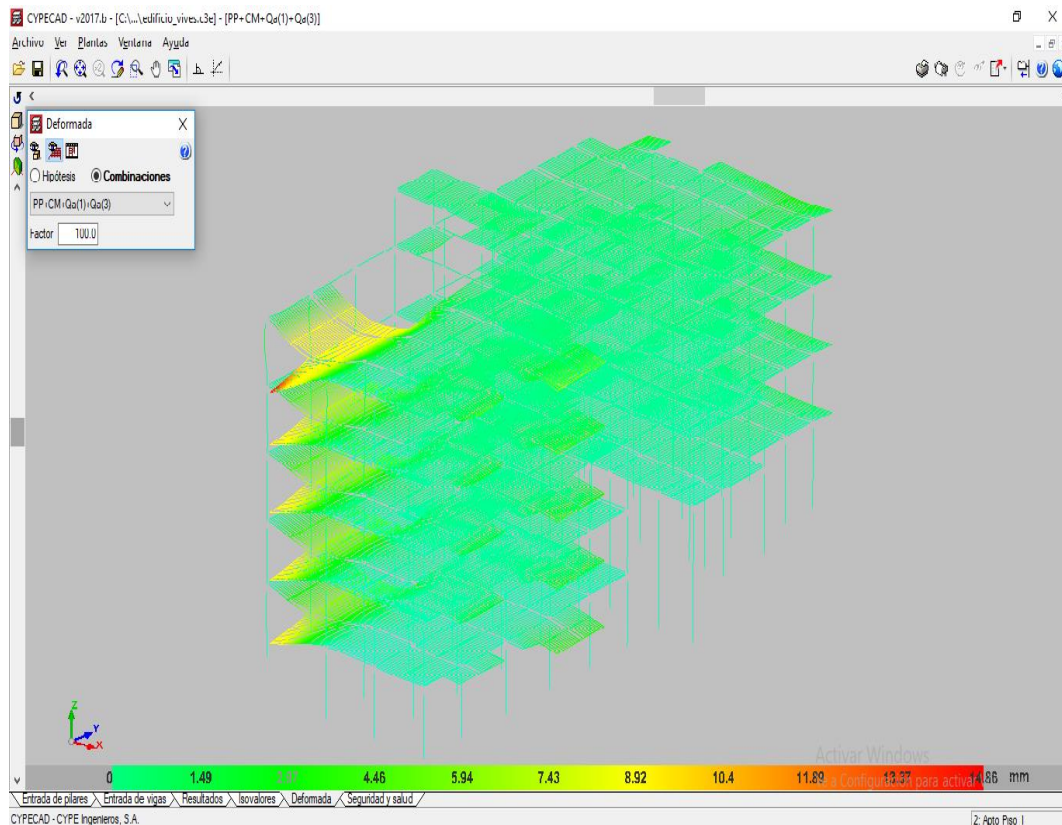
Teniendo en cuenta los parámetros anteriormente mencionados, se realiza un análisis de la estructura teniendo en cuenta las cargas de servicio y sísmicas, estas últimas, a través de un análisis modal espectral. Se evaluaron los desplazamientos totales, los cuales se limitan al 1.5% de la altura, de acuerdo a A.10.9.2.3. De esta manera tenemos:

Desplome local máximo de columnas (δ / h)									
Planta	h(m)	Permitidas		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾ Absolutas (m)		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾ Relativas		Índice de flexibilidad	
		Absolutas (m)	Relativas	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y	IF(X)	IF(Y)
Tanque	2.25	0.0338	1 / 150	0.00390	0.00459	1 / 490	1 / 577	0.116	0.136
Cubierta	2.7	0.0405	1 / 150	0.00828	0.01627	1 / 166	1 / 326	0.204	0.402
Apto Piso 4	2.7	0.0405	1 / 150	0.00978	0.01957	1 / 138	1 / 276	0.242	0.483
Apto Piso 3	2.7	0.0405	1 / 150	0.01280	0.02547	1 / 106	1 / 211	0.316	0.629
Apto Piso 2	2.55	0.0383	1 / 150	0.02161	0.02576	1 / 99	1 / 118	0.565	0.673
Apto Piso 1	0.75	0.0113	1 / 150	0.00469	0.00824	1 / 91	1 / 160	0.417	0.733
Local	2	0.0300	1 / 150	0.00820	0.01942	1 / 103	1 / 244	0.273	0.647
IF (ESTRUCTURA)								0.733	
⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.									

Tabla 12. Desplome local máximo de columnas.
Fuente: Análisis de vulnerabilidad Edificio Santa Inés.



A.10.4.3.5 — Definición del índice de flexibilidad — Debe determinarse un índice de flexibilidad, el cual indica la susceptibilidad de la estructura a tener deflexiones o derivas excesivas, con respecto a las permitidas por el Reglamento.



Grafica 6. Deformada de la estructura.
Fuente: Autores.

7.4.3.6. Índice de sobrefuerzo.

A.10.4.3.1- Definición del índice de sobrefuerzo – el índice de sobrefuerzo se expresa como el cociente entre las solicitaciones equivalentes, calculadas con A.10.4.2 y la resistencia efectiva. Tiene dos acepciones:



a). índice de sobrefuerzo de los elementos – el cual se refiere al índice de sobrefuerzo de cada uno de los elementos estructurales individuales, y

b). índice de sobrefuerzo de la estructura – cuando se determina para toda la estructura, evaluando los elementos con un mayor índice de sobrefuerzo individual y tomando en consideración su importancia dentro de la resistencia general de la estructura como un conjunto. Dada la calidad del diseño y la construcción, y el estado de conservación de la estructura, evaluando la resistencia efectiva tenemos:

Valores de ϕ_c y ϕ_e

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

Tabla 13. Valores de ϕ_c y ϕ_e .

Fuente: Análisis de vulnerabilidad Edificio Santa Inés.

Se evaluaron los elementos estructurales del pórtico resistente a momentos evaluando el índice de sobrefuerzo para lo cual tenemos:

Columna Tipo.

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas) (NSR-10, Título C, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Pie', para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+0.5·Qa(1)-0.3·SX-SY"

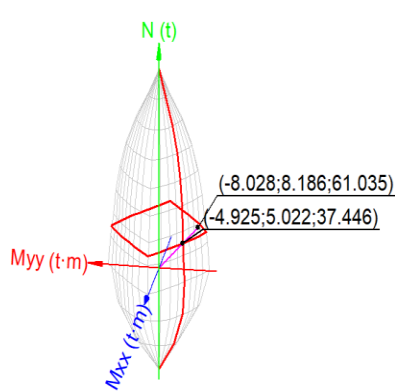


Se debe satisfacer:

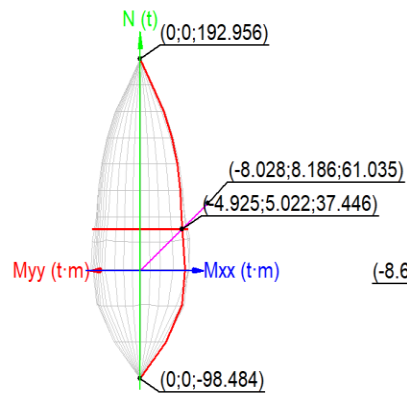
$$\eta : \underline{1.359} \quad \times$$

$$\eta : \underline{1.630} \quad \times$$

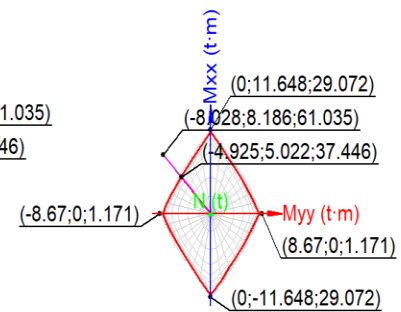
$$61.035 \text{ t} \leq 142.448 \text{ t} \quad \checkmark$$



Volumen de capacidad



Vista N, M



Vista Mx, My

Comprobación de resistencia de la sección (h_1)

P_u, M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u : Esfuerzo normal de cálculo.

$$P_u : \underline{61.035 \text{ t}}$$

M_u : Momento de cálculo de primer orden.

$$M_{u,x} : \underline{7.048 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{u,y} : \underline{-6.509 \text{ t}\cdot\text{m}}$$



$f \cdot P_n, f \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento.

$$f \cdot P_n : \underline{44.904 \text{ t}}$$

$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

$$f \cdot M_{n,x} : \underline{5.185 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$f \cdot M_{n,y} : \underline{-4.789 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Comprobación del estado límite de inestabilidad (h_2)

P_u, M_c esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos obtenidos a partir de los de primer orden incrementados para tener en cuenta los efectos de segundo orden a causa de la esbeltez.

P_u : Axil solicitante de cálculo pésimo.

$$P_u : \underline{61.035 \text{ t}}$$

M_c : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{c,x} : \underline{8.186 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{c,y} : \underline{-8.028 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$f \cdot P_n, f \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento.

$$f \cdot P_n : \underline{37.446 \text{ t}}$$

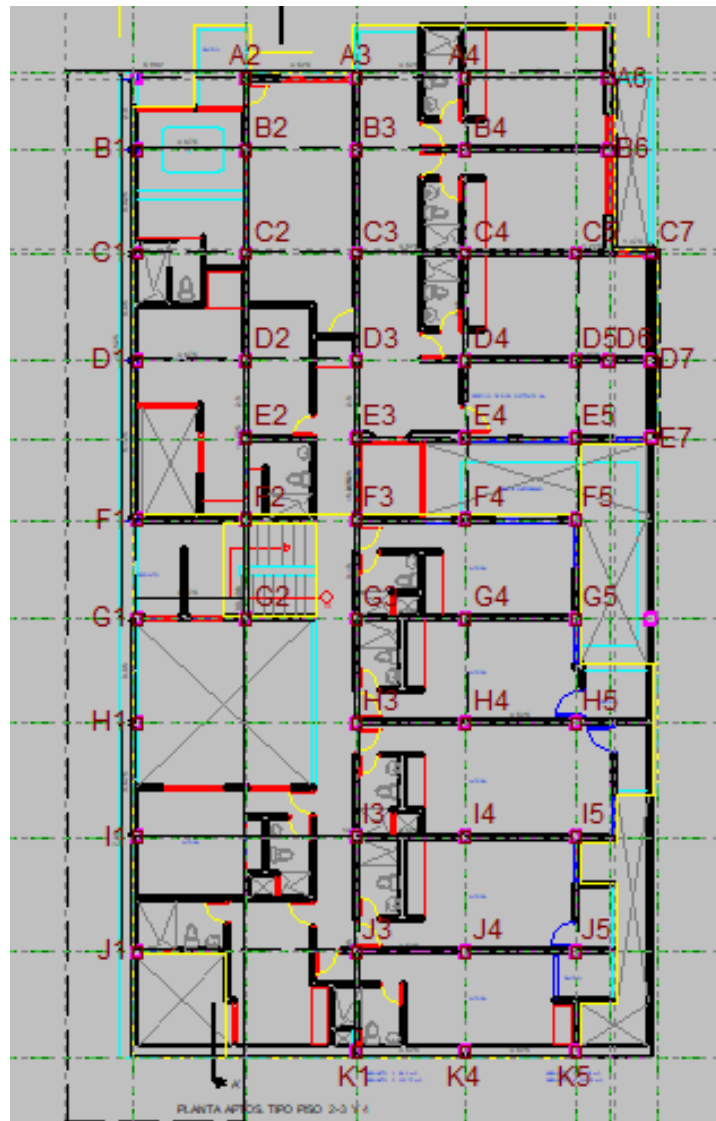
$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

$$f \cdot M_{n,x} : \underline{5.022 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$f \cdot M_{n,y} : \underline{-4.925 \text{ t}\cdot\text{m}}$$



Tenemos que para todas las columnas el índice de sobreesfuerzo es sobrepasado, teniendo en cuenta las sollicitaciones de cargas de servicio y sísmicas.



