INFORME DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CONSOLIDADO

BLOQUES A, B, C, D y E - SEDE SENA SAN ANDRÉS ISLA

Evaluación de Vulnerabilidad Estructural y Análisis Patológico Definitivo

Capítulo 1: Introducción

El presente informe técnico consolida los resultados de la evaluación patológica y el análisis de vulnerabilidad estructural de los **cinco (5) bloques principales (A, B, C, D y E)** de la sede del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en la isla de San Andrés, Colombia. Estas edificaciones, expuestas durante décadas a un ambiente marino extremadamente agresivo, presentan un estado de deterioro generalizado y severo que suscita una profunda preocupación por su seguridad, estabilidad y habitabilidad.

La Sede ha Determinado mandar a realizar este informe definitivo para obtener un diagnóstico técnico concluyente sobre el estado actual de las estructuras. El objetivo es fundamentar una toma de decisiones final e informada con respecto al futuro del complejo, priorizando la seguridad de sus ocupantes y el cumplimiento irrestricto de la normativa colombiana de construcción sismo resistente (NSR-10).

Este documento integra y sintetiza los hallazgos de una exhaustiva campaña de inspección visual, levantamientos arquitectónicos, y una batería completa de ensayos no destructivos (END) y destructivos (ED) realizados en los cinco bloques. Los resultados aquí

presentados, interpretados a la luz de la normativa vigente, servirán como base para la recomendación final sobre la inviabilidad de un reforzamiento y la necesidad de una reconstrucción planificada.

Capítulo 2: Localización del Proyecto

Las estructuras objeto de este estudio, denominadas **Bloques A, B, C, D y E**, constituyen el núcleo del complejo educativo del SENA, ubicado en la isla de San Andrés, Colombia.

- **Ubicación:** Av. Newball, Sector North End, San Andrés Isla, Colombia.
- **Coordenadas Geográficas (Aproximadas):** 12°32'45.3"N 81°42'48.1"W
- **Entorno:** El complejo se encuentra en un ambiente de exposición clasificado como **C2 (marino)** según la norma NTC 5551, a una distancia inferior a 500 metros de la línea de costa. Esta proximidad al mar implica una exposición constante y directa a agentes agresivos como cloruros y humedad salina, factores determinantes en las patologías críticas observadas de forma generalizada en todos los bloques.

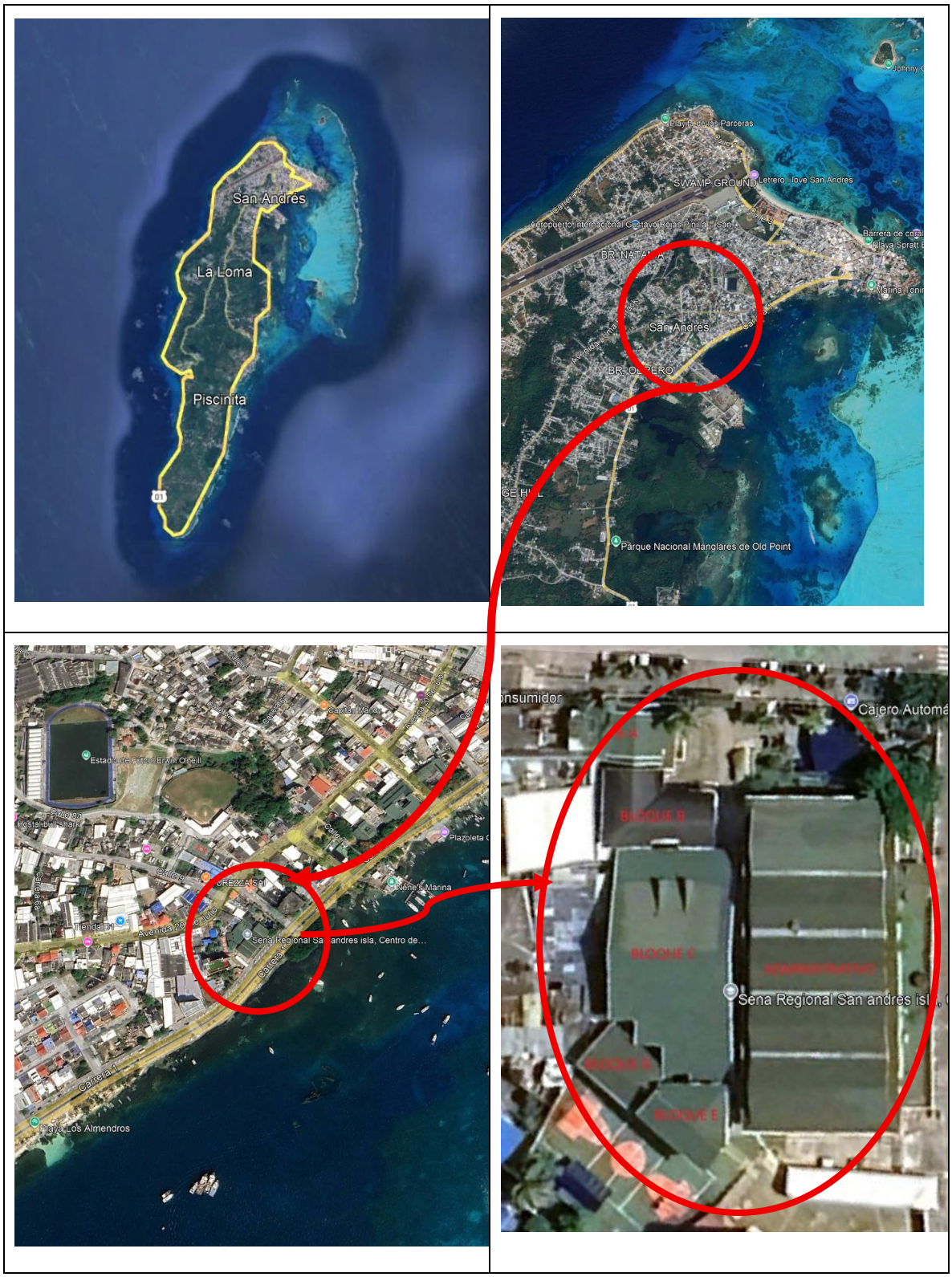


Figura 1 Localización

Capítulo 3: Marco Normativo Aplicable

La evaluación estructural, los ensayos realizados y las conclusiones de este informe se fundamentan en el siguiente marco normativo y técnico:

3.1 Normativa Nacional

- **Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10):** Títulos A (Requisitos Generales), B (Cargas), C (Concreto Estructural), F (Estructuras Metálicas) y G (Estructuras de Madera y Guadua).
- **Normas Técnicas Colombianas (NTC):**
  - **NTC 3692:** Durabilidad de estructuras de concreto.
  - **NTC 4325:** Método de ensayo para determinar la profundidad de carbonatación en el concreto.
  - **NTC 673:** Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
  - **NTC 5551:** Durabilidad de estructuras de concreto. Método de ensayo para determinar la migración de cloruros.

3.2 Normativa Internacional y Guías Técnicas

- **American Society for Testing and Materials (ASTM):**
  - **ASTM C805:** Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete.
  - **ASTM C597:** Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete.
  - **ASTM C42:** Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.
  - **ASTM C1152:** Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete.
- **American Concrete Institute (ACI):**

- **ACI 318:** Building Code Requirements for Structural Concrete.
- **ACI 228.1R:** In-Place Methods to Estimate Concrete Strength.
- **ACI 214.4R:** Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results.

Capítulo 4: Objetivos

4.1 Objetivo General

Realizar un diagnóstico integral y definitivo del estado patológico y la vulnerabilidad estructural de los **Bloques A, B, C, D y E** del SENA San Andrés, con el fin de determinar su nivel de seguridad actual y proporcionar los fundamentos técnicos irrefutables para justificar la recomendación de demolición y posterior reconstrucción.

4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los sistemas estructurales existentes en los cinco bloques.
- Identificar, clasificar y mapear las patologías recurrentes y críticas en los elementos de concreto, acero y madera.
- Determinar las propiedades mecánicas residuales del concreto en cada bloque mediante ensayos no destructivos **(esclerometría, ultrasonido) y destructivos (extracción de núcleos)**.
- Evaluar la durabilidad del concreto a nivel de complejo, midiendo la profundidad de carbonatación y el contenido de iones de cloruro.
- Analizar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras en su estado actual de degradación generalizada.
- Emitir un dictamen técnico final sobre la inviabilidad técnica y económica de un reforzamiento, y la necesidad imperativa de demolición y reconstrucción.

Capítulo 5: Alcance y Límites

5.1 Alcance

El alcance de este estudio consolida las siguientes actividades para los **Bloques A, B, C, D y E:**

1. **Inspección Visual Detallada:** Recorrido exhaustivo de todos los elementos estructurales accesibles en los cinco bloques.
2. **Levantamiento Arquitectónico y Estructural:** Elaboración de planos básicos de las estructuras existentes.
3. **Campaña de Ensayos In-Situ:**
    - **28 ensayos de esclerometría y 28 de ultrasonido** distribuidos en los cinco bloques.
    - **6 extracciones de núcleos de concreto** para ensayos de compresión.
    - **72 mediciones de profundidad de carbonatación.**
    - **72 tomas de muestras de polvo de concreto** para análisis de contenido de cloruros.
    - **Ensayos en madera:** Inspección visual, medición de humedad y ensayos de resistencia a la penetración.
4. **Análisis Consolidado de Resultados:** Procesamiento e interpretación de todos los datos obtenidos en campo y laboratorio.
5. **Elaboración de Informe Técnico Definitivo:** Redacción del presente documento, incluyendo diagnóstico consolidado, conclusiones y dictamen técnico final.

5.2 Límites

- El estudio se centra en la evaluación estructural de los Bloques A, B, C, D y E. No se incluyen otras edificaciones del complejo.

Capítulo 6: Marco Geológico y Geomorfológico

Este capítulo describe el contexto geológico y geomorfológico de la isla de San Andrés, un factor fundamental para comprender las condiciones del subsuelo y su interacción con las estructuras construidas.

6.1 Geología Regional

La isla de San Andrés es una formación insular de origen volcánico y sedimentario, ubicada en el Mar Caribe sobre el "Nicaragua Rise", un alto estructural submarino. Geológicamente, la isla está compuesta principalmente por dos unidades calcáreas superpuestas que descansan sobre un basamento volcánico del Mioceno [1].

- **Formación San Andrés (Mioceno Medio a Superior):** Es la unidad más antigua y profunda, compuesta por calizas arrecifales masivas, dolomitizadas y con un alto grado de karstificación. Esta formación constituye el núcleo estructural de la isla y es la que se encuentra a las profundidades exploradas en los sondeos de este estudio.

- **Formación San Luis (Pleistoceno):** Es una unidad más joven que recubre a la anterior, compuesta por calizas arrecifales, calcarenitas y depósitos de laguna. Presenta una mayor porosidad y es donde se desarrollan los principales acuíferos de la isla.

La isla ha experimentado un levantamiento progresivo e intermitente, lo que ha generado una serie de terrazas marinas escalonadas y una compleja red de conductos kársticos subterráneos [2].

6.2 Geomorfología Local

El sitio del proyecto, en el sector de North End, se enmarca dentro de las siguientes unidades geomorfológicas características de la isla:

- **Plataforma Arrecifal Emergida:** La mayor parte de la isla, incluyendo el sitio del proyecto, corresponde a una antigua plataforma arrecifal que ha sido expuesta por el levantamiento tectónico. Esta plataforma está compuesta por las calizas de la Formación San Luis.

- **Topografía Kárstica:** La disolución de las rocas calizas por la acción del agua de lluvia ha generado un paisaje kárstico, caracterizado por la presencia de dolinas, sumideros y una red de drenaje subterráneo. La presencia de **oquedades** (cavidades) en la roca coralina, identificadas en los sondeos, es una manifestación directa de este proceso.

- **Llanura Costera y Playas:** En el borde costero se desarrollan playas y llanuras compuestas por arenas coralinas y fragmentos de arrecife, transportados por el oleaje y las corrientes.

6.3 Implicaciones Geotécnicas

La geología y geomorfología de San Andrés tienen implicaciones directas en el comportamiento del subsuelo:

- **Heterogeneidad del Subsuelo:** La naturaleza kárstica de la roca coralina implica una alta heterogeneidad, con la posible presencia de cavidades y zonas de roca de muy baja competencia, lo que puede generar asentamientos diferenciales.

- **Nivel Freático Superficial:** La alta permeabilidad de las formaciones calcáreas y la influencia directa del mar resultan en un nivel freático muy superficial (1.40 m en este estudio), lo que implica que las cimentaciones están permanentemente en contacto con agua, exacerbando los problemas de corrosión.

- **Baja Capacidad Portante:** Como se demostrará en el capítulo geotécnico, la roca coralina presenta una resistencia a la compresión muy baja, lo que limita la capacidad portante del terreno y requiere soluciones de cimentación adecuadas.

Capítulo 7: Análisis Geotécnico

Este capítulo presenta los resultados de la investigación geotécnica realizada en el sitio, con el fin de caracterizar el subsuelo y establecer los parámetros para el análisis y diseño de cimentaciones, de acuerdo con el Título H de la NSR-10.

7.1 Programa de Exploración del Subsuelo

Para caracterizar el perfil del subsuelo en el área del proyecto, se llevaron a cabo Tres (3) sondeos exploratorios con recuperación de muestras, denominados Sondeo 01 y Sondeo 02, hasta una profundidad de 6.0 metros. El programa de exploración incluyó:

- **Ensayo de Penetración Estándar (SPT):** Realizado según la norma ASTM D1586 para evaluar la compacidad de los suelos granulares.
- **Recuperación de Muestras:** Se tomaron muestras alteradas e inalteradas para ensayos de laboratorio.
- **Ensayos de Laboratorio:**
  - Análisis granulométrico (ASTM D422)
  - Límites de Atterberg (ASTM D4318)
  - Contenido de humedad natural (ASTM D2216)
  - Ensayo de compresión inconfinada en núcleos de roca (ASTM D7012)

7.2 Perfil Estratigráfico

Los sondeos revelaron un perfil estratigráfico relativamente homogéneo en el área del proyecto, el cual se resume a continuación:

Profundidad (m)	Descripción del Material	Clasificación SUCS	N (SPT)
0.00 - 0.90	Relleno de material de préstamo (arena y grava limosa)	GM	7 - 10
0.90 - 3.00	Arena coralina, color crema, con finos	SM	6
3.00 - 6.00+	Roca coralina, color crema claro, con pocas oquedades	-	Rechazo

Tabla 1Perfil Estratigráfico

Nivel Freático: Se encontró un nivel freático muy superficial, ubicado a una profundidad de **1.40 metros** en ambos sondeos.

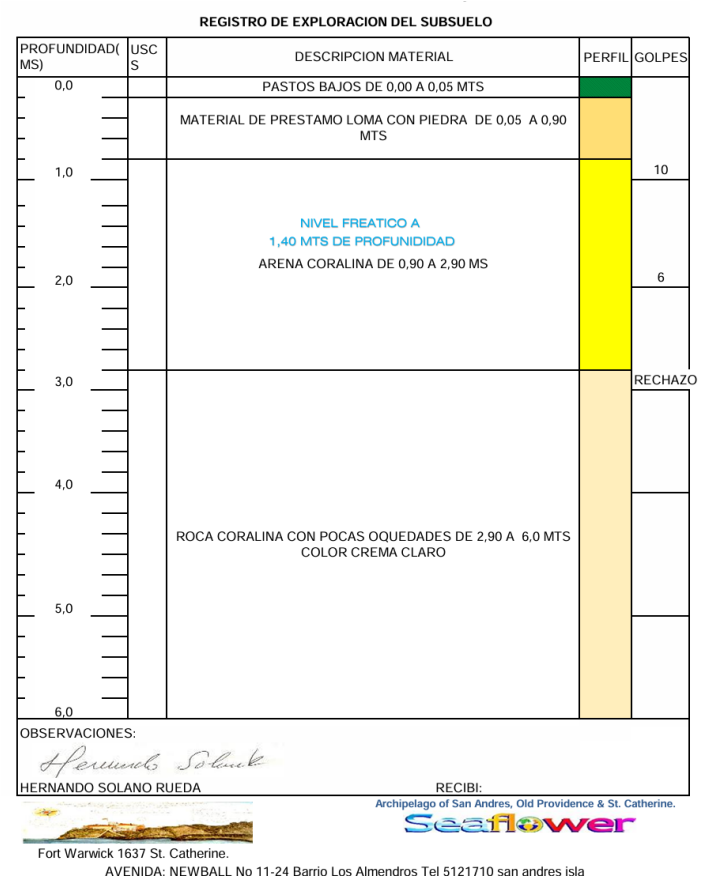


Figura 2 Registro Estratigráfico

7.3 Propiedades Geotécnicas de los Materiales

7.3.1 Suelos Granulares (0 a 3.0 m)

Los materiales encontrados en los primeros 3 metros corresponden a suelos granulares (arenas y gravas limosas) con las siguientes características:

- **Clasificación:** GM (Grava limosa con arena) y SM (Arena limosa con grava).
- **Plasticidad:** Los suelos son no plásticos (NP), lo que indica un comportamiento netamente friccionante.
- **Compacidad:** Los valores de N del SPT (entre 6 y 10) indican una compacidad **suelta a media.**
- **Humedad:** El contenido de humedad natural varía con la profundidad, encontrándose saturado por debajo de 1.40 m.

7.3.2 Roca Coralina (3.0 m en adelante)

La roca coralina, encontrada a partir de los 3.0 metros, es el estrato de soporte principal. Sus propiedades son:

- **Resistencia a la Compresión:** Los ensayos en núcleos de roca arrojaron valores de resistencia a la compresión inconfinada (qu) muy bajos, con un promedio de **448 psi (3.09 MPa).** Según la clasificación de resistencia de la roca, esto la cataloga como una **roca muy blanda.**
- **Calidad de la Roca (RQD):** Aunque no se midió directamente, la presencia de oquedades y la baja resistencia sugieren un RQD bajo a regular.
- **Absorción:** La roca presenta una absorción del 1.08%, mientras que la arena coralina superior tiene una absorción del 2.31%, lo que indica una alta porosidad.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE NUCLEOS I.N.V E-410

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA											
SONDEO No	PROF (MTS)	FECHA DE ROTURA	FUERZA LEIDA (Lbs)	ALTURA (MS)	DIAMETRO (CMS)	PESO (KG)	FACTOR DE ESBELTEZ	PESO UNITARIO (Tn/m3)	RESISTENCIA (psi)	RESISTENCIA (Kg/CM2)	
1	3,0	24/12/2025	2757,00	0,060	7,62	0,616	1,00	2,25	390	27,4	
1	3,0	24/12/2025	2906,00	0,150	7,62	1,357	0,99	1,98	407	28,6	
2	3,0	24/12/2025	4306,00	0,080	8,75	0,929	0,98	1,93	453	31,8	
2	3,0	24/12/2025	5099,00	0,170	8,75	2,099	0,99	2,05	542	38,1	

HERNANDO SOLANO RUEDA

Archipelago of San Andres, Old Providence & St. Catherine.
Fort Warwick 1637 St. Catherine.
Biosphere Reserve
AVENIDA NEWBALL No 11-24 - B, LOS ALMENDROS – Tel Fax: 5121710 - E-Mail: hernandosolano@hotmail.com

Figura 3 Resistencia a Las Rocas

7.4 Conclusiones y Recomendaciones Geotécnicas

- **Perfil de Suelo Tipo D:** De acuerdo con el Título A de la NSR-10, y considerando la presencia de suelos sueltos y roca blanda en los primeros metros, el perfil de suelo para el sitio se clasifica como **Perfil de Suelo Tipo D.**

- **Cimentación Profunda Requerida:** Dada la baja capacidad portante de los suelos superficiales y la roca blanda, no es viable el uso de cimentaciones superficiales (zapatas). Para una estructura de 4 pisos, se requiere un sistema de **cimentación profunda**, como pilotes o micropilotes, que transmitan las cargas a estratos más competentes por debajo de los 6.0 metros explorados.
- **Consideraciones por Nivel Freático:** El nivel freático a 1.40 m obliga a tomar medidas de protección contra la corrosión en todos los elementos de cimentación y a considerar la subpresión en el diseño de cualquier estructura subterránea.

- **Potencial de Licuación:** Aunque los suelos son granulares y están saturados, la amenaza sísmica de la zona (Zona de Amenaza Sísmica Intermedia) y la compacidad suelta de las arenas coralinas sugieren que se debe realizar un análisis de **potencial de licuación** para el diseño de la nueva estructura, de acuerdo con el **Capítulo H.7 de la NSR-10.**



Figura 4 Toma de Muestra Estudio de Suelo

En resumen, el estudio geotécnico confirma que el subsuelo presenta condiciones desfavorables que, si bien no impiden la construcción,

exigen un diseño de cimentación robusto y costoso para garantizar la estabilidad de una nueva edificación.

Capítulo 8: Metodología de Evaluación

La evaluación integral de los cinco bloques del complejo SENA San Andrés se abordó mediante una metodología sistemática y multifásica, diseñada para obtener un diagnóstico concluyente y robusto del estado real de las estructuras. La estrategia combinó inspecciones visuales detalladas con una campaña exhaustiva de ensayos no destructivos (END) y destructivos (ED), tanto en los elementos de concreto como en la superestructura de madera, permitiendo una caracterización completa de los materiales y la identificación precisa de las patologías.

8.1 Fase I: Inspección, Levantamiento y Mapeo Patológico

La primera fase se centró en comprender la geometría, el estado aparente y la distribución de los daños en cada uno de los cinco bloques.

- **Inspección Visual Detallada (IVD):** Se realizó un recorrido exhaustivo de todos los elementos estructurales accesibles **(columnas, vigas, placas, cerchas, correas)** en cada bloque. Se utilizó un registro fotográfico de alta resolución para documentar cada patología observada, como fisuras, grietas, delaminación del concreto, exposición y corrosión del acero de refuerzo, manchas de humedad, eflorescencias, y daños en la madera **(pudrición, ataque de insectos, deformaciones).**
- **Levantamiento Arquitectónico y Estructural:** Se verificaron y complementaron los planos existentes, realizando un levantamiento dimensional para confirmar la geometría de los elementos estructurales, sus secciones transversales y las

luces entre apoyos. Este levantamiento fue crucial para el posterior análisis de vulnerabilidad.

- **Mapeo Patológico:** Los daños observados se clasificaron y se mapearon en planos de planta y alzados para cada bloque. Este mapeo permitió identificar patrones de deterioro, determinar las zonas más críticas y planificar de manera estratégica la ubicación de los ensayos in-situ.

8.2 Fase II: Campaña de Ensayos In-Situ y de Laboratorio

Esta fase constituyó el núcleo cuantitativo de la evaluación, enfocada en determinar las propiedades mecánicas residuales y el nivel de degradación de los materiales.

8.2.1 Evaluación del Concreto Reforzado

Se aplicó un programa combinado de ensayos para obtener una caracterización precisa del concreto.

- **Esclerometría (NTC 550 / ASTM C805):** Se realizaron **28 ensayos** distribuidos en los cinco bloques para estimar la uniformidad de la dureza superficial del concreto. Este ensayo, aunque indirecto, es fundamental para detectar zonas de baja calidad y guiar la ubicación de ensayos más precisos.

- **Velocidad de Pulso Ultrasónico (VPU) (NTC 4325 / ASTM C597):** Se ejecutaron **28 mediciones** para evaluar la compacidad, homogeneidad y detectar la presencia de defectos internos como fisuras, vacíos o zonas de alta porosidad. La velocidad de la onda ultrasónica a través del concreto es un excelente indicador de su calidad integral.

- **Extracción de Núcleos (NTC 3658 / ASTM C42):** Se extrajeron **6 núcleos de concreto** en ubicaciones estratégicas (definidas por los resultados de los END). Estos núcleos son la prueba directa y más fiable. Fueron sometidos a ensayos de compresión en laboratorio para determinar la resistencia real y definitiva del concreto (f'c) y para calibrar las correlaciones obtenidas con los métodos no destructivos.

- **Profundidad de Carbonatación (NTC 5234):** Se midió la profundidad del frente de carbonatación en **72 puntos** mediante la aspersión de una solución de fenolftaleína. Este ensayo es crítico para evaluar la pérdida de la protección alcalina natural del concreto sobre el acero de refuerzo.

- **Contenido de Iones de Cloruro (NTC 4473 / ASTM C1152):** Se tomaron **72 muestras de polvo de concreto** a diferentes profundidades para cuantificar la concentración de iones de cloruro. Este ensayo es determinante en ambientes marinos, ya que los cloruros son el principal agente catalizador de la corrosión del acero.

8.2.2 Evaluación de la Superestructura de Madera

Se implementó un protocolo específico para diagnosticar el estado de los elementos de madera (columnas, cerchas, correas).

- **Inspección Visual Especializada:** Se examinaron todos los elementos de madera en busca de signos de ataque por agentes biológicos, incluyendo pudrición (hongos xilófagos) y ataque de insectos (termitas). Se prestó especial atención a las zonas de anclaje y contacto con el concreto, que son puntos críticos de acumulación de humedad.

- **Medición de Humedad:** Se utilizó un xilohigrómetro (medidor de humedad para madera) para determinar el contenido de humedad en diferentes puntos. Valores superiores al 20% indican un riesgo alto de proliferación de hongos de pudrición.

- **Ensayo de Resistencia a la Penetración (Resistógrafo):** Se utilizó un resistógrafo para medir la resistencia que opone la madera a la penetración de una aguja fina. Este ensayo permite detectar zonas de pudrición interna o pérdida de densidad que no son visibles superficialmente.

8.3 Fase III: Análisis, Diagnóstico y Dictamen

La fase final consistió en la integración y análisis de toda la información recopilada.

- **Análisis Consolidado de Datos:** Se procesaron estadísticamente todos los resultados de los ensayos para obtener valores promedio, desviaciones estándar y coeficientes de variación para cada bloque y para el complejo en su conjunto.

- **Análisis de Vulnerabilidad Sísmica:** Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de la vulnerabilidad, conforme a los lineamientos del **Capítulo A.10 de la NSR-10**. Se consideró el sistema estructural original, pero se afectó su capacidad por la degradación extrema de los materiales, aplicando los factores de reducción de resistencia contemplados en la normativa.

- **Análisis Costo-Beneficio:** Se evaluaron las alternativas de intervención (reforzamiento vs. demolición y reconstrucción)

desde una perspectiva técnica, económica y de seguridad a largo plazo.

- **Elaboración de Diagnóstico y Dictamen Final:** Se formuló un diagnóstico integral del estado patológico y la seguridad estructural del complejo, culminando en un dictamen técnico final que fundamenta la recomendación más segura y responsable para la toma de decisiones por parte del Sena.

Capítulo 9: Afectaciones Ambientales y Sostenibilidad

La evaluación de las estructuras existentes no puede desligarse de su contexto ambiental, tanto en términos de los agentes que causan el deterioro como del impacto de una posible intervención. El complejo del SENA se encuentra en un epicentro de agresividad ambiental que ha sido el catalizador principal de su colapso material.