Grafica 7. Posicionamiento y denominación de las columnas existentes.
Fuente: Autores.



7.5 DIAGNOSTICO.

A continuación se detalla el desarrollo del diagnóstico de la investigación.

7.5.1. Lesiones mecánicas, físicas y químicas (origen, causa, evolución y estado actual de las lesiones).

Se presentan como **Anexo 1** las fichas de evaluación, con el detalle de la inspección visual y recorrido realizado por toda la estructura. En cuanto a la inspección visual, no se pudo evidenciar la presencia de daños o fisuras en los elementos estructurales; se levantaron pañetes de columnas y se evidenciaron inclusive buenos acabados, lo que no implica necesariamente la sanidad de la estructura; se apreció coherencia y continuidad en los elementos y conexiones entre vigas columnas. La sección de las columnas es la misma desde el primer nivel hasta el último.

Se registran otros daños por diversas causas como se presentó anteriormente, pero únicamente a nivel estructural se ve afectación importante de la losa de cubierta debido al deterioro total de la impermeabilización, lo que he permitido un paso importante de agua generando despasivación del acero, de la misma forma la estructura de soporte de los tanques de almacenamiento de agua presenta una afectación severa de la losa y muros de cierre.



7.5.1.1 Tanque enterrado para acopio de agua.

La edificación presenta un tanque enterrado para acopio de agua, el cual se encuentra ubicado en uno de los vacíos que separa o divide la estructura principal; el tanque desde la cota de piso actual se eleva al menos 1,40m y posee dos ventanas con tapa de lámina de zinc. El tanque está revestido en su interior por baldosa blanca de 0,20m x 0,20m, no se pudo determinar la profundidad real del mismo por las condiciones fitosanitarias, al levantar la tapa salieron de su interior insectos tales como cucarachas y se pudo evidenciar las baldosas sucias y manchadas más el olor fétido de la zona por acumulación de agua con falta de oxígeno, basuras y demás. En la parte exterior el tanque no presenta revestimiento, el concreto está a la vista y se puede determinar que esta estructura es muy posterior a la construcción de la superestructura del edificio. En sus alrededores se encuentran basuras y excrementos humanos así como olores a orín.



Imagen 28. Detalle de la ubicación del tanque en medio de un vacío generado por la irregularidad del edificio.
Fuente: Autores.



Imagen 29. Detalle Tapa del tanque.

Se encuentran dos tapas en lámina de zinc, sin ningún tipo de sello hermético, al abrirla se evidencio la salida de cucarachas.
Fuente: Autores.



Imagen 30. Detalle del interior del tanque. Totalmente sucio e inoperativo.

Fuente: Autores.



7.5.1.2 Estructura de soporte tanques elevados de almacenamiento de agua.

Luego de cuarto nivel se encuentra una estructura adicional que sostiene actualmente 4 tanques de acopio de agua, un sistema de tuberías de pvc, encerrados con un levante que incluye unos calados, no existe una facilidad para subir a los mismos, se aprecia una rudimentaria escalera en madera no apta para uso.



Imagen 31. Detalle de la estructura de soporte de los tanques elevados.
Fuente: Autores.

El recubrimiento de la losa está en avanzado estado de deterioro, lo que ha generado el paso del agua y daño de la misma, se ha perdido recubrimiento dejando expuestos los aceros de refuerzo, los cuales ya presentan una despasivación total.



Imagen 32. Detalle de la zona inferior de la losa de soporte de los tanques.
Se aprecia el desprendimiento del concreto y los aceros de refuerzo en avanzado estado de oxidación. Voladizo eterno.
Fuente: Autores.



Imagen 33. Detalle de la estructura de soporte de los tanques elevados.
La mancha de óxido confirma de despasivación del acero y las manchas verdes presencia de acumulación de materia orgánica formada por la caída de agua.
Fuente: Autores.



7.5.1.3 Losa Cubierta.

La cubierta presenta una capa de impermeabilización con Manto asfáltico, el cual se encuentra deteriorado en el 80% del área que cubre, se ha perdido la lámina de alumol que le protege de la cristalización, no se aprecian pendientes adecuadas que permitan un drenaje de las aguas las cuales cuando llueve quedan estancadas y permean a la losa.



Imagen 34. Detalle la cubierta y la zona inferior (cielo raso).

Se evidencia una grieta longitudinal que atraviesa la losa. Deterioro total del recubrimiento, manchas de óxido, la afectación es tan seria que ha pasado a los muros.

Fuente: Autores.



Imagen 35. Detalle la cubierta y la zona inferior (cielo raso).
Manchas de óxido, desprendimientos de pintura y daños en las redes eléctricas.
Fuente: Autores.

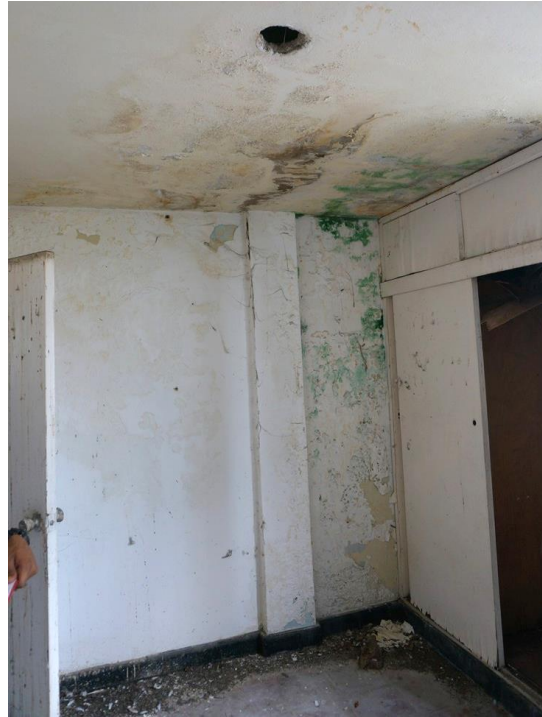


Imagen 36. Detalle la cubierta y la zona inferior (cielo raso).
Manchas de óxido, desprendimientos de pintura y daños en las redes eléctricas. Manchas de materia orgánica.
Fuente: Autores.



Imagen 37. Detalle cielo raso
Manchas de óxido, manchas de color verde (materia orgánica) se aprecian las marcas de las viguetas de la losa.
Fuente: Autores.



7.5.1.4 Fachadas.

Las fachadas registran el desgaste normal de falta de mantenimiento, se evidencia desprendimiento de las capas de pintura dejando a la vista el concreto, además manchas variadas por suciedades y salpiques de todo tipo, lo elementos tales como ventanería, barandas y rejas requieren ser cambiados por deterioro, al igual que replantear unos colores diferentes para el total de la estructura. Internamente las fachadas se encuentran en mejor estado.



Imagen 38. Detalle fachada exterior
Manchas de óxido, suciedad y desprendimiento de las pinturas.
Fuente: Autores.



Imagen 39. Detalle de las fachadas internas.

Las fachadas internas presentan desgaste en zonas de salpique de agua, más sin embargo se aprecian en buen estado.

Fuente: Autores.



7.5.1.5 Muros perimetrales.

Los muros perimetrales del primer nivel y del semisótano registran humedades ascendentes por capilaridad, producto de rellenos que se encuentran en las zonas externas de las edificaciones vecinas lo que ha generado daños en los pañetes y pinturas, situación que seguramente desde la construcción del edificio nunca se ha podido controlar; se evidencia igualmente un precario sistema de recolección de las aguas lluvias.



Imagen 40. Detalle de las fachadas internas. Semisótano.
Se aprecia la humedad ascendente por capilaridad, prácticamente ya cubre la altura total de los muros.
Fuente: Autor.



Imagen 41. Detalle registro de captación de aguas lluvias. Falta de pendientes.
Fuente: Autores.



Imagen 42. Detalle humedad ascendente. Pasillo de acceso al semisótano.
Fuente: Autores.



Imagen 43. Muro interno divisorio sobre el que ha crecido vegetación.
Las raíces están realizando empuje sobre el muro.
Fuente: Autores.



Imagen 44. Muro interno divisorio sobre el que ha crecido vegetación.
Fuente: Autores.



7.5.1.6 Escaleras.

Las escaleras tienen una capa o piso en granito para piso que resulta de la mezcla de un mortero con canto rodado $\leq 3/8$, el cual se encuentran manchados de diferentes productos, sin mantenimiento. También se aprecia que la huella es superior la contrahuella lo que genera incomodidades al caminar por estos elementos.



Imagen 45. Detalle del estado de las escaleras a lo largo de todo el edificio.
Fuente: Autores.



7.5.1.7 Losa primer nivel.- Cubierta Semisótano.

Se evidencia el sistema constructivo y de aligeramiento de la losa, al igual que las viguetas de soporte, con acabados deficientes y detalles no ajustados o conformes.

Detalle de los elementos de aligeramiento y los acabados deficientes en las viguetas de soporte.



Imagen 46. Detalle del estado de las viguetas y plaquetas del primer nivel.
Fuente: Autor.



7.5.2. Ensayos destructivos y no destructivos.

En la etapa de planeación una vez realizada la inspección preliminar del paciente se definió mediante el plan de inspección y ensayo, los ensayos pertinentes con el fin de verificar el estado de los aceros de refuerzo, su posición y cuantía, así como también las características y valores de sanidad y resistencia de los concretos que conforman la estructura principal del Edificio Santa Inés, estos ensayos generan la cantidad de información suficiente y amplia para que sean usados como datos de entrada en el análisis de vulnerabilidad.



Imagen 47. Cumplimiento plan de Inspección. Realización ensayo Esclerometría, elementos estructurales.

Fuente: Autores.



Imagen 48. Cumplimiento plan de Inspección. Realización ventana de inspección, prueba de carbonatación.
Fuente: Autores.



Imagen 49. Cumplimiento plan de Inspección. Realización inspección y medida del acero de refuerzo.
Fuente: Autores.



7.5.2.1 Extracción de núcleos de concreto.

Se realizó la extracción de núcleos, considerando la zona de mayor carga de la estructura de acuerdo con su configuración estructural y teniendo en cuenta con lo previsto en el plan de inspección y ensayo, los núcleos extraídos tuvieron longitudes promedio de 18,68cms para posteriormente realizar cortes y refrendación para prepararlo y ensayarlo a la compresión.