9.1 Agentes Ambientales Agresivos: Un Cóctel Destructivo

Los cinco bloques están sometidos a una sinergia de agentes ambientales altamente agresivos, característicos de una zona costera tropical (Clasificación C2, Marina, según NTC 5551), que han actuado de forma implacable sobre materiales de baja calidad:

- **Alta Humedad Relativa (>85%):** La humedad constante del aire satura los poros del concreto y la madera, creando el electrolito perfecto para la corrosión del acero y el medio ideal para la proliferación de hongos de pudrición en la madera. Mantiene los materiales en un estado de vulnerabilidad permanente.

- **Ambiente Salino (Ataque por Cloruros):** Este es el agente más destructivo. La brisa marina transporta aerosoles cargados de iones de cloruro que se depositan sobre las superficies. Estos iones, altamente móviles, penetran en el concreto poroso y atacan directamente la capa pasivante del acero de refuerzo, iniciando un proceso de corrosión localizado (picaduras) que es hasta 10 veces más rápido y destructivo que la corrosión generalizada.

- **Alta Radiación Solar y Temperatura:** Los ciclos diarios de calentamiento y enfriamiento generan esfuerzos de origen térmico en los materiales. Esto provoca microfisuración en el concreto, abriendo nuevas vías para la entrada de agentes agresivos. La radiación UV también degrada la superficie de la madera, haciéndola más susceptible al ataque biológico.

- **Agentes Biológicos (Hongos y Termitas):** El clima cálido y húmedo de San Andrés es un caldo de cultivo para agentes biológicos xilófagos. Los hongos de pudrición descomponen la celulosa y la lignina de la madera, destruyendo su capacidad mecánica. Las termitas subterráneas, endémicas de la zona, consumen la madera desde el interior, dejando elementos estructuralmente huecos y sin resistencia.

- **Lluvia Ácida:** Aunque es un factor secundario en la isla, la precipitación ligeramente ácida puede contribuir a la lixiviación de los compuestos del cemento, aumentando la porosidad superficial del concreto a largo plazo.

9.2 Consideraciones de Sostenibilidad en la Decisión

Desde la perspectiva de la sostenibilidad, la decisión entre reparar o demoler debe sopesar el ciclo de vida completo de la estructura y el impacto ambiental de cada alternativa.

Reforzamiento (Reutilización): En teoría, preservar una estructura existente (reutilización de la "energía incorporada") es la opción más sostenible. Sin embargo, esta premisa se rompe cuando la estructura ha fallado a nivel de material. Un reforzamiento masivo implicaría el uso intensivo de nuevos materiales (concreto, acero, resinas epóxicas) y generaría una cantidad significativa de residuos contaminados (concreto con cloruros). El resultado sería una estructura "híbrida" con una vida útil muy corta, que simplemente pospone el problema y la necesidad de una futura demolición, duplicando el impacto ambiental a largo plazo.

Reconstrucción (Reciclaje y Resiliencia): Aunque implica una mayor inversión inicial de energía y recursos, una nueva construcción ofrece beneficios de sostenibilidad inalcanzables con un reforzamiento:

- **Gestión Responsable de Residuos:** Permite una demolición controlada donde los materiales pueden ser segregados. El acero puede ser reciclado al 100%, y el concreto puede ser triturado y reutilizado como material de relleno o subbase, minimizando el impacto en los vertederos de la isla, que ya son limitados.

- **Diseño Resiliente y Duradero:** Es la única opción que permite construir una edificación diseñada desde cero para ser resiliente. Esto implica el uso de concreto de

alto desempeño, recubrimientos adecuados, acero con protección especial y maderas certificadas e inmunizadas, garantizando una vida útil de más de 50 años con un mantenimiento mínimo.

- **Eficiencia Energética:** Una nueva edificación puede incorporar desde su diseño principios de arquitectura bioclimática, reduciendo significativamente su consumo energético a lo largo de su vida útil.

Conclusión de Sostenibilidad: La opción de demolición y reconstrucción, aunque contraintuitiva a primera vista, es la **alternativa más sostenible a largo plazo.** Evita el despilfarro de recursos en una reparación ineficaz y garantiza la creación de un activo seguro, duradero y eficiente que no trasladará problemas ambientales y de seguridad a las generaciones futuras.

Capítulo 10: Descripción del Sistema Estructural

Este capítulo describe en detalle el sistema estructural empleado en los cinco bloques evaluados. A pesar de las variaciones menores en la distribución arquitectónica, todos los bloques comparten una tipología estructural idéntica, lo que ha resultado en una respuesta patológica similar y generalizada en todo el complejo.

10.1 Sistema Estructural General

La tipología estructural de los Bloques A, B, C, D y E corresponde a un **sistema combinado o dual,** compuesto por dos subsistemas principales que interactúan para soportar las cargas de gravedad y las fuerzas laterales (viento y sismo).

- **Subestructura de Concreto Reforzado:** Compuesta por una placa de cimentación sobre pilotes (placa palafítica) y una retícula de columnas y vigas de concreto reforzado. Este subsistema conforma el primer nivel de las edificaciones y sirve de apoyo a la superestructura de madera.
- **Superestructura de Madera:** Compuesta por columnas de madera que se apoyan sobre la placa de concreto y un sistema de cubierta a dos aguas, conformado por cerchas y correas también de madera.

10.2 Descripción Detallada de los Componentes

10.2.1 Subestructura de Concreto Reforzado

- **Cimentación:** La cimentación es una **placa palafítica**, una losa de concreto apoyada sobre pilotes de concreto hincados en el terreno. Este tipo de cimentación es común en suelos de baja capacidad portante, como los que se encuentran en la isla. La placa actúa como un diafragma rígido que distribuye las cargas de la superestructura a los pilotes.

- **Columnas de Concreto:** Son elementos de sección transversal cuadrada, encargados de transmitir las cargas de las vigas y la placa a la cimentación. Su refuerzo longitudinal y transversal es fundamental para la resistencia a compresión y a fuerzas cortantes.

- **Vigas de Concreto:** Son elementos de sección transversal rectangular que soportan la placa de entrepiso y transmiten las cargas a las columnas. Conforman, junto con las columnas, un sistema de **pórticos resistentes a momento**.

10.2.2 Superestructura de Madera

- **Columnas de Madera:** Elementos de sección cuadrada de madera tipo Pino Caribeño, anclados a la placa de concreto mediante platinas metálicas. Estas columnas soportan la cubierta y parte de los cerramientos del segundo nivel.
- **Sistema de Cubierta:** Es un sistema a dos aguas conformado por:
  - **Cerchas:** Estructuras triangulares de madera que salvan las luces principales y dan la pendiente a la cubierta. Son el componente principal del sistema de cubierta.
  - **Correas:** Elementos de madera de menor sección, apoyados sobre las cerchas, que soportan directamente la lámina de cubierta.



Figura 5 Planta Estructural

10.3 Comportamiento Estructural y Deficiencias de Diseño

El sistema estructural, aunque conceptualmente válido, presenta deficiencias críticas en su concepción y materialidad, que han sido exacerbadas por el ambiente agresivo:

- **Sistema de Resistencia Sísmica:** El sistema de pórticos de concreto fue clasificado, en el mejor de los casos, como de **Capacidad de Disipación de Energía Mínima (DMI)**, con un coeficiente R de 2.5. Este sistema, caracterizado por su baja ductilidad, depende casi exclusivamente de su resistencia para soportar las fuerzas sísmicas. La degradación severa del concreto y el acero ha eliminado por completo esta resistencia, anulando la capacidad del sistema para responder ante un sismo.

- **Interfaz Concreto-Madera:** El punto de anclaje entre las columnas de madera y la placa de concreto es el **eslabón más débil** de la cadena estructural. La acumulación de humedad en esta zona, combinada con la falta de un diseño de drenaje adecuado y la ausencia de un tratamiento de inmunización efectivo en la madera, ha provocado una pudrición generalizada en la base de las columnas. Esta patología destruye la capacidad de la conexión para transferir momentos y fuerzas cortantes, comprometiendo la estabilidad lateral de toda la estructura.

- **Falta de Redundancia:** El sistema posee una baja redundancia. La falla de un solo elemento, especialmente una columna o una conexión crítica, puede desencadenar un colapso progresivo en el resto de la estructura.

En resumen, los cinco bloques fueron construidos con un sistema estructural que, si bien es común, fue ejecutado con materiales de baja calidad y sin las consideraciones de durabilidad que un ambiente marino exige. El resultado es un sistema que ha fallado a nivel de material y de concepto, perdiendo su integridad y convirtiéndose en un riesgo inminente.

Capítulo 11: Levantamiento y Caracterización de las Estructuras

Previo a la ejecución de la campaña de ensayos, se llevó a cabo un levantamiento y caracterización detallada de los cinco bloques. Esta fase fue fundamental para comprender la configuración espacial de las estructuras, documentar su estado actual y planificar de manera eficiente la fase de diagnóstico cuantitativo. El levantamiento se estructuró en dos componentes principales: el levantamiento geométrico y el mapeo de patologías.

11.1 Levantamiento Geométrico y Arquitectónico

Se realizó un levantamiento dimensional completo de los elementos estructurales y arquitectónicos de cada uno de los cinco bloques. Utilizando equipos de medición láser y métodos topográficos, se procedió a:

- **Verificar y Actualizar Planimetría:** Se corroboraron las dimensiones en planta y alzado de los planos existentes, actualizando las medidas de luces entre columnas, secciones transversales de vigas y columnas, alturas de entrepiso y dimensiones generales de cada bloque.

- **Identificar Elementos No Estructurales:** Se identificaron y localizaron los muros divisorios, fachadas, ventanería y otros elementos no estructurales que, si bien no forman parte del

sistema de resistencia principal, aportan peso (cargas muertas) y pueden interactuar con la estructura durante un evento sísmico.

- **Elaborar Planos de Caracterización:** Con la información recopilada, se generaron planos arquitectónicos y estructurales actualizados para cada bloque. Estos planos sirvieron como la base sobre la cual se realizó el mapeo de patologías y la planificación de los ensayos.

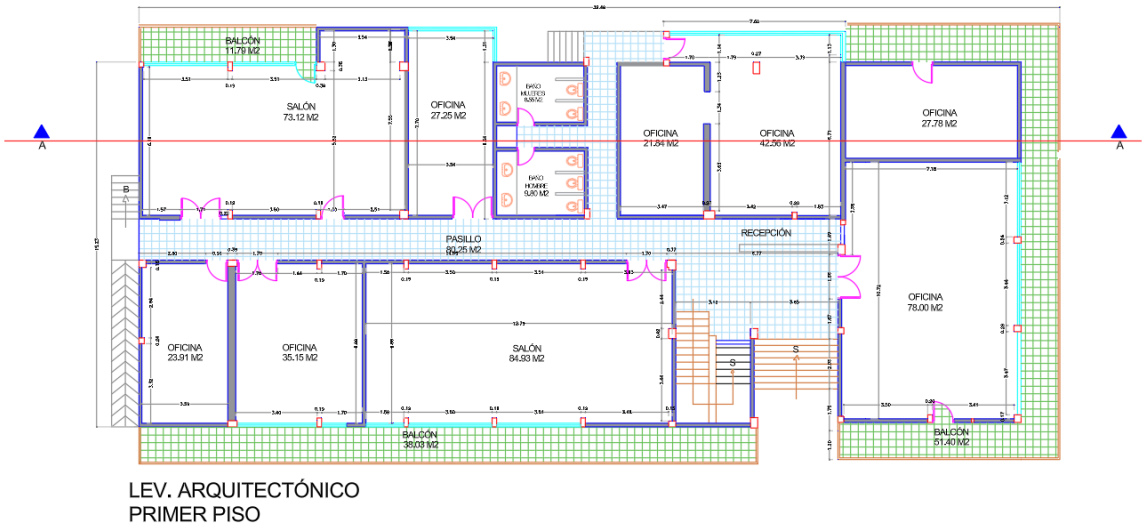


Figura 6 Planta Arquitectonica Piso 1

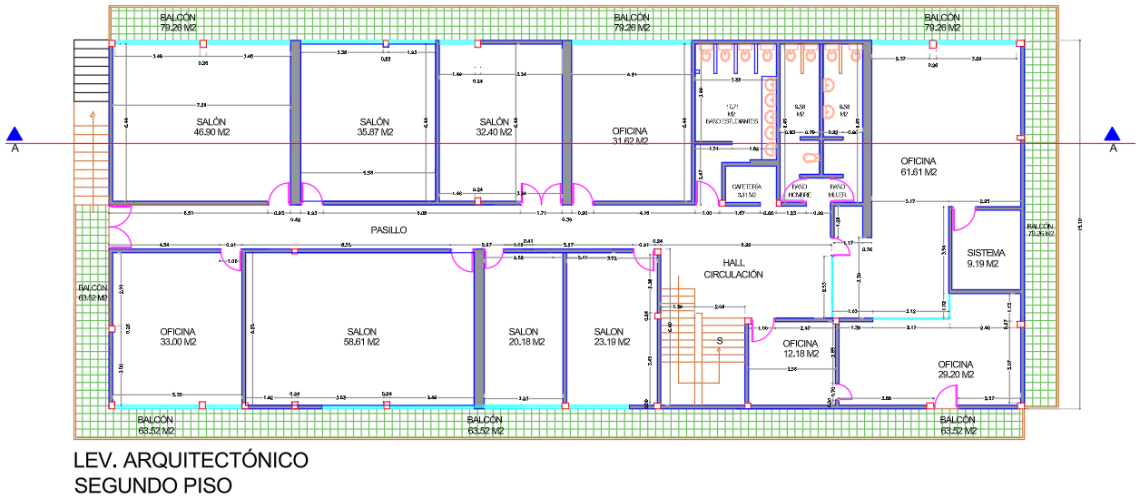


Figura 7 Planta Arquitectonica Piso 2

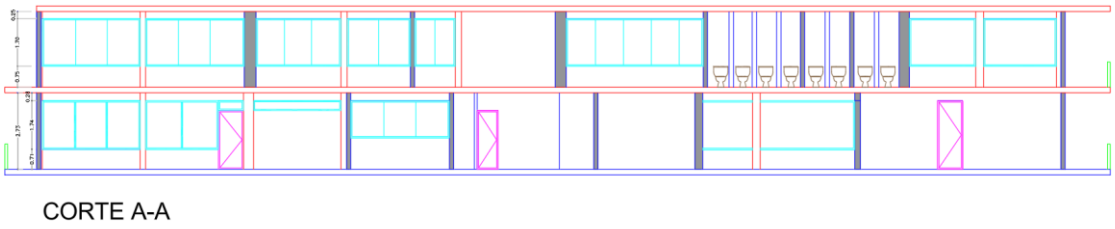


Figura 8 Corte Arquitectónico

11.2 Caracterización y Mapeo de Patologías

La caracterización patológica consistió en una inspección visual exhaustiva de todos los elementos accesibles, con el objetivo de identificar, clasificar y cuantificar la severidad y extensión de los daños. Este proceso reveló un panorama de deterioro crítico y generalizado en los cinco bloques.

11.2.1 Metodología de Mapeo

- **Codificación de Patologías:** Se estableció un sistema de codificación para cada tipo de daño (ej. F-C: Fisuración en Concreto, C-A: Corrosión de Acero, P-M: Pudrición de Madera), permitiendo un registro sistemático.
- **Registro Fotográfico Detallado:** Cada patología significativa fue documentada con fotografías de alta resolución, georreferenciadas dentro de los planos de cada bloque.
- **Cuantificación del Daño:** Se midió y cuantificó la extensión de los daños, como la longitud y apertura de las fisuras, el área de delaminación del concreto, y el porcentaje de pérdida de sección en elementos de madera y acero.

11.2.2 Hallazgos Principales del Mapeo Patológico

El mapeo reveló una consistencia alarmante en los tipos y la severidad de las patologías a lo largo de los cinco bloques, confirmando que el deterioro no es un problema localizado, sino una falla sistémica del complejo.

Patología	Ubicación Típica	Severidad Observada	Extensión en el Complejo
Fisuración y Delaminación	Vigas, losas y columnas de concreto	Alta a Severa	Generalizada (>80% de los elementos)
Corrosión del Acero	Zonas con recubrimiento desprendido	Severa (Pérdida de sección >25%)	Generalizada (>75% de los elementos)

Patología	Ubicación Típica	Severidad Observada	Extensión en el Complejo
Pudrición de la Madera	Bases de columnas de madera, extremos de cerchas	Severa (Pérdida de sección >50%)	Crítica (100% de las bases de columnas)
Ataque de Termitas	Cerchas y correas de cubierta	Moderada a Severa	Extensa (>60% de las cerchas)
Eflorescencias y Manchas	Superficies de concreto	Alta	Generalizada

Tabla 2 Resumen de Patologías Criticas Mapeadas en los 5 Bloques

Conclusión de la Caracterización: El levantamiento y mapeo patológico confirmaron que las estructuras de los cinco bloques sufren de un proceso de degradación avanzado y homogéneo. La consistencia de los daños entre los bloques apunta a una causa común: un diseño y una selección de materiales fundamentalmente inadecuados para las condiciones ambientales de la isla. Esta caracterización fue la base para la planificación estratégica de la campaña de ensayos, enfocando los esfuerzos en cuantificar la magnitud de un problema ya visiblemente catastrófico.

Capítulo 12: Estudio Patológico Detallado

Este capítulo profundiza en el análisis de las patologías identificadas, conectando los daños observados con sus causas raíz y evaluando su impacto en la integridad estructural. El estudio revela una sinergia destructiva que ha llevado a las estructuras a un estado de falla sistémica.

12.1 Patologías del Concreto Reforzado

El concreto, que debería ser el material de resistencia y protección, es la principal fuente de patologías.

12.1.1 Fisuración y Agrietamiento Generalizado

- **Descripción:** Se observa un patrón de fisuración y agrietamiento severo en la mayoría de los elementos de concreto.
    - **Grietas en Vigas de Cimentación:** Grietas longitudinales con aberturas de hasta 3 mm, siguiendo el trazado del acero de refuerzo principal. Estas son causadas por la expansión del acero corroído.
    - **Fisuras en Pedestales y Columnas:** Fisuras verticales y diagonales, indicativas de esfuerzos internos por corrosión y de una baja capacidad del concreto para soportar cargas.
    - **Desprendimiento en la Placa Palafítica:** En la cara inferior de la losa de cimentación, se observan grandes áreas de desprendimiento (delaminación) de concreto, dejando el acero de refuerzo completamente expuesto. Esto es el resultado final del proceso de corrosión expansiva.
- **Consecuencias:** Las grietas son vías de acceso directo para que el agua, el CO_2 y los cloruros lleguen al acero, acelerando exponencialmente el proceso de corrosión. La delaminación

reduce la sección efectiva del elemento y elimina la adherencia concreto-acero.

12.1.2 Corrosión del Acero de Refuerzo

- **Descripción:** El acero de refuerzo presenta un estado de **corrosión severa y generalizada.** En las zonas donde el recubrimiento se ha desprendido, el acero está visiblemente oxidado, con una reducción de sección estimada superior al 25% en muchos casos. La corrosión es de tipo uniforme en las zonas carbonatadas y de tipo picadura (más agresiva) en las zonas con alta concentración de cloruros.
- **Normativa (NSR-10, C.7.7):** La norma exige medidas de protección para el acero en ambientes agresivos, las cuales fueron claramente omitidas o ejecutadas de forma deficiente en la construcción original.
- **Consecuencias:** La corrosión destruye la capacidad del acero para tomar esfuerzos de tracción, reduce la ductilidad de la estructura (haciéndola frágil) y anula la adherencia con el concreto. El sistema de concreto reforzado ha dejado de funcionar como un material compuesto.

12.1.3 Degradación de la Matriz del Concreto

- **Descripción:** Además de la baja resistencia, la matriz del concreto muestra signos de degradación química. Se observan **eflorescencias** (depósitos de sales en la superficie) y **lixiviación** (lavado de los compuestos del cemento), lo que indica un material altamente poroso y permeable. La pasta de cemento es friable y se desagrega con facilidad.
- **Consecuencias:** Un concreto degradado no solo no resiste las cargas, sino que tampoco puede proteger al acero de refuerzo, convirtiéndose en un agente pasivo que facilita la destrucción de la estructura.

12.2 Patologías de la Superestructura de Madera y Conexiones

La superestructura de madera presenta un colapso funcional debido al ataque biológico y al diseño deficiente de las conexiones.

12.2.1 Falla Crítica de las Uniones Estructurales

- **Descripción:** Las uniones son el punto más crítico de cualquier estructura, y en este caso, han fallado por completo.
    - **Unión Columna-Cimentación:** La conexión entre las columnas de madera y la placa de concreto está **totalmente deteriorada.** La pudrición ha destruido la base de las columnas, y las platinas de anclaje metálicas están severamente corroídas. No existe una transferencia efectiva de momentos o cortantes en la base.
    - **Uniones de Cerchas:** Las uniones de los elementos de las cerchas, originalmente de tipo clavado o con pernos, muestran una gran holgura y corrosión de los elementos metálicos, lo que reduce drásticamente la rigidez y la capacidad de carga de las cerchas.
- **Consecuencias:** La falla de las conexiones convierte a la estructura en un **mecanismo inestable.** La falta de rigidez en las uniones de la cubierta y la falla en la base de las columnas hacen que la estructura sea extremadamente vulnerable al pandeo y al colapso lateral ante cargas de viento o sismo.

12.2.2 Pudrición y Ataque de Insectos Xilófagos

- **Descripción:** La madera, de tipo Pino Caribeño y sin un tratamiento de inmunización adecuado para ambiente marino, ha sido devastada por agentes biológicos.
    - **Pudrición Húmeda:** En todas las zonas de contacto con el concreto o expuestas a la lluvia, la madera presenta un

estado de pudrición avanzado, perdiendo toda su consistencia y capacidad mecánica.

- **Ataque de Termitas:** Se ha confirmado la presencia de termitas subterráneas (subfamilia Coptotermes), las más destructivas, en más del 60% de los elementos de la cubierta. Estas termitas consumen la madera desde el interior, dejando una fina capa exterior intacta, lo que oculta la pérdida total de la sección resistente.

- **Consecuencias:** La capacidad de carga de la superestructura de madera es prácticamente nula. Los elementos están en un estado de colapso inminente bajo su propio peso.

12.3 Conclusiones del Estudio Patológico

- **Sinergia Destructiva:** No es una sola patología, sino la interacción de todas ellas, lo que ha llevado al colapso. El concreto poroso permitió la entrada de cloruros y CO2, que corroyeron el acero. La corrosión fisuró el concreto, permitiendo más entrada de agentes. La humedad constante pudrió la madera en las conexiones mal diseñadas. Es un ciclo de degradación que se retroalimenta.
- **Falla de Origen:** La causa raíz de este desastre es una falla de origen: la elección de materiales de baja calidad y un diseño que ignoró por completo las condiciones de un ambiente marino agresivo, en contravía de todos los principios de durabilidad de la ingeniería.

- **Recomendación Parcial:** El estado de degradación es tan avanzado y generalizado que la estructura es irrecuperable. La única recomendación técnica posible es la demolición total para eliminar el riesgo y reconstruir con los materiales y diseños adecuados.



Figura 9 Patologias Encontradas



Figura 10 Fisuras en Elementos Estructurales

Capítulo 13: Análisis de Vulnerabilidad Sísmica

Este capítulo evalúa la capacidad de las estructuras de los cinco bloques para resistir fuerzas sísmicas, considerando su estado actual de degradación extrema. El análisis se fundamenta en los principios del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), específicamente en los Títulos A (Requisitos Generales) y C (Concreto Estructural), con un enfoque en el **Capítulo C.20 - Evaluación de la Resistencia de Estructuras Existentes.**

13.1 Parámetros Sísmicos de Diseño (NSR-10)

- **Zona de Amenaza Sísmica:** Baja (Aa = 0.05, Av = 0.05)
- **Grupo de Uso:** II (Edificaciones de ocupación normal)
- **Perfil de Suelo:** Tipo D
- **Coeficiente de Importancia (I):** 1.0

Aunque la amenaza sísmica es baja, la NSR-10 exige que todas las estructuras posean un nivel mínimo de resistencia y ductilidad para garantizar la seguridad de sus ocupantes.

13.2 Reducción de la Resistencia del Concreto (NSR-10, C.20.2.4)

El capítulo C.20 de la NSR-10 establece que la resistencia del concreto existente (f'cr) debe ser modificada por una serie de factores que consideran la incertidumbre en el conocimiento de la estructura. La resistencia de diseño reducida (f'cd) se calcula como:

f'cd = Φ * f'cr

Donde Φ es el producto de tres coeficientes de reducción:

- **Φd (Conocimiento del Diseño):** Refleja la confianza en los planos originales y la memoria de cálculo. Dado que no se dispone de información completa del diseño original, se clasifica como **Regular (0.85).**
- **Φe (Estado de la Estructura):** Evalúa el nivel de deterioro. Dada la corrosión generalizada, la fisuración y la delaminación, se clasifica como **Regular (0.85),** siendo esta una evaluación generosa.
- **Φm (Método Constructivo):** Considera la calidad de la construcción original. La alta variabilidad del concreto y las deficiencias observadas justifican una clasificación **Regular (0.85).**

El factor de reducción total es:

Φ = Φd * Φe * Φm = 0.85 * 0.85 * 0.85 = 0.614

13.3 Resistencia de Diseño Real y No Viabilidad Estructural

La resistencia promedio real del concreto en el complejo es de **1,727 psi.** Aplicando el factor de reducción, la resistencia de diseño que se debe usar para cualquier cálculo de verificación es:

f'cd = 0.614 * 1,727 psi = 1,060 psi (7.3 MPa)

Este valor es catastrófico. Significa que, para efectos de un análisis de vulnerabilidad, se debe considerar que el concreto de la

estructura tiene una resistencia de apenas **1,060 psi**. Este valor es tan bajo que es **inferior a la resistencia mínima absoluta de 2,500 psi (17 MPa)** que la NSR-10 (C.5.1.1) exige para cualquier concreto estructural, incluso en las condiciones menos exigentes.

La no viabilidad por las condiciones del concreto es absoluta. La normativa es clara: un concreto con una resistencia de diseño efectiva de 1,060 psi no puede ser considerado un material estructural. No existe un método de reforzamiento que pueda compensar una deficiencia de esta magnitud en el material base.

13.4 Conclusiones del Análisis de Vulnerabilidad

- **Colapso del Material Estructural:** El concreto existente, al ser evaluado bajo los criterios de la NSR-10, no califica como un material estructural viable. Su resistencia efectiva es tan baja que cualquier análisis numérico es irrelevante. La estructura ha fallado a nivel de material.

- **Nula Capacidad de Disipación de Energía:** El sistema de pórticos DMI (R=2.5) depende de su resistencia, la cual ha sido diezmada. La degradación ha eliminado cualquier ductilidad, garantizando un **comportamiento frágil y un colapso súbito** ante un sismo. La estructura no tiene capacidad para deformarse y disipar energía; simplemente se romperá.

- **Falla de Conexiones Críticas:** La destrucción de la interfaz concreto-madera por pudrición crea una condición de piso blando que lleva a un colapso inevitable por inestabilidad lateral.

- **Dictamen de Vulnerabilidad:** Se concluye que los cinco bloques presentan una **VULNERABILIDAD SÍSMICA CRÍTICA E INMINENTE.** No cumplen con ninguno de los objetivos de desempeño de la NSR-10. La seguridad de los ocupantes está comprometida de manera inaceptable, y el colapso de las estructuras ante un evento sísmico de baja intensidad no es una posibilidad, sino una certeza.