ELEMENTO	PISO	ROTULO	LONGITUD (cms)	OBS.
COLUMNAS	PARQUEADERO SEMI SOTANO	J3	18,50	Normal Buen estado. Apto para ensayo
		I4	18,70	Normal Buen estado. Apto para ensayo
COLUMNAS	COLUMNAS PRIMER PISO	D2	19,00	Hormigoneo.
		E2	18,50	Normal Buen estado. Apto para ensayo
COLUMNAS	COLUMNAS TERCER PISO	E4	18,45	Normal Buen estado. Apto para ensayo
VIGAS	TERCER PISO	TRAMO F2-F3	18,71	Normal Buen estado. Apto para ensayo
VIGAS	CUARTO PISO	TRAMO F2-F3	18,90	Normal Buen estado. Apto para ensayo

Tabla 14. Detalle de la extracción de núcleos, longitudes y observación.
Fuente: Autor.

Las muestras se curaron como lo solicita la norma Icontec NTC 3658 Obtención y ensayos de núcleos extraídos y llevadas al laboratorio para la verificación de la resistencia a la compresión.



7.5.2.2 Ventanas de Inspección.

Se realizaron las ventanas de exploración previstas en el plan, esta acción tiene varios propósitos entre ellos: verificar el estado, diámetros y distancias de los aceros de refuerzo y los flejes de confinamiento, frente de carbonatación y detalle de la distribución de los agregados en la muestra así como posibles anotaciones sobre los materiales constitutivos de la mezcla o núcleos de concreto.

ELEMENTO	PISO	ROTULO	ESPESOR DE RECBRIMIENTO PAÑETE (cms)	PROFUNDIDAD (cms)
COLUMNAS	PARQUEADERO SEMI SOTANO	J3	NO REGISTRA	1,20
		I4	NO REGISTRA	2,50
COLUMNAS	SEGUNDO PISO	F3	2,00	2,10
COLUMNAS	SEGUNDO PISO	C4	2,00	1,80
COLUMNAS	TERCER PISO:	I4	2,00	1,80
VIGAS	TERCER PISO	TRAMO F2-F3	1,50	1,20
	CUARTO PISO	TRAMO F2-F3	1,50	1,20
ZAPATA	COLUMNA SEMISOTANO	I3		*

- Las zapatas se encontraron aisladas, sin viga de amarre y con unas dimensiones promedio de 1,70m x 1,70m x 0,70m de espesor, desplantadas a 0,60m con respecto a la cota de piso o nivel del semisótano

Tabla 15. Detalle Ventanas y profundidades de exploración.
Fuente: Autores.

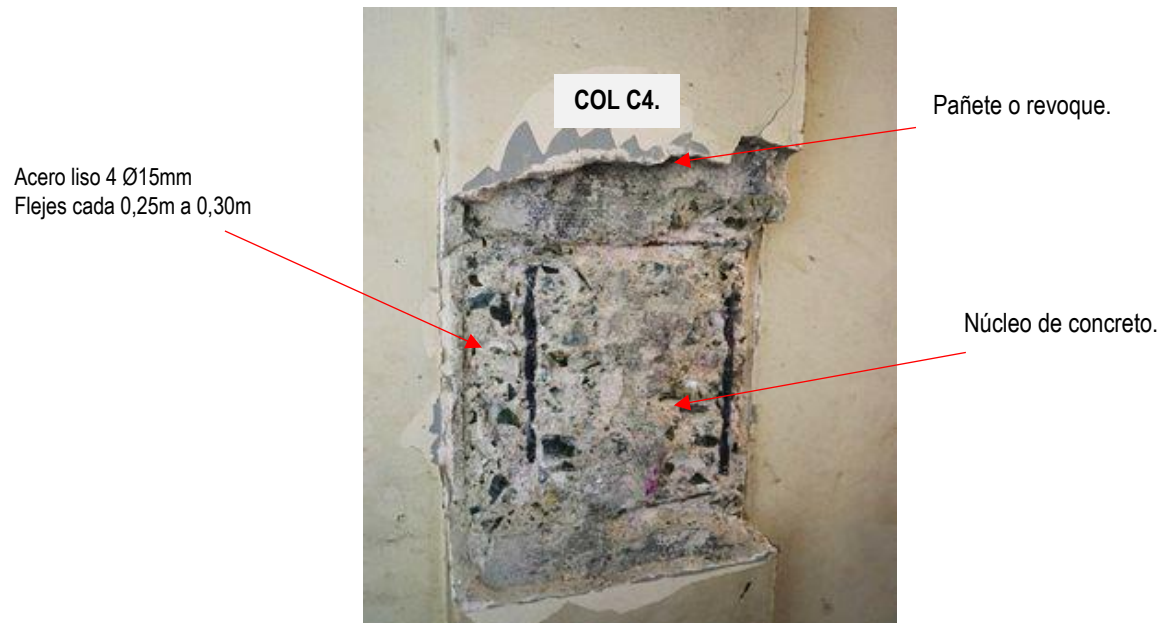


Imagen 50. Detalle Ventanas Columna I4, se aprecia espesor pañete y profundidad de demolición en núcleo de concreto.
Fuente: Autor.

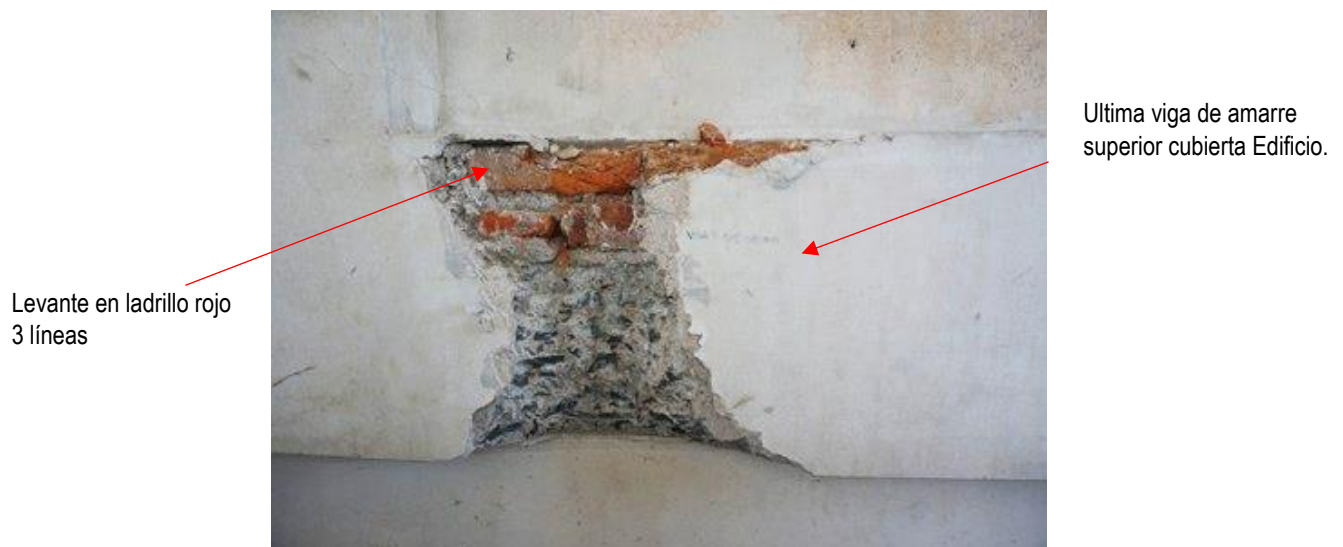


Imagen 51. Detalle Ventana viga TRAMO F2-F3, se aprecia un levante sobre la viga y la distribución de los agregados.
Fuente: Autores.



Imagen 52. Detalle medida de los espesores y estado de los aceros de refuerzo existentes.
Fuente: Autores.

Acero liso 6 Ø15mm
Flejes Ø1/4mm cada
0,25m a 0,30m



Imagen 53. Detalle medida de los espesores y estado de los aceros de refuerzo existentes. Columna I3
Fuente: Autores.



Imagen 54. Detalle del estado de corrosión de los flejes en la columna I3.
Fuente: Autores.

ELEMENTO	PISO	ROTULO	Detalle Aceros Principales	Estado de los aceros	Flejes	Estado de los aceros
COLUMNAS	PARQUEADERO SOTANO	J3	6 Ø 5/8 Lisos	Limpios con trazas de óxido. Sin pérdida de espesor	Ø 1/4 Lisos @ 0,25m	Coloración típica de despasivación del acero, pérdida mínima de sección 1mm aprox.
		I4	6 Ø 5/8 Lisos	Limpios con trazas de óxido. Sin pérdida de espesor	Ø 1/4 Lisos @ 0,25m	Coloración típica de despasivación del acero, pérdida mínima de sección 1mm aprox.
COLUMNAS	SEGUNDO PISO	F3	6 Ø 5/8 Lisos	Limpios con trazas de óxido. Sin pérdida de espesor	Ø 1/4 Lisos @ 0,25m	Coloración típica de despasivación del acero, pérdida mínima de sección 1mm aprox.
COLUMNAS	TERCER PISO:	I4	4 Ø 5/8 Lisos	Limpios con trazas de óxido. Sin pérdida de espesor	Ø 1/4 Lisos @ 0,25m	Coloración típica de despasivación del acero, pérdida mínima de sección 1mm aprox.



VIGAS	TERCER PISO	TRAMO F2-F3	4 Ø 5/8 Lisos	Limpios con trazas de óxido. Sin pérdida de espesor	Ø 1/4 Lisos @ 0,15m	Coloración típica de despasivación del acero, pérdida mínima de sección 1mm aprox.
	CUARTO PISO	TRAMO F2-F3	4 Ø 5/8 Lisos	Limpios con trazas de óxido. Sin pérdida de espesor	Ø 1/4 Lisos @ 0,20m	Coloración típica de despasivación del acero, pérdida mínima de sección 1mm aprox.

Tabla 16. Detalle dimensiones, ubicación, cantidad y estado de los aceros de refuerzo.
Fuente: Autores.

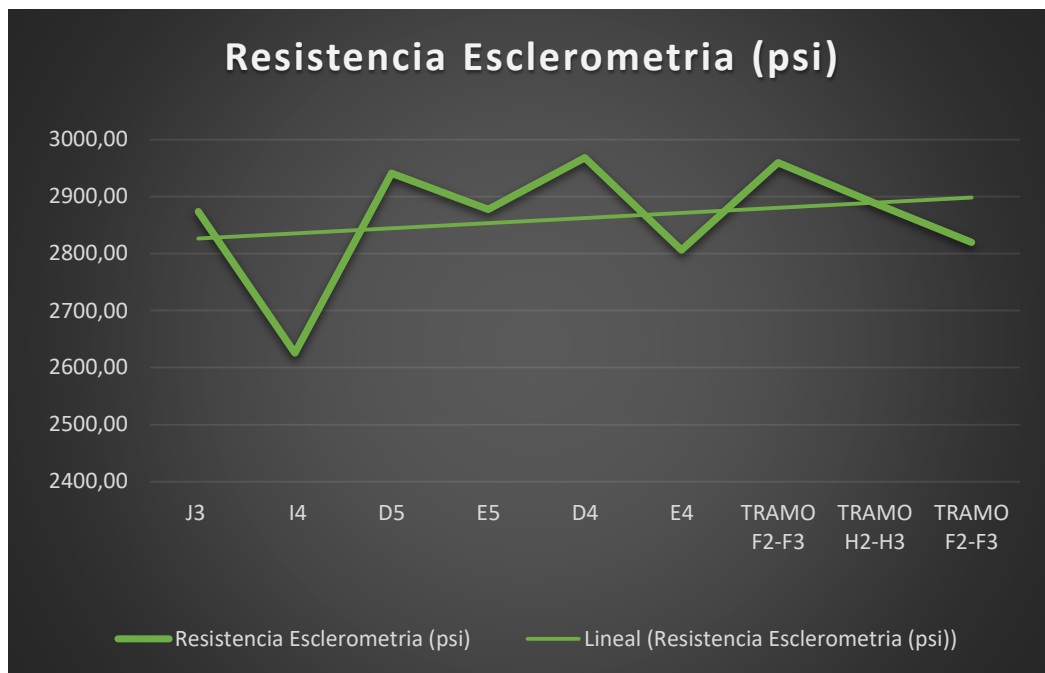
7.5.2.3 Resistencia con martillo de rebote.