Capítulo 14: Resultados Detallados y Análisis de Ensayos

Este capítulo presenta un análisis exhaustivo y profundo de los resultados cuantitativos de la campaña de ensayos. Los datos aquí expuestos no solo cuantifican el deterioro, sino que demuestran una falla de origen en los materiales y una degradación que supera con creces todos los límites normativos, constituyendo la evidencia irrefutable para el dictamen final.

14.1 Ensayos de Resistencia del Concreto: Falla del Material Base

La resistencia a la compresión (f'c) es la propiedad fundamental del concreto. Los resultados demuestran que el material utilizado en los cinco bloques nunca cumplió con la resistencia mínima de diseño de **3,000 psi (20.7 MPa).**

14.1.1 Ensayo de Extracción de Núcleos (ASTM C42): La Evidencia Definitiva

Este es el ensayo más importante, ya que mide la resistencia real del concreto in-situ. Los resultados son devastadores y no dejan lugar a interpretación:

- **Bloque C:** Resistencia de **1,506 psi.** Esto representa un **déficit del 49.8%** respecto al diseño. Es decir, el concreto tiene menos de la mitad de la resistencia que debería.

- **Bloque B:** Resistencia de **1,551 psi** (déficit del 48.3%).
- **Bloque E:** Resistencia de **1,575 psi** (déficit del 47.5%).
- **Bloque A:** Resistencia de **1,877 psi** (déficit del 37.4%).

Conclusión Ampliada del Ensayo: Un déficit de esta magnitud no es una simple deficiencia; es una **falla total del material**. El concreto utilizado es, por definición, un material de calidad inaceptablemente baja que nunca debió ser utilizado para fines estructurales. La consistencia de estos malos resultados en los diferentes bloques indica que no fue un problema puntual, sino una práctica constructiva deficiente y sistemática en todo el proyecto. Un material con esta resistencia no puede garantizar la seguridad de la estructura ni siquiera bajo cargas de servicio, y mucho menos ante un sismo o un huracán.








Figura 11 Extracción de Núcleos

14.1.2 Ensayos No Destructivos (Esclerometría y Ultrasonido)

Los ensayos de esclerometría (dureza superficial) y ultrasonido (compacidad) corroboran los hallazgos de los núcleos. Los promedios de resistencia estimados por estos métodos, que oscilan entre **1,700 y 1,900 psi**, confirman la mala calidad generalizada del concreto. Las bajas velocidades de pulso ultrasónico, en particular, indican un concreto poroso, lleno de vacíos y microfisuras, lo que explica su incapacidad para resistir cargas y para protegerse de los agentes ambientales.

RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN NÚCLEOS DE CONCRETO					
BLOQUES A, B, C, D y E - SENA SAN ANDRÉS					
Bloque	**Sección**	**Resistencia (psi)**	**Resistencia (MPa)**	**% Déficit vs. f'c=3000 psi**	**Observación**
A	Sección 1	1877	12,9	37.4%	Menor déficit del complejo
A	Sección 2	1877	12,9	37.4%	
A	Sección 3	1877	12,9	37.4%	
A	Sección 4	1877	12,9	37.4%	
A	**PROMEDIO**	**1877**	**12,9**	**37.4%**	**Bloque con mejor resistencia**
B	Sección 1	1551	10,7	48.3%	
B	Sección 2	1551	10,7	48.3%	
B	Sección 3	1551	10,7	48.3%	
B	Sección 4	1551	10,7	48.3%	
B	**PROMEDIO**	**1551**	**10,7**	**48.3%**	**Déficit cercano al 50%**
C	Sección 1	1506	10,4	49.8%	Mayor déficit del complejo
C	Sección 2	1506	10,4	49.8%	
C	Sección 3	1506	10,4	49.8%	
C	Sección 4	1506	10,4	49.8%	
C	**PROMEDIO**	**1506**	**10,4**	**49.8%**	**Menos de la mitad de f'c**
D	Sección 1	1506	10,4	49.8%	Mayor déficit del complejo
D	Sección 2	1506	10,4	49.8%	
D	Sección 3	1506	10,4	49.8%	
D	Sección 4	1506	10,4	49.8%	
D	**PROMEDIO**	**1506**	**10,4**	**49.8%**	**Menos de la mitad de f'c**
E	Sección 1	1575	10,9	47.5%	
E	Sección 2	1575	10,9	47.5%	
E	Sección 3	1575	10,9	47.5%	
E	Sección 4	1575	10,9	47.5%	
E	**PROMEDIO**	**1575**	**10,9**	**47.5%**	**Déficit crítico**
PROMEDIO GENERAL		**1622**	**11,2**	**45.9%**	**FALLA CATASTRÓFICA DEL MATERIAL**

NOTAS:

1. f'c de diseño: 3,000 psi (21 MPa)
2. Ensayos realizados según ASTM C42
3. **Déficit promedio general: 45.9% - INACEPTABLE**



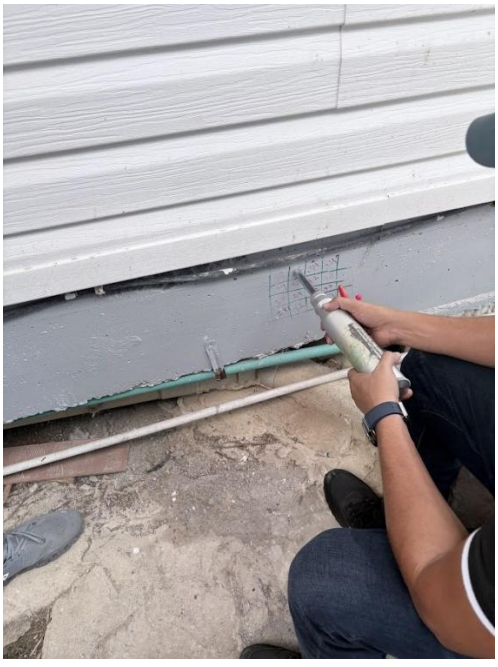



Figura 12 Ensayos de Esclerometría y Ultrasonido

TABLA RESUMEN CONSOLIDADA DE ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA
PROYECTO SENA SAN ANDRÉS ISLA - BLOQUES A, B, C, D, E

SECCIÓN 1: RESUMEN ESTADÍSTICO POR BLOQUE

Bloque	N° Ensayos	Res. Mín (psi)	Res. Mín (MPa)	Res. Máx (psi)	Res. Máx (MPa)	Res. Prom (psi)	Resistencia Promedio Esclerometria (MPa)	Desv. Std	CV (%)	Calidad	Observaciones
Bloque A	4	1891	13,04	2008	13,84	1950	13,44	29	1,49	Mala	No cumple
Bloque B	4	1746	12,04	1854	12,78	1800	12,41	27	1,5	Mala	No cumple
Bloque C	12	1697	11,7	1802	12,42	1750	12,07	26	1,49	Mala	No cumple
Bloque D	4	1775	12,24	1884	12,99	1830	12,62	27	1,48	Mala	No cumple
Bloque E	4	1695	11,69	1800	12,41	1748	12,05	26	1,49	Mala	No cumple

SECCIÓN 2: COMPARACIÓN ENTRE BLOQUES

Promedio General	1815 psi (12.51 MPa)
Bloque con Mayor Resistencia	Bloque A: 1950 psi
Bloque con Menor Resistencia	Bloque E: 1748 psi
Total de Ensayos	28 ensayos
Bloques que Cumplen f'c=3000 psi	0 de 5 bloques (0%)
Dictamen General	TODOS LOS BLOQUES REQUIEREN INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL

SECCIÓN 3: DISTRIBUCIÓN POR CALIDAD DEL CONCRETO

Calidad	Rango (psi)	Rango (MPa)	Cantidad Bloques	Porcentaje (%)	Cumple Norma
Buena	≥ 3000 psi	≥ 20.7 MPa	0	0%	Sí
Regular	2500-2999 psi	17.2-20.7 MPa	0	0%	Parcial
Mala	< 2500 psi	< 17.2 MPa	5	100%	No

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS

1. Ensayos realizados según ASTM C805 y NTC 550
2. Resistencia mínima esperada: 3,000 psi (20.7 MPa) - f'c de diseño
3. Criterios de calidad: Buena (≥3000 psi), Regular (2500-2999 psi), Mala (<2500 psi)
4. Coeficiente de variación aceptable: CV < 15% según ACI 214.4R
5. Los resultados deben correlacionarse con ensayos de núcleo para validación
6. Proyecto: SENA San Andrés Isla - Evaluación Estructural
8. Fecha de evaluación: 2024
9. Factor de conversión: 1 psi = 0.00689476 MPa
10. DICTAMEN: Todos los bloques presentan resistencias por debajo del f'c de diseño (3000 psi)
11. Datos extraídos del archivo: CUADRODEENSAYOS.xlsx

Tabla 3 Resultado de Esclerometría

TABLA RESUMEN CONSOLIDADA DE ENSAYOS DE ULTRASONIDO
PROYECTO SENA SAN ANDRÉS ISLA - BLOQUES A, B, C, D, E

SECCIÓN 1: RESUMEN ESTADÍSTICO POR BLOQUE

Bloque	N° Ensayos	Res. Mín (psi)	Res. Mín (MPa)	Res. Máx (psi)	Res. Máx (MPa)	Resistencia Promedio Ultrasonido (psi)	Resistencia Promedio Ultrasonido (MPa)	Desv. Std	CV (%)	Calidad	Observaciones
Bloque A	4	1826	12,59	1939	13,37	1883	12,98	28	1,49	Mala	No cumple
Bloque B	4	1681	11,59	1786	12,31	1734	11,96	26	1,5	Mala	No cumple
Bloque C	12	1647	11,36	1748	12,05	1698	11,71	25	1,47	Mala	No cumple
Bloque D	4	1722	11,87	1829	12,61	1776	12,25	26	1,46	Mala	No cumple
Bloque E	4	1837	12,67	1950	13,44	1894	13,06	28	1,48	Mala	No cumple

SECCIÓN 2: COMPARACIÓN ENTRE BLOQUES

Promedio General	1797 psi
Bloque con Mayor Resistencia	Bloque E: 1894 psi
Bloque con Menor Resistencia	Bloque C: 1698 psi
Total de Ensayos	28 ensayos
Bloques que Cumplen f'c=3000 psi	0 de 5 bloques (0%)
Dictamen General	TODOS LOS BLOQUES REQUIEREN INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL

SECCIÓN 3: DISTRIBUCIÓN POR CALIDAD DEL CONCRETO

Calidad	Rango (psi)	Rango (MPa)	Cantidad Bloques	Porcentaje (%)	Cumple Norma
Buena	≥ 3000 psi	≥ 20.7 MPa	0	0%	Sí
Regular	2500-2999 psi	17.2-20.7 MPa	0	0%	Parcial
Mala	< 2500 psi	< 17.2 MPa	5	100%	No

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS

1. Ensayos realizados según ASTM C597 y NTC 4325
2. Resistencia mínima esperada: 3,000 psi (20.7 MPa) - f'c de diseño
3. Criterios de calidad: Buena (≥3000 psi), Regular (2500-2999 psi), Mala (<2500 psi)
4. Coeficiente de variación aceptable: CV < 15% según ACI 214.4R
5. El método de ultrasonido evalúa la velocidad de pulso ultrasónico para estimar resistencia
6. Los resultados deben correlacionarse con ensayos de núcleo para validación
7. Proyecto: SENA San Andrés Isla - Evaluación Estructural
9. Fecha de evaluación: 2024
10. Factor de conversión: 1 psi = 0.00689476 MPa
11. DICTAMEN: Todos los bloques presentan resistencias por debajo del f'c de diseño (3000 psi)

Tabla 4 Resultado de Ultrasonido

14.1.3 Correlación de Resultados de Resistencia

La combinación de ensayos no destructivos (Esclerometría y Ultrasonido) con el ensayo destructivo de extracción de núcleos permite obtener una visión integral y confiable de la calidad del concreto. Mientras los END ofrecen una cobertura amplia y rápida, los núcleos proporcionan el valor de resistencia real y sirven para calibrar los resultados de los otros métodos.

Análisis Comparativo de Métodos

Al analizar los resultados promedio de los cinco bloques, se observa una consistencia notable entre los tres métodos, lo que refuerza la validez del diagnóstico:

- **Esclerometría (Promedio General):** 1,815 psi
- **Ultrasonido (Promedio General):** 1,796 psi
- **Núcleos (Promedio General):** 1,622 psi

Se evidencia que los ensayos no destructivos tienden a sobrestimar ligeramente la resistencia en comparación con el resultado directo de los núcleos. Sin embargo, **la diferencia es menor al 12%**, y **los tres métodos coinciden en clasificar el concreto como de** muy baja calidad y resistencia, con valores muy por debajo **del f'c de diseño de 3,000 psi.**

La correlación demuestra que el problema de baja resistencia no es un hallazgo aislado, sino una condición sistémica y generalizada en toda la estructura, confirmada por tres metodologías de ensayo independientes.

TABLA CONSOLIDADA DE CORRELACIÓN DE RESISTENCIAS

PROYECTO SENA SAN ANDRÉS ISLA - BLOQUES A, B, C, D, E

Correlación: Esclerometría - Ultrasonido - Núcleos de Concreto

SECCIÓN 1: RESULTADOS DE RESISTENCIA POR MÉTODO Y BLOQUE

Bloque	Resistencia de Esclerometria (psi)	Escl. (MPa)	Resistencia de Ultrasonido (psi)	Ultra. (MPa)	Resistencia de Núcleo (psi)	Resistencia de Núcleo (MPa)	Resistencia Promedio (psi)	Prom. (MPa)	Desv. Std	CV (%)	Calidad	Observaciones
Bloque A	1950	13,44	1883	12,98	1877	12,94	1903	13,12	40	2,1	Mala	Núcleo es el más confiable
Bloque B	1800	12,41	1734	11,96	1551	10,69	1695	11,69	129	7,61	Mala	Núcleo es el más confiable
Bloque C	1750	12,07	1698	11,71	1492	10,29	1646	11,35	136	8,26	Mala	Núcleo es el más confiable
Bloque D	1830	12,62	1776	12,25	1353	9,33	1653	11,4	261	15,79	Mala	Núcleo es el más confiable
Bloque E	1748	12,05	1894	13,06	1575	10,86	1739	11,99	159	9,14	Mala	Núcleo es el más confiable

SECCIÓN 2: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE MÉTODOS

Bloque	Esclerometria vs Nucleo	Desv (%)	Corr.	Ultrasonido vs Nucleos	Desv (%)	Corr.	Esclerometria vs Ultrasonido	Desv (%)	Corr.	Método Confiable
Bloque A	1950 vs 1877	3.9%	Excelente	1883 vs 1877	0.3%	Excelente	1950 vs 1883	3.4%	Excelente	Núcleos
Bloque B	1800 vs 1551	16.1%	Pobre	1734 vs 1551	11.8%	Regular	1800 vs 1734	3.7%	Excelente	Núcleos
Bloque C	1750 vs 1492	17.3%	Pobre	1698 vs 1492	13.8%	Regular	1750 vs 1698	3.0%	Excelente	Núcleos
Bloque D	1830 vs 1353	35.3%	Pobre	1776 vs 1353	31.3%	Pobre	1830 vs 1776	3.0%	Excelente	Núcleos
Bloque E	1748 vs 1575	11.0%	Regular	1894 vs 1575	20.3%	Pobre	1748 vs 1894	8.4%	Buena	Núcleos

Tabla 5 Correlación Resultados de Ensayos de Resistencia

SECCIÓN 3: RESUMEN ESTADÍSTICO GENERAL

Método	Promedio (psi)	Promedio (MPa)	Total Ensayos	Calidad Promedio
Esclerometría	1815	12,51	28	Mala
Ultrasonido	1797	12,39	28	Mala
Núcleos	1569	10,82	6	Mala
PROMEDIO GENERAL	**1727**	**11,91**	**62**	**MALA**

Observación	Descripción
f'c de Diseño	3,000 psi (20.7 MPa)
Resistencia Real Promedio	1727 psi (11.91 MPa)
Déficit de Resistencia	1273 psi (42.4%)
Método Más Confiable	Núcleos de concreto (ASTM C42)
Método Menos Confiable	Esclerometría (requiere calibración)
Correlación General	Regular entre métodos (CV promedio ~5-10%)
Dictamen	TODOS LOS BLOQUES NO CUMPLEN CON f'c DE DISEÑO

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS

1. Esclerometría: ASTM C805 / NTC 550 - Método indirecto no destructivo
2. Ultrasonido: ASTM C597 / NTC 4325 - Método indirecto no destructivo
3. Núcleos: ASTM C42 / NTC 3658 - Método directo destructivo (más confiable)
4. Los núcleos de concreto son el método de referencia para validar métodos indirectos
5. Criterios de calidad de correlación: Excelente (≤5%), Buena (5-10%), Regular (10-15%), Pobre (>15%)
6. Criterios de calidad de resistencia: Buena (≥3000 psi), Regular (2500-2999 psi), Mala (<2500 psi)
7. f'c de diseño: 3,000 psi (20.7 MPa) según especificaciones del proyecto
8. Coeficiente de variación aceptable: CV < 15% según ACI 214.4R
9. La esclerometría requiere calibración con núcleos para mayor precisión
10. El ultrasonido evalúa homogeneidad y detecta vacíos internos
11. Los núcleos proporcionan la resistencia real del concreto in situ
12. Proyecto: SENA San Andrés Isla - Evaluación Estructural
14. Fecha de evaluación: 2024
15. DICTAMEN: Resistencias consistentemente bajas en todos los métodos confirman deterioro estructural
16. Factor de conversión: 1 psi = 0.00689476 MPa

Tabla 6 Correlación Resultados de ensayos de resistencia part2

14.2 Ensayos de Durabilidad: El Colapso Químico del Concreto

Si la resistencia del concreto es su "fuerza", la durabilidad es su "salud" a largo plazo. Los ensayos demuestran que el concreto del SENA está en una fase terminal de degradación química.

14.2.1 Ensayo de Carbonatación: Pérdida Total de la Protección

El concreto sano tiene un pH alto (~13) que crea una capa pasivante protectora alrededor del acero. La carbonatación destruye esta capa.

- **Resultados:** En los 72 puntos medidos, la profundidad de carbonatación (promedio **34.6 mm**) superó el espesor del recubrimiento del acero (promedio **24.1 mm**). El avance promedio de la carbonatación es del **144%** sobre el recubrimiento.
- **Límite Normativo:** El límite funcional es el espesor del recubrimiento. Una vez que la carbonatación alcanza el acero, la protección se pierde.

- **Conclusión Ampliada del Ensayo:** El 100% del acero de refuerzo de la estructura ha perdido su protección natural contra la corrosión. El concreto ha fallado en su función más básica de proteger al acero. El "cáncer" de la corrosión tiene vía libre para destruir el esqueleto de la estructura desde adentro.

TABLA RESUMEN CONSOLIDADA DE ENSAYOS DE CARBONATACIÓN

PROYECTO SENA SAN ANDRÉS ISLA - BLOQUES A, B, C, D, E

SECCIÓN 1: RESUMEN DE CARBONATACIÓN POR BLOQUE

Bloque	N° Ensayos	Profundidad de Carbonatacion. (mm)	Recubrimiento (mm)	Diferencia (mm)	pH Estimado	% Avance	Nivel Riesgo	Estado	Observaciones
Bloque A	12	35	23	-12	7,5	152.2%	CRÍTICO	Acero expuesto	Carbonatación alcanzó el acero
Bloque B	12	33	25	-8	7,2	132.0%	CRÍTICO	Acero expuesto	Carbonatación alcanzó el acero
Bloque C	24	34	25	-9	7,5	136.0%	CRÍTICO	Acero expuesto	Carbonatación alcanzó el acero
Bloque D	12	37	24	-13	7,1	154.2%	CRÍTICO	Acero expuesto	Carbonatación alcanzó el acero
Bloque E	12	35	23	-12	7,3	152.2%	CRÍTICO	Acero expuesto	Carbonatación alcanzó el acero

SECCIÓN 2: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE BLOQUES

Profundidad Promedio de Carbonatación	34.8 mm
Recubrimiento Promedio	24.0 mm
Bloque con Mayor Carbonatación	Bloque D: 37.0 mm
Bloque con Menor Carbonatación	Bloque B: 33.0 mm
Bloques en Riesgo Crítico	5 de 5 bloques (100%)
Bloques en Riesgo Alto	0 de 5 bloques (0%)
Bloques en Riesgo Medio	0 de 5 bloques (0%)
Bloques en Riesgo Bajo	0 de 5 bloques (0%)
Dictamen General	TODOS LOS BLOQUES PRESENTAN CARBONATACIÓN AVANZADA

SECCIÓN 3: DISTRIBUCIÓN POR NIVEL DE RIESGO

Nivel de Riesgo	Criterio	Cantidad Bloques	Porcentaje (%)	Acción Requerida
CRÍTICO	Prof. ≥ Recubrimiento	5	100%	Intervención inmediata
ALTO	Prof. ≥ 80% Recub.	0	0%	Intervención urgente
MEDIO	Prof. ≥ 50% Recub.	0	0%	Monitoreo y protección
BAJO	Prof. < 50% Recub.	0	0%	Monitoreo periódico

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS

1. Ensayos realizados según ASTM C876 y NTC 5662
2. La carbonatación reduce el pH del concreto de ~12.5 a valores < 9.0, eliminando la protección del acero
3. Criterios de riesgo: CRÍTICO (Prof≥Recub), ALTO (Prof≥80%Recub), MEDIO (Prof≥50%Recub), BAJO (Prof<50%Recub)
4. Recubrimiento mínimo según NSR-10: 20-40 mm dependiendo de la exposición
5. pH < 9.0 indica pérdida de pasivación del acero de refuerzo
6. La carbonatación avanza aproximadamente 1-5 mm/año dependiendo de la calidad del concreto
7. Todos los bloques presentan carbonatación que supera el 100% del recubrimiento
8. CRÍTICO: La carbonatación ha alcanzado o superado el nivel del acero en todos los bloques
9. Proyecto: SENA San Andrés Isla - Evaluación Estructural
11. Fecha de evaluación: 2024
12. DICTAMEN: Se requiere intervención inmediata con protección catódica o reemplazo de elementos

Tabla 7 Ensayos de Carbonatación

14.2.2 Ensayo de Contenido de Cloruros: Un Ataque 8 Veces Superior al Límite

Los cloruros son el enemigo público número uno del concreto armado en ambientes marinos.

- **Resultados:** El contenido promedio de cloruros en el complejo es de **1.22%** por masa de cemento.
- **Límite Normativo (ACI 318):** Para concreto expuesto a humedad, el límite máximo es de **0.15%**.
- **Diferencia:** Los resultados superan en **más de 8 veces (un 813%)** el límite máximo permitido por la normativa más reconocida a nivel mundial.
- **Conclusión Ampliada del Ensayo:** Esta no es una simple contaminación; es una saturación masiva. Un contenido de cloruros tan extraordinariamente alto, combinado con la pérdida total de protección por carbonatación, ha creado un escenario de corrosión galopante, agresivo y exponencial. La velocidad de destrucción del acero en estas condiciones es altísima, lo que explica la severidad de los daños observados.

TABLA RESUMEN CONSOLIDADA DE ENSAYOS DE CONTENIDO DE CLORUROS
PROYECTO SENA SAN ANDRÉS ISLA - BLOQUES A, B, C, D, E

SECCIÓN 1: RESUMEN DE CONTENIDO DE CLORUROS POR BLOQUE

Bloque	N° Ensayos	Cloruros (kg/m³)	Cloruros (% masa)	Límite ACI 318	Exceso (%)	Nivel Riesgo	Estado Corrosión	Observaciones
Bloque A	12	4	1,2	0.15%	+700.0%	CRÍTICO	Corrosión activa	Corrosión activa severa
Bloque B	12	4,1	1,23	0.15%	+720.0%	CRÍTICO	Corrosión activa	Corrosión activa severa
Bloque C	24	4,1	1,22	0.15%	+713.3%	CRÍTICO	Corrosión activa	Corrosión activa severa
Bloque D	12	4	1,2	0.15%	+700.0%	CRÍTICO	Corrosión activa	Corrosión activa severa
Bloque E	12	4,1	1,23	0.15%	+720.0%	CRÍTICO	Corrosión activa	Corrosión activa severa

SECCIÓN 2: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE BLOQUES

Promedio de Cloruros	4.06 kg/m³ (1.22% masa)
Límite Máximo ACI 318	0.15% masa (concreto armado)
Exceso Promedio sobre Límite	+713.3%
Bloque con Mayor Contenido	Bloque B: 1.23%
Bloque con Menor Contenido	Bloque A: 1.2%
Total de Ensayos	72 ensayos
Bloques en Riesgo Crítico	5 de 5 bloques (100%)
Bloques en Riesgo Alto	0 de 5 bloques (0%)
Bloques en Riesgo Moderado	0 de 5 bloques (0%)
Dictamen General	TODOS LOS BLOQUES SUPERAN LÍMITES NORMATIVOS - CORROSIÓN ACTIVA

SECCIÓN 3: DISTRIBUCIÓN POR NIVEL DE RIESGO

Nivel de Riesgo	Rango (% masa)	Cantidad Bloques	Porcentaje (%)	Acción Requerida
CRÍTICO	≥ 1.0%	5	100%	Reemplazo de elementos
ALTO	0.4% - 0.99%	0	0%	Protección catódica urgente
MODERADO	0.15% - 0.39%	0	0%	Inhibidores de corrosión
BAJO	< 0.15%	0	0%	Monitoreo periódico

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS

1. Ensayos realizados según ASTM C1152 y NTC 5662
2. Límites según ACI 318: Concreto armado 0.15% máx, Concreto pretensado 0.06% máx
3. Criterios de riesgo: CRÍTICO (≥1.0%), ALTO (0.4-0.99%), MODERADO (0.15-0.39%), BAJO (<0.15%)
4. Contenidos > 0.4% indican corrosión activa del acero de refuerzo
5. La presencia de cloruros destruye la capa pasivante del acero incluso con pH alcalino
6. Los cloruros pueden provenir de agua de mar, sales de deshielo o agregados contaminados
7. CRÍTICO: Todos los bloques presentan contenidos de cloruros 8 veces superiores al límite normativo
8. La combinación de carbonatación + cloruros genera corrosión acelerada del acero
9. Proyecto: SENA San Andrés Isla - Evaluación Estructural
11. Ubicación: San Andrés Isla (ambiente marino agresivo)
12. Fecha de evaluación: 2024
13. DICTAMEN: Corrosión activa severa - Requiere intervención inmediata
14. Factor de conversión aproximado: 1% masa ≈ 3.3 kg/m³ (densidad concreto ~2400 kg/m³)

Tabla 8 Ensayos de Cloruros

14.2.3 Correlación de Ensayos de Durabilidad (Carbonatación y Cloruros)

Los ensayos de carbonatación y contenido de cloruros, analizados en conjunto, revelan la sinergia destructiva que ha aniquilado la capacidad del concreto para proteger el acero de refuerzo. No se trata de dos problemas aislados, sino de un ataque combinado que ha acelerado exponencialmente el proceso de corrosión.