Se realizó la Esclerometría según el plan de inspección y ensayo, en el **Anexo 4** se adjunta el resultado de los ensayos en campo. De esta forma se consolidan los siguientes resultados impactados obviamente por el frente de carbonatación también tomado en las exploraciones.

De esta forma se tiene lo siguiente:

UBICACIÓN	ELEMENTO	Resistencia Esclerometría (psi)	Resistencia (kg/cm ²)
COLUMNA PARQUEADERO SOTANO:	J3	2873,40	202,20
COLUMNA PARQUEADERO SOTANO:	I4	2625,58	184,59
COLUMNA SEGUNDO PISO	D5	2941,15	202,73
COLUMNA SEGUNDO PISO	E5	2877,86	202,33
COLUMNA TERCER PISO	D4	2968,18	204,63
COLUMNA TERCER PISO	E4	2806,03	193,42
VIGA TERCER PISO	TRAMO F2-F3	2959,79	204,06
CUARTO PISO	TRAMO H2-H3	2888,00	203,10
CUARTO PISO	TRAMO F2-F3	2819,99	198,26

Tabla 17. Consolidación de los resultados de la Esclerometría.
Fuente: Autores.



Grafica 8. Valores de resistencia del concreto medidos con ensayo de numero de rebote.
Fuente: Autor.



Imagen 55. Detalle Esclerometría columnas. 3er piso.
Fuente: Autores.



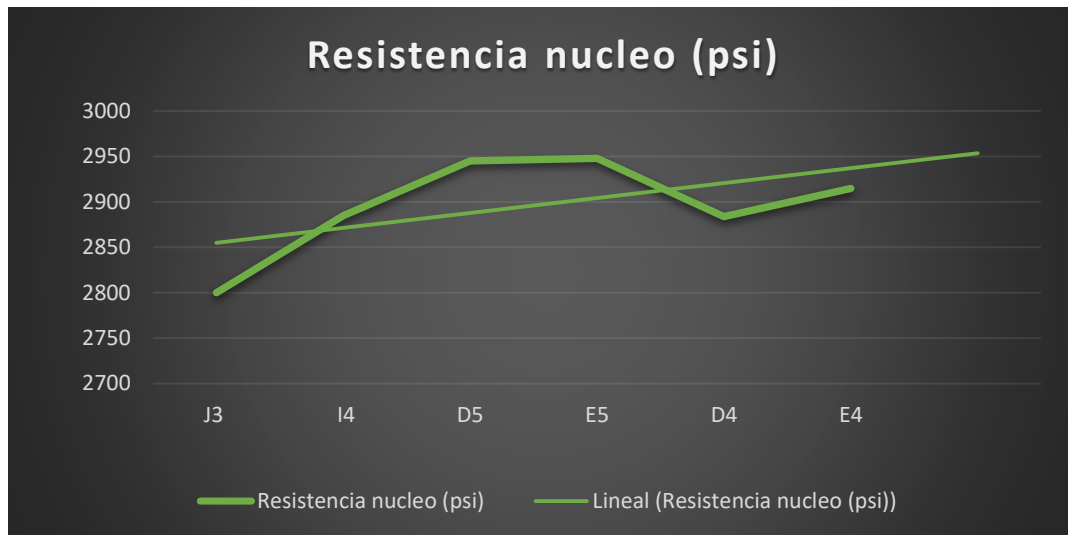
7.5.2.4 Rotura de núcleos a la compresión.

Los núcleos extraídos fueron llevados al laboratorio donde fueron curados y refrendados obteniendo los siguientes resultados:

UBICACIÓN	ELEMENTO	Resistencia núcleo (psi)	Resistencia (kg/cm ²)
COLUMNA PARQUEADERO SOTANO:	J3	2800	196,85
COLUMNA PARQUEADERO SOTANO:	I4	2885	202,83
COLUMNA SEGUNDO PISO	D5	2945	207,05
COLUMNA SEGUNDO PISO	E5	2948	207,26
COLUMNA TERCER PISO	D4	2884	202,76
COLUMNA TERCER PISO	E4	2915	204,94
Valor promedio		2896,17	203,62

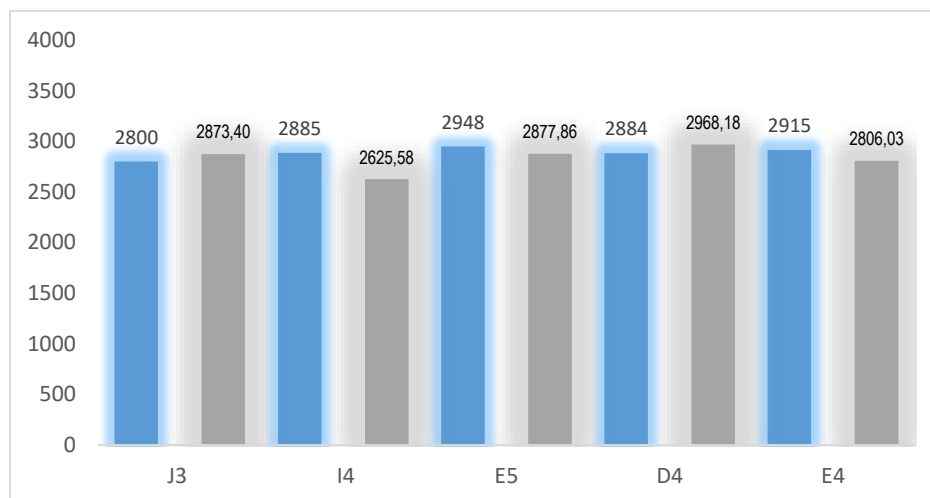
Tabla 18. Consolidación de los resultados ensayo de rotura a la compresión de los núcleos.
Fuente: Autor.

De esta forma se tiene entonces un valor promedio de resistencia de 203.62 kg/cm² correspondientes a 20Mpa valor que se utilizará para el desarrollo de los cálculos respectivos.



Grafica 9. Detalle de la resistencia de los concretos obtenidos por medio de núcleos.
Fuente: Autores.

Realizando un comparativo se tiene, un muy buen valor promedio de resistencia de los concretos actuales en la edificación.



Grafica 10. Comparación resultados ensayos de resistencia del concreto.
En azul resultados Esclerometría y naranja resultados cilindros.
Fuente: Autores.



7.5.2.5 Medida de la profundidad de carbonatación.

Con respecto a la medida de la carbonatación del concreto se realizó según el plan de inspección determinado, de esta forma se utilizó fenolftaleína al 1% sobre las superficies o caras expuestas hasta encontrar concreto sano, adicionalmente y como medida de verificación se aplicó fenolftaleína a los núcleos extraídos. Se adjuntan en el **Anexo 5** los resultados del ensayo.



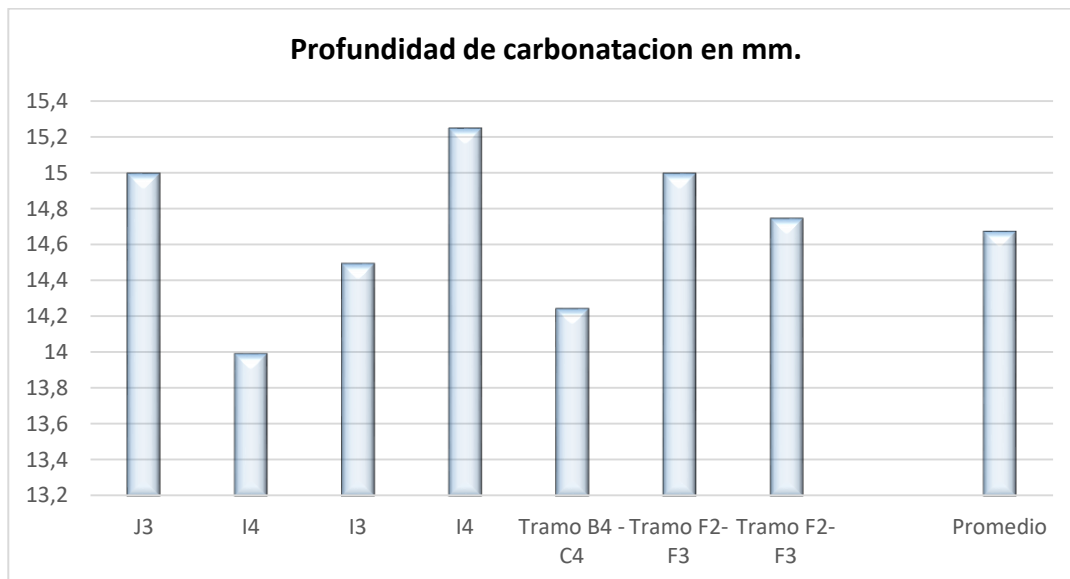
Imagen 56. Detalle realización de ensayo carbonatación Viga TERCER PISO TRAMO F2-F3
Fuente: Autores.



Elemento	Ubicación	Rotulo	Profundidad en (mm)
Columna	Semisotano	J3	15
Columna	Semisotano	I4	14
Columna	Segundo Piso	I3	14,5
Columna	Segundo Piso	I4	15,25
Viga	Segundo Piso	Tramo B4 -C4	14,25
Viga	Tercero Piso	Tramo F2-F3	15
Viga	Cuarto Piso	Tramo F2-F3	14,75

Promedio 14,68

Tabla 19. Consolidación de los resultados de la profundidad de carbonatación.
Fuente: Autores.



Grafica 11. Detalle promedio de la profundidad de carbonatación en una cara de cada elemento.
La línea roja indica la ubicación promedio de los aceros de refuerzo.
Fuente: Autores.



Imagen 57. Núcleo extraído columna I4. Evidencia de la profundidad de Carbonatación.
Fuente: Autores.



Imagen 58. Núcleo extraído. Evidencia de la profundidad de Carbonatación.
Fuente: Autores.



Zona impregnada con la solución que no genero marca.



Espesor de pañete.
2.00cms

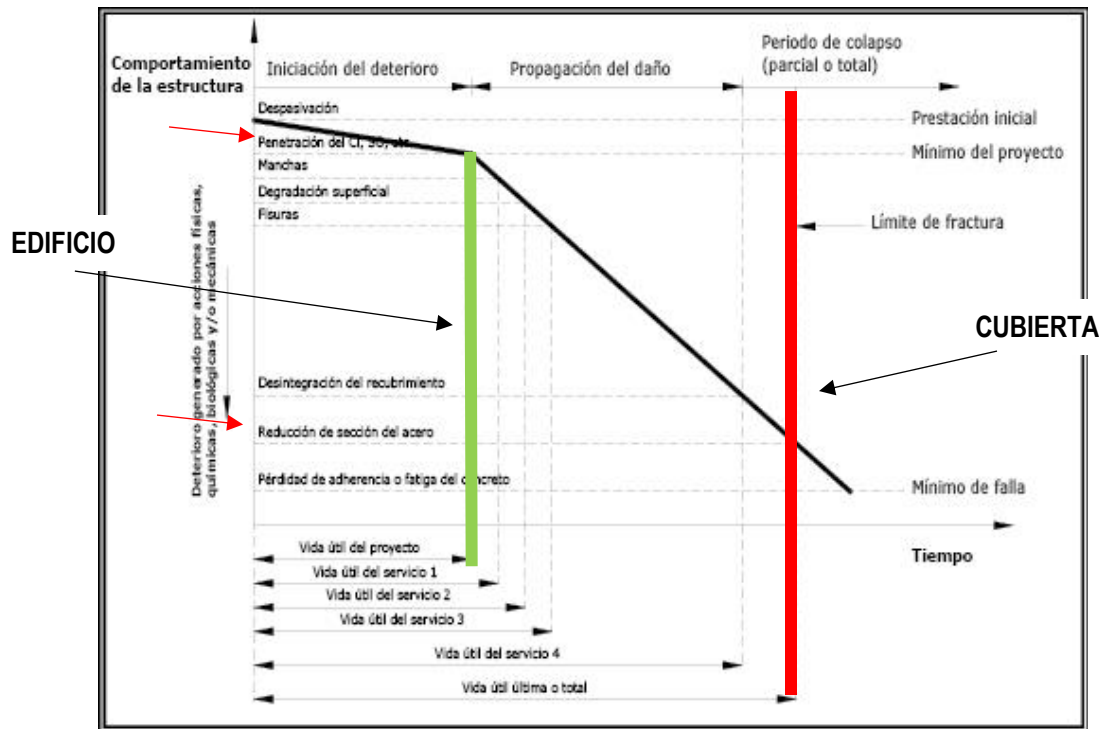
Zona con marca de sanidad.

Imagen 59. Detalle de la medida de la carbonatación en la viga Tramo F2-F3.
Se aprecia como un sector ya después del acero de refuerzo presenta sanidad.
Fuente: Autores.

7.5.3 Conclusiones del Diagnóstico.

Con base en la información obtenida de los procesos de inspección y exploración, se determina el siguiente Diagnóstico para la estructura del Edificio Santa Inés de la ciudad de Santa Marta.

Las principales lesiones identificadas en el diagnóstico están ubicadas especialmente en la cubierta del edificio, atienden netamente falta de mantenimientos en la impermeabilización, que garantizaran la conservación adecuada de este elemento, como se puede observar en la gráfica 12 comportamiento del concreto ante el deterioro que presenta la NTC – 5511, se puede ubicar la estructura principal en el límite superior del rango de Vida Útil, mientras que la cubierta se ubica en el límite de la vida útil última o total por la complejidad del estado en el que se encuentra actualmente.



Gráfica 12. Gráfica del comportamiento del concreto ante deterioro prolongado.
Fuente: NTC - 5511

Como se aprecia en la gráfica 12, la línea roja representa el punto donde se encuentra el edificio, “iniciación del deterioro” ya que presenta penetración de cloruros y sulfatos de esta forma se ubica en el rango de **vida útil del proyecto**.

Mas sin embargo la losa de la cubierta se puede enmarcar ya en un periodo de “posible colapso”, debido a que los aceros ya están despasivados, han perdido sección, el recubrimiento se encuentra desintegrado y el concreto fatigado.



De esta forma se tiene que la estructura, aunque para la fecha de construcción de la misma (mediados del siglo XX) era permitida, hoy en día presenta problemas de diseño al no cumplir con los parámetros y requerimientos establecidos en la NSR-10, en materia de diseño y construcción sísmo resistente, así como también de durabilidad y calidad, principalmente, aunque no se registran daños en los elementos estructurales principales, lo que se evidencia en:

A nivel de Diseño:

- i. Las cimentaciones tipo zapatas de la edificación están desplantadas directamente sobre el subsuelo, además no registran las vigas de cimentación (amarre) que conecten todo el conjunto, de manera que este absorba y reparta momentos y carga axial a las zapatas vecinas mitigando en gran medida asentamientos diferenciales.
- ii. A pesar de la edad los concretos presentan una resistencia de aproximadamente 20 Mpa es decir el 90% de la resistencia mínima solicitada por la norma, obviamente debido a que es una edificación construida antes de la vigencia de la norma.
- iii. Se registran aceros de refuerzo lisos con cuantías mínimas en los elementos estructurales. Los flejes encontrados son de varillas de $\frac{1}{4}$ y con espaciamientos entre 0,25m y 0,30m.
- iv. Los agregados usados son de carácter ígneo, en un rango muy alto en la escala de GOLDICH, lo que los hace susceptibles a fenómenos como la oxidación y erosión.



- v. El hecho que el edificio haya sido construido antes de la normal actual, posee connotaciones a nivel de resistencia sísmica desfavorables, teniendo en cuenta la ausencia de elementos estructurales que mitiguen esfuerzos y movimientos ante estos eventos antes descritos.

A nivel Constructivo:

- vi. Se evidencian malas prácticas de construcción, así se evidencia en las losas de entrepiso y cimentaciones principalmente, en los primeros elementos es claro el detalle que marcan las deficiencias en la colocación de la formaletería y en los segundos al realizar la exploración se aprecian la falta de rellenos, diferentes profundidades de desplante y dimensiones.
- vii. Con las ventanas de inspección realizadas se evidenció que los concretos registran segregación de los agregados de dichos concretos como se aprecia en las imágenes presentadas en el diagnóstico.

A nivel de Mantenimiento:

- i. Se presentan igualmente lesiones asociadas a falta de mantenimientos principalmente en elementos tales como las paredes internas, fachadas, escaleras y estructuras hidrosanitarias. Se generaron igualmente cambios o adaptaciones como la estructura de sostenimiento los tanques de agua, la cual presenta las mismas afectaciones que las de la cubierta, tanto a nivel estructural como a nivel de protección e impermeabilización, se encuentran desprendimientos de concreto lo que indica que ya el proceso de carbonatación del concreto y oxidación de los aceros avanza rápidamente, estos



han superado totalmente los espesores de recubrimiento ya que los materiales utilizados han cumplido con su vida útil y deben ser objeto de renovación.

- ii. En el cuarto nivel, se aprecia que la mayoría de las habitaciones fueron invadidas por palomas, las cuales han generado malos olores y daños en pisos y paredes impregnando sus heces fecales, las cuales son generadores de daños considerables.

- viii. Las pinturas aplicadas hasta cuando el edificio recibió mantenimiento han controlado o protegido de alguna forma el deterioro general, requiriendo entonces el aseguramiento con nuevas tecnologías que colaboren con la vida útil de las estructuras.

- ix. El espesor de los pañetes ubicado sobre los elementos estructurales (columnas y vigas) es alto, superior a los 5cms en muchos de los casos, estos altos espesores han protegido a la estructura en el tiempo del avance de procesos de carbonatación y oxidación presentándose solamente en estos últimos años por la edad del edificio.

- x. Los detalles evidenciados y obviamente la falta de cumplimiento de normas mínimas de construcción y las sismo resistentes pueden generar que los fenómenos patológicos avancen, ya que las causas de los mismos no están siendo controladas, esto hasta debilitar algún elemento estructural generando que este colapse o contribuya con el posible colapso de la estructura a futuro.



7.6 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

La propuesta de intervención se basa generalmente en un reforzamiento de la estructura teniendo en cuenta que los índices de sobreesfuerzo de los elementos principales de los pórticos resistentes a momentos de la estructura son sobrepasados, teniendo en cuenta las solicitaciones de carga y la calificación de la estructura, adicionalmente la cimentación es repotenciada teniendo en cuenta el estudio de suelos realizado y según el diseño estructural de las zapatas de cimentación, éstas deben ser ampliadas y unidas a través de vigas de cimentación.

De igual manera se recomiendan las intervenciones sobre elementos de la estructura que presentan lesiones que comprometen la durabilidad y la apariencia de la estructura.

Tenemos entonces, que de acuerdo con el diagnóstico presentado en la estructura se tienen las siguientes propuestas de intervención por hallazgo, así:

7.6.1 Construcción y/o adición de vigas de amarre en las cimentaciones y ampliación de las zapatas.	Como se determinó en la etapa del diagnóstico se deberán adicionar TODO el sistema de vigas de amarre o de cimentación conectadas con las zapatas, estos elementos serán de 4 tipos diferentes de acuerdo con lo definido en el diseño estructural del repotenciamiento de la edificación y las memorias de cálculo de las mismas que se presentan como documento anexo.
--	--



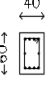
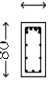
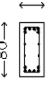
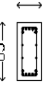
Tabla de vigas de cimentación			
 VC.S-8.2 Arm. sup.: 3ø1" Arm. inf.: 3ø1" Arm. piel: 2x2ø1/2" Estribos: 1xø1/2"c/20	 VC.S-2.1 Arm. sup.: 4ø3/4" Arm. inf.: 4ø3/4" Arm. piel: 1x2ø1/2" Estribos: 1xø3/8"c/20	 VC.T-1.3 Arm. sup.: 4ø5/8" Arm. inf.: 3ø5/8" Arm. piel: 1x2ø1/2" Estribos: 1xø3/8"c/20	 VC.S-1.1 Arm. sup.: 4ø5/8" Arm. inf.: 4ø5/8" Arm. piel: 1x2ø1/2" Estribos: 1xø3/8"c/20
 VC.T-5.3 Arm. sup.: 6ø1" Arm. inf.: 3ø5/8" Arm. piel: 2x2ø1/2" Estribos: 1xø3/8"c/20	 VC.S-5.1 Arm. sup.: 6ø1" Arm. inf.: 6ø1" Arm. piel: 2x2ø1/2" Estribos: 1xø3/8"c/20	 VC.S-6 Arm. sup.: 7ø1" Arm. inf.: 7ø1" Arm. piel: 2x2ø1/2" Estribos: 1xø3/8"c/30	 VC.T-6.3 Arm. sup.: 7ø1" Arm. inf.: 3ø5/8" Arm. piel: 2x2ø1/2" Estribos: 1xø3/8"c/20

Imagen 60. Detalle vigas de cimentación.

Fuente: Autores.

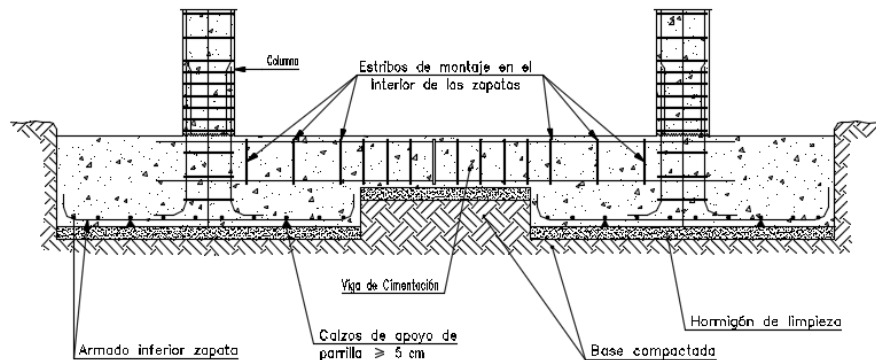


Imagen 61. Detalle conexión vigas de cimentación con las zapatas existentes.