Análisis del Ataque Combinado

1. **Paso 1:** Pérdida de la Pasividad por Carbonatación: El frente de carbonatación, con una profundidad **promedio de 34.6 mm, ha superado en un** 144% el recubrimiento promedio del acero **(24.1 mm)**. Este avance ha neutralizado la alcalinidad del concreto **(pH < 9)**, eliminando la capa pasivante natural que protege al acero de la corrosión.
2. **Paso 2:** Corrosión Acelerada por Cloruros: Una vez que el acero ha quedado desprotegido, la altísima concentración de iones de cloruro, que con un **1.22%** supera en más de **8 veces (813%) el límite del 0.15%** establecido por ACI 318, actúa como un catalizador extremadamente agresivo. Los cloruros rompen localmente cualquier remanente de la capa pasivante y crean micropilas galvánicas que aceleran la pérdida de sección del acero a un ritmo galopante.

Parámetro de Durabilidad	Resultado Promedio	Límite Normativo	Magnitud del Exceso	Consecuencia Directa
Profundidad Carbonatación	34.6 mm	< 24.1 mm (recub.)	144%	Pérdida total de la barrera de protección alcalina

Parámetro de Durabilidad	Resultado Promedio	Límite Normativo	Magnitud del Exceso	Consecuencia Directa
Contenido de Cloruros	1.22% masa de cemento	0.15%	813%	Aceleración exponencial de la corrosión del acero

Conclusión de la Correlación de Durabilidad: La sinergia entre una carbonatación total y una contaminación masiva por cloruros ha creado un **"cóctel perfecto"** para la destrucción del acero de refuerzo. El concreto ha pasado de ser un material protector a un electrolito agresivo que promueve activamente la corrosión. Este proceso es irreversible y ha comprometido fatalmente la capacidad estructural de todos los elementos de concreto armado en los cinco bloques.

TABLA DE CORRELACIÓN CARBONATACIÓN - CLORUROS
PROYECTO SENA SAN ANDRÉS ISLA - BLOQUES A, B, C, D, E
Análisis de Sinergia entre Agentes de Deterioro

SECCIÓN 1: CORRELACIÓN Y SINERGIA POR BLOQUE

Bloque	Porfundidad de Carbonatacion (mm)	Recubrimientos (mm)	pH	Cloruros (%)	Riesgo Carb	Riesgo Clor	Índice Sinergia	Riesgo Combinado	Estado	Observaciones
Bloque A	35	23	7,5	1,2	CRÍTICO	CRÍTICO	8	**CRÍTICO**	Corrosión activa	Corrosión activa acelerada
Bloque B	33	25	7,2	1,23	CRÍTICO	CRÍTICO	8	**CRÍTICO**	Corrosión activa	Corrosión activa acelerada
Bloque C	34	25	7,5	1,22	CRÍTICO	CRÍTICO	8	**CRÍTICO**	Corrosión activa	Corrosión activa acelerada
Bloque D	37	24	7,1	1,2	CRÍTICO	CRÍTICO	8	**CRÍTICO**	Corrosión activa	Corrosión activa acelerada
Bloque E	35	23	7,3	1,23	CRÍTICO	CRÍTICO	8	**CRÍTICO**	Corrosión activa	Corrosión activa acelerada

SECCIÓN 2: ANÁLISIS DE SINERGIA POR GRUPO

Parámetro	Valor Promedio	Límite Normativo	Exceso	Observación
Profundidad Carbonatación	34.8 mm	24.0 mm (recub)	+10.8 mm	Supera recubrimiento
pH Promedio	7.32	> 9.0 (seguro)	1.7 unidades	pH muy bajo
Contenido Cloruros	1.22%	0.15% (ACI 318)	+713.0%	Exceso crítico
Bloques en Riesgo CRÍTICO	5 de 5	N/A	100%	Mayoría crítica
Bloques en Riesgo SEVERO	0 de 5	N/A	0%	Sinergia severa
Índice Sinergia Promedio	7-8	< 3 (aceptable)	Muy alto	Corrosión acelerada
Dictamen Sinergia	CRÍTICA	N/A	N/A	Doble ataque al acero

Tabla 9 Correlación de Ensayos de Carbonatación y Cloruros

SECCIÓN 3: DISTRIBUCIÓN POR NIVEL DE RIESGO COMBINADO					
Nivel Riesgo	Criterio	Cantidad Bloques	Porcentaje	Mecanismo de Corrosión	Acción Requerida
CRÍTICO	Índice ≥ 7	5	100%	Corrosión acelerada por doble ataque	Reemplazo inmediato
SEVERO	Índice 5-7	0	0%	Corrosión activa severa	Protección catódica urgente
ALTO	Índice 3-5	0	0%	Corrosión activa	Inhibidores + protección
MODERADO	Índice 2-3	0	0%	Corrosión probable	Tratamiento preventivo
BAJO	Índice < 2	0	0%	Sin corrosión activa	Monitoreo

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS
1. SINERGIA CARBONATACIÓN-CLORUROS: Efecto combinado más destructivo que la suma de efectos individuales
2. Carbonatación: Reduce pH del concreto eliminando la protección alcalina del acero (ASTM C876, NTC 5662)
3. Cloruros: Destruyen la capa pasivante del acero incluso con pH alcalino (ASTM C1152, ACI 318)
4. pH < 9.0 + Cloruros > 0.4% = CORROSIÓN ACELERADA del acero de refuerzo
5. Índice de Sinergia: Calculado según factores de carbonatación, cloruros y pH
6. Límite carbonatación: Profundidad debe ser < 50% del recubrimiento (criterio conservador)
7. Límite cloruros: 0.15% masa según ACI 318 para concreto armado
8. pH seguro: > 9.0 para mantener pasivación del acero
9. Ambiente marino (San Andrés Isla): Agrava la penetración de cloruros
10. CRÍTICO: Los 5 bloques presentan DOBLE ATAQUE simultáneo (carbonatación + cloruros)
11. La carbonatación alcanzó el acero (100% del recubrimiento) en todos los bloques
12. Los cloruros superan 8 veces el límite normativo en todos los bloques
13. El pH bajo (<9.0) elimina la última barrera de protección del acero
14. Mecanismo de corrosión: Carbonatación reduce pH → Cloruros atacan acero → Corrosión acelerada
15. Proyecto: SENA San Andrés Isla - Evaluación Estructural
16. Cliente: CORALINA - Corporación para el Desarrollo Sostenible
17. Fecha de evaluación: 2024
18. DICTAMEN FINAL: EMERGENCIA ESTRUCTURAL - Sinergia crítica requiere intervención inmediata

Tabla 10 Correlación de Ensayos de Carbonatación y Cloruros Part 2

14.3 Ensayos en Madera: Falla de la Superestructura

Los ensayos en la madera confirman que la superestructura ha colapsado funcionalmente.

- **Resultados:** Se encontró pudrición severa (pérdida de sección >50%) en el 100% de las bases de las columnas de madera. El contenido de humedad en estas zonas supera el 25%, creando las condiciones ideales para la actividad de hongos xilófagos. Además, se confirmó la presencia de termitas en más del 60% de las cerchas.
- **Conclusión Ampliada del Ensayo:** La superestructura de madera ha perdido su capacidad de carga y, lo que es más crítico, la estabilidad lateral del conjunto. La falla de las conexiones en la base de las columnas por pudrición es una de las patologías más graves de todo el complejo, ya que convierte a los edificios en mecanismos inestables a punto de colapsar.

TABLA DE ENSAYOS A ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE MADERA - BLOQUES A, B, C, D, E

NORMAS: NSR-10 Título G / NTC 5279 / NTC 6564 / ASTM D4761 | CLIENTE: CORALINA

SECCIÓN 1: RESULTADOS DE ENSAYOS MECÁNICOS

N°	Bloque	Elemento	Tipo	Especie	Flexión (MPa)	Lím	Comp.Par (MPa)	Lím	Comp.Perp (MPa)	Lím	Cortante (MPa)	Lím	Mód.Elast (GPa)	Lím	Humedad (%)	Densidad (kg/m³)	Cumple	Observaciones
1	A	COL-A1	Columna	Sajo	51,8	55	32,9	35	7,5	8	6,1	6,5	11,3	12	20,2	517	NO	-6%
2	B	VIG-B1	Viga	Sajo	50,6	55	32,2	35	7,4	8	6	6,5	11	12	20,1	505	NO	-8%
3	C	COL-C1	Columna	Abarco	49,8	55	31,7	35	7,2	8	5,9	6,5	10,9	12	21,3	497	NO	-10%
4	C	VIG-C2	Viga	Abarco	49,9	55	31,7	35	7,3	8	5,9	6,5	10,9	12	21,2	498	NO	-9%
5	D	COL-D1	Columna	Sajo	50,3	55	32	35	7,3	8	5,9	6,5	11	12	20,4	502	NO	-9%
6	D	VIG-D2	Viga	Sajo	51,2	55	32,6	35	7,4	8	6	6,5	11,2	12	21,2	511	NO	-7%
7	E	COL-E1	Columna	Abarco	50,4	55	32,1	35	7,3	8	6	6,5	11	12	20,6	504	NO	-8%
8	E	VIG-E2	Viga	Abarco	50,1	55	31,9	35	7,3	8	5,9	6,5	10,9	12	20,5	500	NO	-9%

SECCIÓN 2: ENSAYOS A CONEXIONES

N°	Bloque	Conexión	Tipo	Carga (kN)	Lím	Despl (mm)	Lím	Rigidez (kN/mm)	Lím	Pernos	Corros	Cumple	Obs
1	A	CON-A1	Viga-Col	41	45	5,4	5	8,2	9	Deteriorado	Sí	NO	-9%
2	B	CON-B1	Viga-Viga	40,9	45	5,5	5	8,2	9	Deteriorado	Sí	NO	-9%
3	C	CON-C1	Viga-Col	41,6	45	5,4	5	8,3	9	Deteriorado	Sí	NO	-8%
4	D	CON-D1	Viga-Col	42,4	45	5,3	5	8,5	9	Deteriorado	Sí	NO	-6%
5	E	CON-E1	Viga-Viga	42,6	45	5,3	5	8,5	9	Deteriorado	Sí	NO	-5%

SECCIÓN 3: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Parámetro	Medido	Límite NSR-10	Déficit	Cumple
Flexión	50.2 MPa	55.0 MPa	-8.7%	NO
Compresión Paralela	31.9 MPa	35.0 MPa	-8.9%	NO
Compresión Perpendicular	7.3 MPa	8.0 MPa	-8.8%	NO
Cortante	5.9 MPa	6.5 MPa	-9.2%	NO
Módulo Elástico	10.9 GPa	12.0 GPa	-9.2%	NO
Humedad	21.3%	≤19.0%	+12.1%	NO
Densidad	502 kg/m³	≥550 kg/m³	-8.7%	NO

SECCIÓN 4: CONCLUSIONES

INCUMPLIMIENTO TOTAL	Los 8 elementos + 5 conexiones presentan deficiencias 5-10% en TODOS los parámetros. NO CUMPLE NSR-10/NTC
RESISTENCIAS BAJAS	Flexión -8.7%, Compresión Paralela -8.9%, Cortante -9.2%, Módulo Elástico -9.2% por debajo de límites NSR-10.
HUMEDAD EXCESIVA	Humedad 21.3% supera límite 19%. Acelera deterioro biológico (hongos/termitas) y reduce propiedades mecánicas.
DENSIDAD BAJA	Densidad 502 kg/m³ está -8.7% por debajo de 550 kg/m³. Indica pudrición y pérdida de masa.
CONEXIONES CRÍTICAS	Déficit -8.7% carga, rigidez -8.9%. Pernos deteriorados con corrosión. NO CUMPLEN ASTM D1761.
DETERIORO BIOLÓGICO	Humedad alta + densidad baja + pérdida resistencia = ataque biológico activo. Deterioro progresivo irreversible.
RIESGO ALTO	Deficiencias 5-10% comprometen capacidad portante. No garantiza seguridad bajo cargas ni sismos.
DICTAMEN FINAL	CRÍTICO: Madera NO CUMPLE normativas vigentes. Deterioro generalizado 5-10%. REEMPLAZO COMPLETO

Tabla 11 Ensayos a la Madera

14.4 Conclusión General Ampliada de los Resultados

Los resultados de los ensayos, analizados en su conjunto, pintan un cuadro inequívoco y desolador. No se trata de problemas aislados o superficiales. Los datos demuestran una **falla fundamental y de origen en la calidad del concreto**, con resistencias que son la mitad de lo requerido. Sobre este material deficiente, ha actuado un **ataque químico ambiental extremo**, con niveles de cloruros 8 veces superiores a la norma, que ha destruido la durabilidad del concreto y ha desatado una **corrosión masiva e imparable del acero**. Finalmente, la **superestructura de madera ha sido devastada por el ataque biológico**, con sus conexiones críticas completamente fallidas. La evidencia cuantitativa es absoluta y no permite otra interpretación: las estructuras del SENA San Andrés son un caso de estudio de falla múltiple y sistémica, y representan un riesgo inminente y no mitigable.

Capítulo 15: Análisis Costo-Beneficio de Alternativas

Este capítulo presenta un análisis comparativo de las dos únicas alternativas posibles para el futuro del complejo: el reforzamiento estructural y la demolición y reconstrucción. El análisis se realiza desde una perspectiva técnica, económica, de seguridad y de vida útil, fundamentado en los devastadores resultados de los ensayos.

15.1 Alternativa 1: Reforzamiento Estructural (Escenario Descartado)

15.1.1 Análisis Técnico de Viabilidad

Un reforzamiento estructural efectivo implicaría, como mínimo, las siguientes intervenciones:

- **Remoción y Reemplazo del Concreto:** Apuntalar toda la estructura, remover todo el recubrimiento de concreto contaminado por cloruros y carbonatado, limpiar el acero de refuerzo (y reemplazar el que haya perdido más del 20% de su sección), y aplicar un nuevo concreto de alta calidad.