Fuente: Autores.

Los aceros de refuerzo de las vigas se deberán conectar con las zapatas, realizando para ello anclajes químicos con la aplicación de epóxico de dos componentes, 100% sólidos insensible a la humedad y tixotrópico (no escurre), que una vez mezclados los componentes se obtiene una pasta suave de gran adherencia y resistencia mecánica para anclajes de pernos y barras, este producto cumple norma ASTM C-881-02 tipo IV, grado 3.

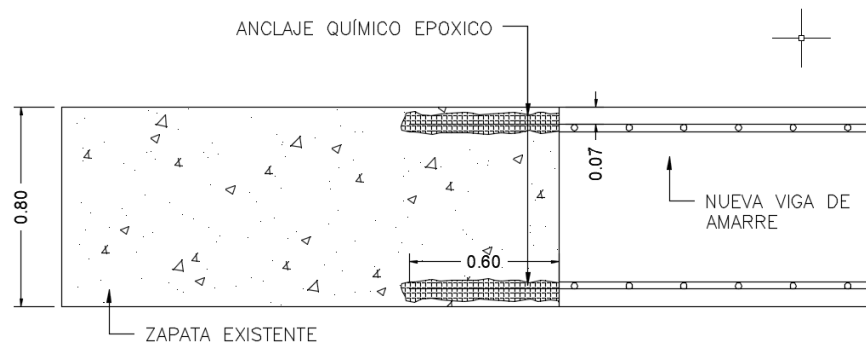




	Imagen 62. Detalle conexión vigas de cimentación con las zapatas existentes. Profundidad de penetración anclajes. Fuente: Autores.												
7.6.2 Colocación de materiales de relleno para desplante de nuevas vigas de amarre.	Una vez realizadas las excavaciones para las vigas de amarre, se deberá colocar un material de relleno seleccionado que permita separar la nueva estructura del subsuelo existente y dejar nivelado el elemento, este material deberá cumplir con las siguientes características, así: <table><tr><td>% de Compactación:</td><td>95%</td></tr><tr><td>Pasa Tamiz No 200</td><td>< 20%</td></tr><tr><td>Límite Líquido</td><td>< 15%</td></tr><tr><td>Índice de Plasticidad</td><td>< 5%</td></tr><tr><td>Densidad Máxima</td><td>> 124 Lbs/ Pie³</td></tr><tr><td>Humedad Óptima</td><td>≤ 10%</td></tr></table> El relleno se compactará a un mínimo del 95% de la densidad máxima, determinada según la especificación T -180 de la AASTHO, Método O 1557 (Proctor Modificado) y se colocará en capas horizontales entre 0.10m 0.15m, hasta completar los 0,30m de espesor. El material de relleno deberá estar constituido de partículas de rocas sanas y durables, además debe estar libre de impurezas como partículas de arcilla o materia orgánica. El tamaño máximo de las partículas debe ser menor o igual a 1/3 de la altura de la capa compactada.	% de Compactación:	95%	Pasa Tamiz No 200	< 20%	Límite Líquido	< 15%	Índice de Plasticidad	< 5%	Densidad Máxima	> 124 Lbs/ Pie ³	Humedad Óptima	≤ 10%
% de Compactación:	95%												
Pasa Tamiz No 200	< 20%												
Límite Líquido	< 15%												
Índice de Plasticidad	< 5%												
Densidad Máxima	> 124 Lbs/ Pie ³												
Humedad Óptima	≤ 10%												



A		B	
Tamiz	% que pasa	Tamiz	% que pasa
1"	100	1"	100
¾"	70-100	¾"	70-100
3/8"	50-80	3/8"	55-85
#4	35-65	#4	40-70
#10	20-50	#10	30-60
#40	15-30	#40	20-50
#200	5-15	#200	5-15

Tabla 20. Tabla Granulometría recomendada material de relleno.
Fuente: Autores.

7.6.3. Detalle tratamiento elementos estructurales existentes para reforzamiento y/o reparaciones.

Para el refuerzo de los elementos estructurales existentes en los diferentes niveles según lo indicado en el análisis de vulnerabilidad y en las memorias de cálculo, así como para la reparación de otros elementos que no sean objeto de esta intervención se debe atender además de lo indicado en los planos, las siguientes recomendaciones:

- ✓ Realizar la escarificación y limpieza de la superficie de concreto según los procedimientos establecidos en el documento **GUIDELINE No 03730 GUIDE FOR SURFACE PREPARATION FOR THE REPAIR OF DETERIORATED CONCRETE RESULTING FROM REINFORCING STEEL CORROSION**, dejando la superficie con concreto sano, la cual se puede medir a través del uso de fenolftaleína.
- ✓ Una vez descubiertos los aceros de refuerzos existentes estos, y los nuevos, se deberán recubrir o pintar con un recubrimiento de protección a la corrosión, cementoso, modificado con resina epóxica, de tres componentes, con inhibidor de corrosión y puente de adherencia, una vez aplicado se deberá esperar el secado. En caso que se requiera y de acuerdo con el estado de corrosión del acero de refuerzo se procederá a realizar el reemplazo del mismo en relación 1:1.
- ✓ Con el acero listo y antes de fundir la nueva sección de concreto, se deberá aplicar sobre la superficie el puente de adherencia del tipo



	adhesivo epóxico de dos componentes, que permite el puente de adherencia entre el concreto viejo y el concreto nuevo. ✓ A continuación y de acuerdo con los planos de reforzamiento se aplicaran los concretos los cuales deberán ser como mínimo de 3000psi, con 360kg de cemento por metro cubico. Basar las consideraciones y premisas de los diseños estructurales en la calidad del concreto y por ende de los materiales constitutivos del mismo, realizándose además un estricto control durante la construcción para asegurarse un concreto lo más impermeable posible, tal y como lo prevé el Título C – NSR 10. ✓ Se recomienda Los concretos deberán tener adiciones de humo de sílice e inhibidores de corrosión entre sus componentes. ✓ Los agregados deberán estar limpios y sanos, en todo caso fracturado y se recomiendan que sean del tipo triturado calizo preferiblemente con un tamaño máximo de 1/2in. ✓ Una vez lista la escala, se procederá armar la formaletería y fundir la nueva sección de las vigas, se deberá controlar el espesor de recubrimiento, el cual será como mínimo de 0,07m de espesor.
7.6.4. Reparación de la losa de la cubierta y cambio de la impermeabilización de la misma.	Para la cubierta se requiere realizar una escala completa de intervención debido a estado que presenta y las lesiones registradas, es el elemento más deteriorado y requiere una intervención integral, con la cual se recupere la sección de la losa, los aceros de refuerzo de la misma y los de las vigas de cargas y/o viguetas que se encuentren afectados por la despasivación del acero una vez empiece la reparación. El manto de impermeabilización existente deberá ser retirado en su totalidad. De esta manera se deberá realizar el siguiente tratamiento:



- ✓ Retiro y disposición final de todo el manto impermeabilizado existente en la cubierta, retiro además de todos los elementos y basuras existentes sobre esta.
- ✓ Previo a la reparación de la losa de cubierta, esta se deberá apuntalar debidamente, para evitar cualquier riesgo de seguridad durante el desarrollo de la reparación de la misma.
- ✓ Una vez descubierta la losa de concreto de la cubierta, se deberá realizar la escarificación y limpieza de la superficie de concreto según los procedimientos establecidos en el documento **GUIDELINE No 03730 GUIDE FOR SURFACE PREPARATION FOR THE REPAIR OF DETERIORATED CONCRETE RESULTING FROM REINFORCING STEEL CORROSION**, dejando la superficie con concreto sano, la cual se puede medir a través del uso de fenolftaleína.
- ✓ Una vez descubiertos los aceros de refuerzos existentes estos, y los nuevos, se deberán recubrir o pintar con un recubrimiento de protección a la corrosión, cementoso, modificado con resina epóxica, de tres componentes, con inhibidor de corrosión y puente de adherencia, una vez aplicado se deberá esperar el secado.
- ✓ En caso que se requiera y de acuerdo con el estado de corrosión del acero de refuerzo se procederá a realizar el reemplazo del mismo en relación 1:1. Tanto en la losa como en las vigas y viguetas de carga.
- ✓ Con el acero listo y antes de fundir la nueva sección de concreto, se deberá aplicar sobre la superficie el puente de adherencia del tipo adhesivo epóxico de dos componentes, que permite el puente de adherencia entre el concreto viejo y el concreto nuevo.



	✓ A continuación y de acuerdo con los planos de reforzamiento se aplicaran los concretos los cuales deberán ser como mínimo de 3000psi, con 360kg de cemento por metro cubico. Basar las consideraciones y premisas de los diseños estructurales en la calidad del concreto y por ende de los materiales constitutivos del mismo, realizándose además un estricto control durante la construcción para asegurarse un concreto lo más impermeable posible, tal y como lo prevé el Título C – NSR 10. ✓ Se recomienda Los concretos deberán tener adiciones de humo de sílice e inhibidores de corrosión entre sus componentes. ✓ A continuación y con la losa ya reparada se recomienda colocar un mortero de nivelación de manera que se logren las pendientes necesarias para enviar el agua hacia los bajantes y evitar empozamiento que afecten la impermeabilización. ✓ Finalmente aplicar la impermeabilización usando para tal fin un manto de asfalto modificado seleccionado, con foil de aluminio refractivo, forrado con punto de diamante y protección UV. Este manto deberá ser gran flexibilidad y elongación, con buena adherencia y facilidad de instalación, el manto será totalmente impermeable al agua y al vapor de agua, y que no se agriete no se cristalice.
7.6.5. Estructura de soporte de tanques de almacenamiento de agua.	Realizar la demolición total de esta estructura, y reconstruyendo únicamente la zona que protege las escaleras de acceso a la cubierta.
	Realizar la demolición total de los tanques semienterrados y posteriormente reconstruirlos con todas las facilidades para el bombeo del agua, aireación y



7.6.6. Estructura de tanques de almacenamiento de agua semienterrados.	con mayores dimensiones para un almacenamiento que se puede calcular con una población estimada de la edificación y un periodo de tiempo determinado, para este tanque se recomienda además: ✓ Se recomienda considerar para el diseño concretos densos, durables e impermeables, situación que se logra con relaciones agua/cemento lo más baja posible, recomendable 0.40; de igual forma considerar en la mezcla el uso de Aditivos reductores de agua de alto y mediano rango, usados para reducir el volumen de poros y mejorar la reología de consistencia del tipo Sika Plast y Sika ViscoCrete o similares, en las proporciones indicadas por el diseño de mezcla y las fichas técnicas del fabricante. ✓ Se recomienda incluir igualmente aditivos basados en tecnología por cristalización para bloquear los poros del concreto contra la entrada de agua del tipo Sika WT-200 o similar, al igual que aditivos para limitar la formación de fisuras en la fase de endurecimiento del concreto y finalmente humo de sílice. ✓ Se recomienda en el diseño verificar el tema de llaves de cortante en juntas para compensar movimientos, debe evitarse el descascaramiento y hendimiento del concreto, lo cual puede generar fugas. Además, deben construirse cuidadosamente a fin de que no interfieran con las barreras contra el paso del agua. ✓ El capítulo C23 del título C – NSR 10 considera darle un tratamiento a las juntas usando para tal fin cintas del tipo waterstop la cual es una cinta de metal, caucho, plástico u otro material, insertada a través de la junta para impedir el paso de líquidos a través de dicha junta, esta recomendación está basada igualmente en lo indicado por la ACI 350M-06 Code Requirements for environmental Engineering Concrete Structures. ✓ Estas cintas de PVC deben ser ubicadas al interior de la estructura ya que son juntas sin movimiento, como se considera la cabeza de presión
---	---



en la estructura entre $7m \leq 15m$ y muros de anchos superiores a 15cms, se recomienda el uso de Sika Waterbar V15 o similar.

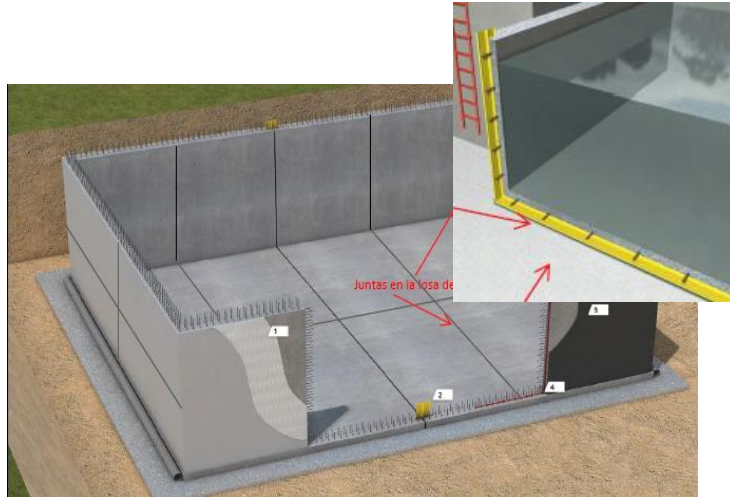


Imagen 63. Imagen renderizada de un tanque en concreto ubicación cintas.
Fuente: catálogos Sika. Diseños ACI 350.

7.6.7. Retiro de calados y reemplazo por ventanería.

Se deberá retirar todos los calados ubicados en los muros, construir los dinteles en concreto y colocar ventanería moderna y eficiente de acuerdo con posibles mejoras en los diseños arquitectónicos del edificio si así lo dispone su propietario. Esto minimiza el paso de agua al interior de cada piso y habitaciones.



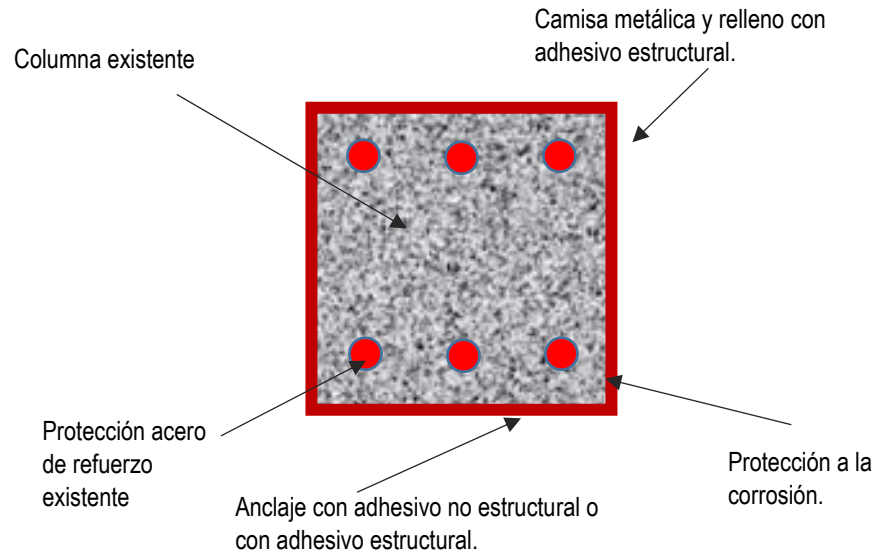
Imagen 64. Detalle ubicación calados fachada interna.
Fuente: Autores.



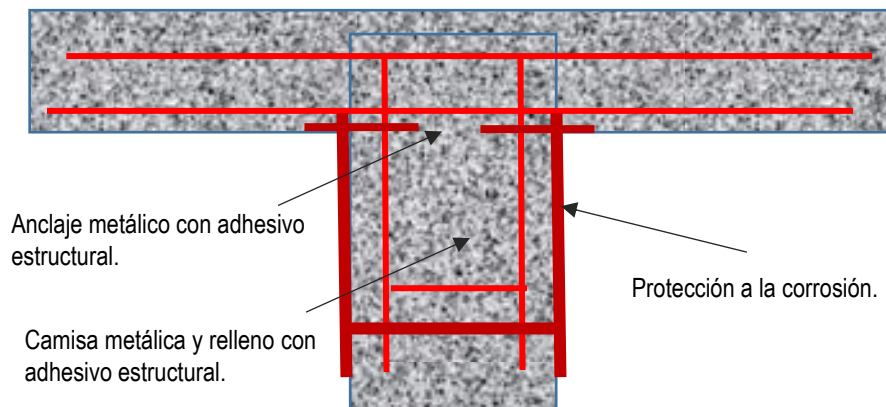
7.6.8. Retiro de pinturas o recubrimientos existentes y aplicación de nuevas pinturas.	En cuanto a los recubrimientos existentes se recomienda su retiro y cambio por nuevos, más modernos y de mayor calidad, para tal fin se debe realizar la escarificación y limpieza de la superficie de concreto según los procedimientos establecidos en el documento GUIDELINE No 03732 SELECTING AND SPECIFYING CONCRETE SURFACE PREPARATION FOR SEALERS, COATINGS, AND POLYMER OVERLAYS, dejando la limpieza al menos en grado CSP-6 y tener en cuenta lo siguiente: ✓ Para las pinturas de los exteriores se recomienda aplicar Pintura Exterior de alta resistencia, base agua, fabricada a partir de polímeros 100% acrílicos de acabado mate, de duración prolongada y alta resistencia a la suciedad. Forma una barrera plástica que la hace impermeable a la lluvia y resistente a los rayos del sol. Esta pintura ofrece una duración de hasta 10 años siempre y cuando se sigan las recomendaciones de preparación de superficie y aplicación del producto. ✓ Para las pinturas interiores se recomienda aplicar Vinilo Tipo 1, la cual es una pintura Tipo 1 base agua fabricada con co-polímeros acrílicos de excelente cubrimiento y adherencia, acabado mate, de fácil aplicación y rápido secado, lavable y durable.
7.6.9. Reforzamiento de los elementos estructurales principales.	El reforzamiento consiste en hacer un enchaquetado o envoltura en láminas de acero, lo cual junto con la sección existente de concreto reforzado conforma una sección híbrida resistente a las cargas actuantes sísmicas y de servicio. El enchaquetado se hace a través de una camisa metálica colocada en un espacio de unos pocos milímetros entre camisa y el elemento estructural. Normalmente se colocan primero las láminas o las secciones de láminas que son soldadas posteriormente y finalmente se inyecta un adhesivo epóxico estructural fluido por medio de puertos de inyección colocados en huecos taladrados en la lámina.



Esta solución se considera de acuerdo con lo establecido en la NSR-10 que es la norma vigente, más sin embargo se pueden explorar alternativas con refuerzos de carbono y cintas cuando ya estén debidamente normalizadas en la próxima versión de la norma. Ver anexo 3. Memorias de cálculo y anexo 6 Planos.



Grafica 13. Detalle Sección mixta de columna propuesta como alternativa.
Fuente: Autores.



Grafica 14. Detalle Sección mixta de columna propuesta como alternativa.
Fuente: Autores.

Tabla 21. Detalle propuestas de intervención.
Fuente: Autores.



8 APORTES Y/O DESARROLLO.

8.3 Científico.

A nivel científico el TPI Estudio patológico y análisis de vulnerabilidad del Edificio Santa Inés, aplicó en campo las recomendaciones y guías para la revisión de las estructuras en todos sus aspectos considerando inclusive los criterios requeridos por la NSR-10 para estructuras construidas antes de la vigencia de la norma, poder llegar a una experimentación más detallada permitirá la obtención de información más real, los datos estadísticos permitirán la observación con mayor detenimiento del verdadero estado de un paciente como el Edificio Santa Inés, construido en décadas anteriores a la aparición de los códigos y normativas colombianas que las reglamentan.

La patología es una rama de la ingeniería, que seguirá creciendo en la formación de conceptos y teorías más metódicas que permiten el amplio uso de toda la tecnología de concreto y del mortero, tanto en la investigación científica de campo con el uso de equipos especializados como en las soluciones que requieren los pacientes, mismas que llevan un desarrollo significativo con productos de toda índole y materiales, y que llegaran a ser reglamentadas en la normativa Colombiana, permitiendo soluciones o propuestas de intervención mejores, eficientes y económicas.



8.4 Técnico / Tecnológico.

A nivel técnico o tecnológico el desarrollo del TPI permitió confirmar y categorizar el uso de los equipos básicos requeridos para el desarrollo de toda investigación patológica, y por ende la interpretación de los resultados de forma detallada. El uso de mejores equipos en cada desarrollo generara mejor información. De la misma forma el uso de equipos como el extractor de núcleos se debe ver necesariamente ligado al uso de un ferroskan o un detector de metales para evitar daños innecesarios que ayuden a generar lesiones o a acelerar aquellas que ya están manifestándose y así con otros equipos que inclusive pueden trabajar en llave o que dan parámetros de entrada para el cálculo e interpretación de resultados.



Imagen 65. Uso de Humedometro digital.
Su uso complementa los resultados de la esclerometría.
Fuente: Autores.



9 PROGRAMACION.

Se desarrolló una programación de trabajo de acuerdo con la secuencia en la que se tenía prevista para la investigación en donde se requerían desplazamientos a la ciudad de Santa Marta, donde se encontraba el paciente.

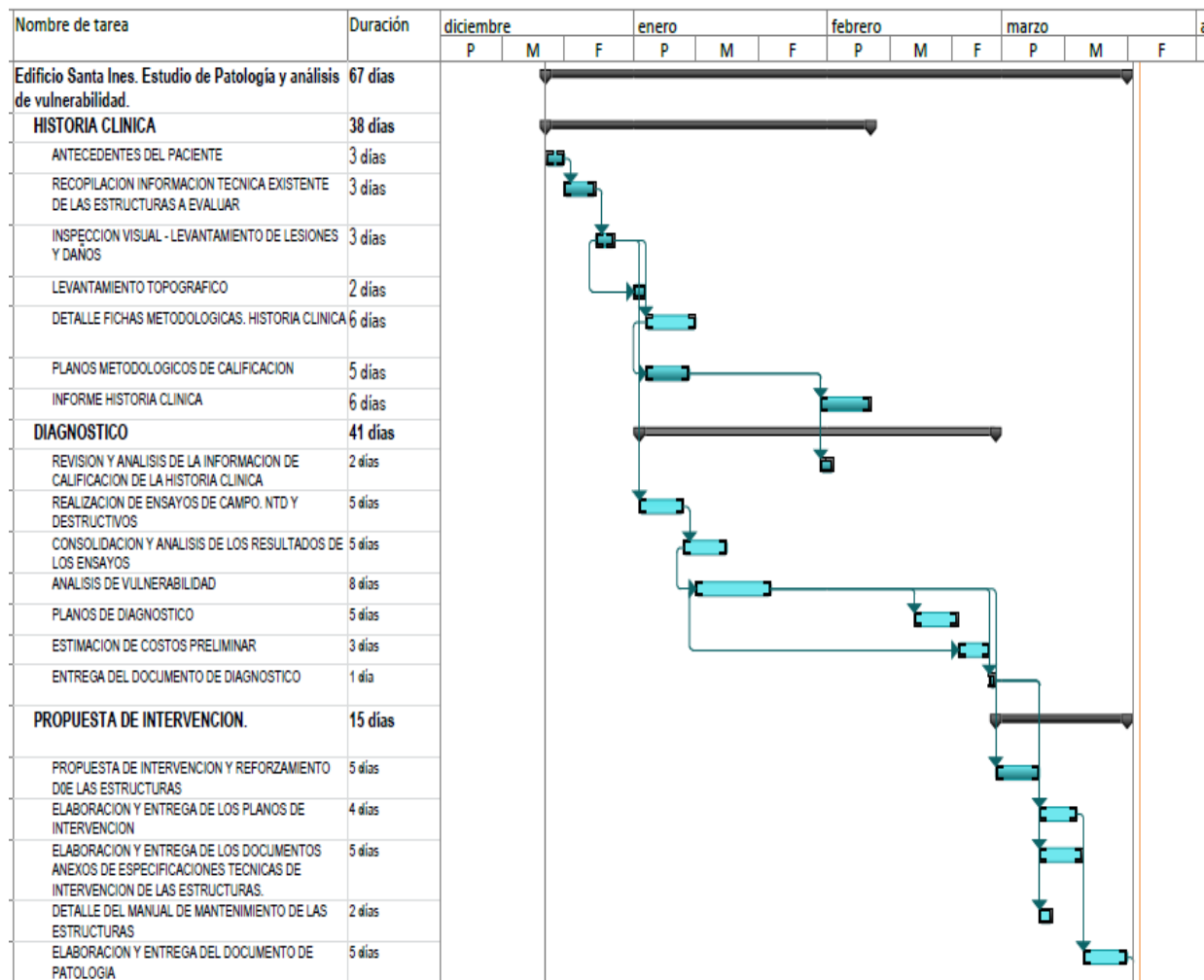


Imagen 66. PDT. Estudio Patológico y análisis de Vulnerabilidad Edificio Santa Inés.
Fuente: Autores.



10 PRESUPUESTO.

El presupuesto para el desarrollo del TPI en sus diferentes fases fue desarrollado pensando en una inversión realizada en partes iguales de manera que en el grupo de trabajo no se presentaran roces o diferencias que alteraran el cumplimiento del PDT.

MAQUINARIAS / EQUIPOS / HERRAMIENTAS		CANT. (a)	TARIFA/DIA (b)	RED/DIA (c)	VALOR \$ a * b * c
Extracción de núcleos y rotura de núcleos 18cm x \$6300		10	\$ 113.400	1	\$ 1.134.000
Alquiler esclerometro		1	\$ 250.000	1	\$ 250.000
Alquiler Ferroskan		1	\$ 315.000	1	\$ 315.000
Herramientas Menores		1	\$ 100.000	1	\$ 100.000
Medidor de fisuras		UND.	\$ 25.000	1	\$ 25.000
Microscopio digital		UND.	\$ 125.300	1	\$ 125.300
Humedometro		UND.	\$ 83.000	1	\$ 83.000
Pinza Voltiampereometrica		UND.	\$ 75.000	1	\$ 75.000
Estudio Geotecnico		GBL	\$ 2.500.000	1	\$ 2.500.000
					SUBTOTAL A
					\$ 4.607.300
CONSUMIBLES		UND.	PRECIO UNIT. (d)	CANTIDAD (e)	VALOR (d * e)
Fenoltanina y aspersor.		GBL	\$ 75.000	1	\$ 75.000
Materiales para resanes Ventanas de inspección. Sika Top 121 - varios		UND.	\$ 134.500	1	\$ 134.500
Varios		UND.	\$ 125.000	1	\$ 125.000
Papeleria varia para realización de los informes		UND.	\$ 83.000	1	\$ 83.000
					SUB-TOTAL B
					\$ 417.500
MANO DE OBRA	GRUPO SAL.	CANT. (f)	TARIFA/DIA (g)	RED/DIA (h)	VALOR (f * g * h)
Ayudante de obra		2	\$ 67.500	2	\$ 270.000
GASTOS VARIOS PARA APOYOS Y ASESORIAS		1	\$ 400.000	1	\$ 400.000
					SUB-TOTAL C
					\$ 670.000
ASPECTOS HSEQ		CANT. (i)	TARIFA/DIA (j)	RED/DIA (k)	VALOR (i * j * k)
CAMISA + PANTALON		UND.	\$ 66.400	2	\$ 132.800
BOTAS DE CUERO		UND.	\$ 42.000	2	\$ 84.000
CASCO		UND.	\$ 21.000	2	\$ 42.000
GUANTES		PAR	\$ 9.000	2	\$ 18.000
TRAJE TYVEC		UND.	\$ 11.120	2	\$ 22.240
MASCARA PARA VAPORES ORGANICOS		UND.	\$ 34.500	2	\$ 69.000
					SUB-TOTAL D
					\$ 368.040
TRANSPORTE		CANT. (l)	TARIFA/DIA (m)	RED/DIA (n)	VALOR (l * m * n)
TRANSPORTE IDA VUELTA STA MARTA - CTG - STA MARTA. 3 VIAJES		1	\$ 330.000	1	\$ 330.000
TRANSPORTE DE MATERIALES		1	\$ 80.000	1	\$ 80.000
GASTOS PERSONALES REUNIONES DE CONSOLIDACION INFORME		1	\$ 480.000	1	\$ 480.000
					SUB-TOTAL E
					\$ 890.000
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C + D + E)					\$ 6.952.840

Tabla 22. Presupuesto para la realización del TPI.

Fuente: Autores.



Se tiene entonces la siguiente distribución económica:

Ing. Fabián Ernesto Arango Pineda. 50%

Ing. Jorge Mario Zúñiga Céspedes. 50%



11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El presente TPI permitió establecer que a pesar de los valores tan bajos de resistencia y elementos estructurales faltantes a nivel de cimentación y sección en la superestructura, la edificación ha prevalecido en el tiempo de buena forma, soportando las rigurosidades de la actuación de las cargas de viento y sísmicas principalmente que se han registrado en la ciudad de Santa Marta, confirmando entonces que el desarrollo de las teorías de análisis estructurales para el época de construcción tenían supuestos teóricos importantes que contenían factores de seguridad altos, permitiendo que una estructura como esta con más 40 años y con cercanía al mar no presentara daños estructurales propios de haber superado su periodo de diseño y de vida útil.

La Historia clínica del Edificio Santa Inés presentó una completa evaluación de la estructura, contextualizándola y permitiendo evidenciar el estado real de la misma mediante el desarrollo de las fichas de evaluación, donde se determinó que la estructura principal (vigas. Columnas, muros) se encuentra en mejor estado que la losa de la cubierta en el 4 nivel, resaltando además como resultado del plan de inspección y ensayo la presencia de aceros de refuerzos lisos y concretos en el límite de los 3000psi, como datos muy característicos en los materiales que se usaban en la época en la cual fue construida la estructura, resaltando el hecho de que el medio ambiente donde se encuentra (cercanía a la Bahía de Santa Marta) el cual es un ambiente costero y por ende salino no ha generado una afectación



mayor y como se determinó en el diagnóstico, la principal causa de las lesiones existentes corresponden a una falta de mantenimiento en los años en los cuales el edificio no ha sido objeto de uso.

La modelación y evaluación de la estructura ante las condiciones y consideraciones sísmicas establecidas en la NSR-10 Título A, permitió además ratificar que la estructura no cumple dicha norma y de acuerdo con los parámetros de valoración fue evaluada como MALA. Obviamente la edificación fue construida aproximadamente 40 años antes de la vigencia de la norma, más sin embargo el sistema estructural con el que fue diseñada y construida permite que las consideraciones y resultados del análisis de vulnerabilidad sísmica favorezcan labores de reopotenciamiento y actualización de la misma para llevarla al cumplimiento de la norma según el uso que el propietario desea recuperar.

El análisis de vulnerabilidad evidencio la necesidad de ampliar secciones y darle mayor rigidez a los elementos principales, los nudos y la interacción con las losas de entrepiso, así como también el amarre a nivel de cimentación adicionando las vigas de amarre o de cimentación que no existen. Con estas soluciones estructurales se realizó un nuevo análisis verificando ya el cumplimiento de la estructura con la Norma NSR-10.

Finalmente y de forma integral se plantearon 9 (nueve) propuestas de intervención enfocadas en atender no solo las necesidades de reopotenciamiento de la estructura sino también los detalles necesarios para el tratamiento de lesiones tales como las evidenciadas en la losa de cubierta, fachadas, pisos, tanques de almacenamiento de aguas y escaleras; las recomendaciones de reparación se definieron de manera



general de forma que permita al propietario el entendimiento de las obras a realizar y que pueda hacer los ajustes arquitectónicos que desee sin ningún problema.



12 BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA

Broto, C. (2006). *Tratado Broto de Construcción. Patología de los materiales de Construcción*. Barcelona, España: Estructure.

Building Code Requirement for Structural Concrete ACI-318-2011.

Calavera, J. (1996). *Patología de Estructuras de hormigón Armado y Pretensado. Tomo II*. Barcelona, España: Instituto Técnico de Materiales y Construcciones-INTEMAC.

Concrete Repair Guide ACI 546R-96

Díaz, M, et al. (1996). *Diseño curricular para un curso de patología y rehabilitación de estructuras de hormigón*. (Tesis inédita de maestría). Universidad de Medellín. Colombia.

Eichler, F. (1978). *Patología de la Construcción. Detalles constructivos*. España: Blume.

Elguero, A. (2004). *Patologías Elementales. Argentina: Nobuko*.

Federal Emergency Management Agency FEMA (2000), FEMA-154.

Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation ACI 364.1R-94

Helene, P. (2007). *Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto*. Sao Paulo: Sika.

<http://www2.igac.gov.co> IGAC, 1993.



13 ANEXOS

Anexo 1. Fichas de evaluación

Anexo 2. Estudio Geotécnico.

Anexo 3. Memorias Vulnerabilidad y Análisis reforzamiento.

Anexo 4. Esclerometría.

Anexo 5. Profundidad de Carbonatación

Anexo 6. Planos