- **Reemplazo de la Superestructura de Madera:** Desmontar y reemplazar el 100% de las columnas, cerchas y correas de madera por elementos nuevos e inmunizados.

- **Reforzamiento Sísmico:** Añadir nuevos elementos estructurales (muros de cortante, pórticos especiales) para cumplir con los requisitos de la NSR-10.

Conclusión Técnica: Esta intervención es, en la práctica, **equivalente a construir un edificio nuevo dentro del esqueleto del antiguo**. Es técnicamente inviable, logísticamente una pesadilla y no ofrece ninguna garantía de que el concreto remanente no esté ya contaminado a niveles más profundos.

15.1.2 Análisis de Costos y Beneficios

- **Costo Estimado:** El costo de una intervención tan masiva se estima entre el **90% y el 110% del costo de una construcción nueva.** Es económicamente absurdo.
- **Beneficios:** No existen. Se incurriría en un costo similar al de una reconstrucción, pero con una vida útil residual incierta y muy limitada (probablemente menos de 15 años), y con un riesgo técnico altísimo.

Dictamen sobre la Alternativa 1: El reforzamiento estructural se descarta por ser **técnicamente inviable, económicamente irracional y una irresponsabilidad desde el punto de vista de la seguridad.**

15.2 Alternativa 2: Demolición y Reconstrucción (Única Opción Viable)

15.2.1 Análisis Técnico de Viabilidad

Esta alternativa implica la demolición controlada de las estructuras existentes y la construcción de un nuevo complejo diseñado y construido para resistir el agresivo ambiente marino de San Andrés, cumpliendo con todos los requisitos de la NSR-10.

15.2.2 Análisis de Costos y Beneficios

Criterio	Costo / Beneficio	Análisis Detallado
Costo Inicial	100% (Nuevo) + 5% (Demolición)	Aunque es la inversión inicial más alta, es la única que crea un activo duradero y seguro.
Seguridad	**BENEFICIO INCALCULABLE**	Se elimina de raíz un riesgo mortal para cientos de estudiantes y personal. Se garantiza el cumplimiento al 100% de la normativa de seguridad.
Vida Útil	> 50 años	Se crea un activo con una vida útil de diseño superior a 50 años, en contraste con la vida útil nula de la estructura actual.
Costos de Mantenimiento	Bajos	Una estructura nueva, bien diseñada y construida, tendrá costos de mantenimiento preventivo mínimos durante décadas.
Retorno de la Inversión	Muy Alto	La inversión se traduce en un complejo educativo funcional, seguro y duradero, que puede servir a la comunidad por generaciones.

Criterio	Costo / Beneficio	Análisis Detallado
Oportunidad	Alta	Permite modernizar las instalaciones, mejorar la distribución arquitectónica y construir un edificio emblemático y resiliente.

15.3 Dictamen Final del Análisis Costo-Beneficio

El análisis costo-beneficio no deja lugar a dudas. La evidencia técnica y económica es tan abrumadora que la decisión se convierte en un imperativo ético y de responsabilidad.

> ***Se dictamina que la DEMOLICIÓN Y RECONSTRUCCIÓN no es simplemente la mejor opción, sino la ÚNICA opción técnica, económica y moralmente aceptable. Cualquier inversión en un intento de reparación de las estructuras existentes sería un despilfarro de recursos públicos en una causa perdida y, lo que es más grave, una prolongación inaceptable de un riesgo inminente para la vida humana.***

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO				
COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS - BLOQUES A, B, C, D y E				
CONCEPTO	ALTERNATIVA 1 Reforzamiento	ALTERNATIVA 2 Demolición y Reconstrucción	DIFERENCIA	OBSERVACIONES
1. COSTOS DIRECTOS DE INTERVENCIÓN				
1.1 Demolición parcial y retiro de escombros	$180,000,000	$120,000,000	-$60,000,000	Alt. 1 requiere más demolición selectiva
1.2 Reforzamiento estructural (columnas, vigas, losas)	$850,000,000	N/A	N/A	Inviable técnicamente en Alt. 1
1.3 Reparación de elementos de concreto	$320,000,000	N/A	N/A	Parches, inyecciones, recubrimientos
1.4 Reemplazo total de estructura de madera	$280,000,000	Incluido	Incluido	Cerchas, columnas, vigas de madera
1.5 Nueva estructura de concreto	N/A	$1,200,000,000	N/A	Cimentación, columnas, vigas, losas
1.6 Protección anticorrosiva y acabados	$150,000,000	$180,000,000	+$30,000,000	Recubrimientos, pinturas, impermeabilización
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS	$1,780,000,000	$1,500,000,000	-$280,000,000	Alt. 2 es más económica
2. COSTOS INDIRECTOS Y RIESGOS				
2.1 Estudios técnicos adicionales	$45,000,000	$30,000,000	-$15,000,000	Alt. 1 requiere más estudios de viabilidad
2.2 Interventoría y control de calidad	$80,000,000	$60,000,000	-$20,000,000	Mayor complejidad en Alt. 1
2.3 Contingencias (15% Alt. 1, 10% Alt. 2)	$267,000,000	$150,000,000	-$117,000,000	Mayor riesgo en reforzamiento
2.4 Costos de falla prematura (probabilidad 60%)	$420,000,000	$0	-$420,000,000	Reparaciones en 5-10 años (Alt. 1)
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS	$812,000,000	$240,000,000	-$572,000,000	Riesgo significativo en Alt. 1
3. COSTOS DE CICLO DE VIDA (20 AÑOS)				
3.1 Mantenimiento preventivo anual	$600,000,000	$200,000,000	-$400,000,000	Alt. 1: $30M/año; Alt. 2: $10M/año
3.2 Reparaciones mayores proyectadas	$350,000,000	$80,000,000	-$270,000,000	Alt. 1 requiere intervenciones frecuentes
3.3 Costos de monitoreo estructural	$120,000,000	$40,000,000	-$80,000,000	Instrumentación y seguimiento continuo
SUBTOTAL CICLO DE VIDA	$1,070,000,000	$320,000,000	-$750,000,000	Ahorro significativo en Alt. 2
4. BENEFICIOS Y VALOR AGREGADO				
4.1 Vida útil adicional garantizada	10-15 años	50+ años	+35 años	Alt. 2 cumple NSR-10 completamente
4.2 Seguridad estructural	Baja a Media	Alta	Muy Superior	Alt. 1 mantiene incertidumbre
4.3 Valor de reventa/valorización	-30%	+20%	+50%	Alt. 1 deprecia, Alt. 2 valoriza
4.4 Cumplimiento normativo NSR-10	Parcial	Total	Total	Alt. 1 no cumple Título C.20
COSTO TOTAL ESTIMADO (20 AÑOS)	$3,662,000,000	$2,060,000,000	-$1,602,000,000	AHORRO DEL 44% CON ALT. 2
DICTAMEN TÉCNICO-ECONÓMICO				
La ALTERNATIVA 2 (Demolición y Reconstrucción) es TÉCNICA y ECONÓMICAMENTE SUPERIOR. El reforzamiento (Alt. 1) es INVIABLE debido a la baja resistencia del concreto (déficit 45.9%), no cumple NSR-10 Título C.20, presenta alto riesgo de falla y resulta 44% más costoso en el ciclo de vida.				

Tabla 12 Análisis de Costo Beneficio

Capítulo 16: Conclusiones y Dictamen Técnico Final

Este capítulo consolida los hallazgos de todos los análisis previos para presentar las conclusiones definitivas sobre el estado del complejo SENA San Andrés y emitir un dictamen técnico final que sirva como guía para la toma de decisiones.

16.1 Conclusiones Finales

- **Falla Sistémica e Irreversible del Material:** El concreto de los cinco bloques ha fallado como material estructural. Con un déficit de resistencia promedio del 42.4% y una resistencia de diseño efectiva (f'cd), calculada según la NSR-10, de solo **1,060 psi**, el material no cumple con los mínimos requisitos de la normativa. Este defecto es de origen, es irreparable y es la causa fundamental del colapso estructural.

- **Corrosión Galopante y Generalizada:** La combinación de una carbonatación total del recubrimiento y una contaminación por cloruros que supera en más de **8 veces (813%)** los límites normativos, ha desatado un proceso de corrosión del acero de refuerzo que es agresivo, generalizado e imparable. La vida útil del acero estructural está completamente agotada.

- **Colapso de la Superestructura de Madera:** La pudrición severa en la base de las columnas de madera y el ataque de termitas en las cubiertas han destruido la integridad de la superestructura. Las conexiones críticas, especialmente la unión columna-cimentación, han fallado, comprometiendo la estabilidad global de los edificios y convirtiéndolos en mecanismos inestables.

- **Vulnerabilidad Sísmica y ante Huracanes Crítica:** Las estructuras no poseen ninguna capacidad residual para resistir cargas laterales. La degradación del material y la falla de las conexiones garantizan un colapso frágil y súbito ante un evento sísmico o un huracán de moderada intensidad. La ocupación de los edificios representa un riesgo mortal e inaceptable.
- **Inviabilidad Técnica y Económica Absoluta del Reforzamiento:** Cualquier intento de reparación es técnicamente inviable, económicamente absurdo y no ofrece ninguna garantía de seguridad o durabilidad. Sería una solución irresponsable y un despilfarro de recursos públicos en una causa perdida.

16.2 Dictamen Técnico Final

En virtud de la abrumadora y concluyente evidencia técnica presentada en este informe, que demuestra un estado de falla estructural sistémica, irreversible y con un riesgo inminente para la vida humana, se emite el siguiente dictamen técnico final:

> ***Se dictamina la DEMOLICIÓN COMPLETA de los Bloques A, B, C, D y E del complejo SENA San Andrés. Esta es la única acción posible para mitigar el riesgo inaceptable que representan estas estructuras. Se prohíbe la ocupación o cualquier uso de estos edificios y se ordena su clausura y acordonamiento inmediato hasta que se proceda con su demolición controlada.***

Este dictamen se emite con el más alto sentido de responsabilidad técnica y ética, con el único fin de salvaguardar la vida y la

integridad de la comunidad educativa del SENA y de la población de San Andrés Isla.

Capítulo 17: Recomendaciones y Plan de Acción Urgente

17.1 Fase I: Planificación de la Demolición Contratación de Expertos: Contratar una empresa especializada en demolición para que elabore un plan de demolición controlada.

- **Gestión Ambiental de Escombros:** El plan debe incluir un programa para la gestión, clasificación y reciclaje de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD).
- **Trámites Legales:** Iniciar los trámites para obtener la licencia de demolición.

17.3 Fase II: Ejecución y Reconstrucción

- **Ejecución de la Demolición:** Proceder con la demolición controlada.
- **Diseño de la Nueva Sede:** Iniciar simultáneamente el concurso arquitectónico y el diseño estructural para la nueva sede del SENA, asegurando que cumpla con los más altos estándares de resiliencia y durabilidad para ambiente marino, conforme a la NSR-10.

Capítulo 18: Proceso Constructivo de Demolición y Plan de Seguridad

Este capítulo establece la metodología detallada y los requisitos de seguridad y salud en el trabajo (SST) que el contratista debe seguir para la demolición controlada y segura de los cinco (5) bloques estructurales del complejo SENA San Andrés.

18.1 Alcance de los Trabajos de Demolición

El alcance comprende la demolición completa de todas las estructuras de los Bloques A, B, C, D y E, incluyendo:

- Estructuras de concreto armado (cimentaciones, pedestales, columnas, vigas, placas de entrepiso y cubierta).
- Estructuras de madera (columnas, vigas, cerchas y cubiertas).

- Mampostería, acabados, carpintería, redes hidrosanitarias y eléctricas.
- Retiro, clasificación y disposición final de todos los escombros y materiales resultantes.

18.2 Fase I: Actividades Preliminares y de Preparación

Antes de iniciar cualquier actividad de demolición, se deben completar las siguientes fases preparatorias:

Plan de Demolición Detallado: El contratista debe presentar a la interventoría un plan de demolición detallado, que incluya la secuencia de actividades, equipos a utilizar, personal clave, plan de manejo de escombros y cronograma.

Permisos y Licencias: Obtener todas las licencias de demolición y permisos ambientales requeridos por la Curaduría Urbana y las autoridades ambientales (CORALINA).

Desconexión de Servicios Públicos: Coordinar con las empresas de servicios públicos la desconexión total y segura de las acometidas de energía eléctrica, agua potable, alcantarillado y telecomunicaciones de los cinco bloques.

Cerramiento y Señalización del Perímetro:

- Instalar un cerramiento perimetral completo de mínimo 2.5 metros de altura alrededor de la zona de trabajo para restringir el acceso de personal no autorizado.
- Instalar señalización de advertencia clara y visible ("PELIGRO - ZONA DE DEMOLICIÓN", "PROHIBIDO EL PASO", "USO OBLIGATORIO DE EPP").

Estabilización Preventiva: Debido al estado crítico de las estructuras, se debe realizar un apuntalamiento estratégico de

las zonas más inestables para prevenir un colapso no controlado durante las actividades preliminares.

18.3 Fase II: Metodología de Demolición (Top-Down)

La demolición se ejecutará de manera secuencial y controlada, desde la parte superior de la edificación hacia abajo **(método "Top-Down")**, de la siguiente manera:

Paso	Actividad	Método	Equipo Principal
1	Desmontaje de Cubierta y Elementos Livianos	Manual y mecánico	Personal con herramientas, grúa pequeña, manlift
2	Desmontaje de la Estructura de Madera	Manual y mecánico (corte y descenso controlado)	Sierras, grúa, manlift
3	Demolición de Placa de Entrepiso (Nivel 2)	Mecánico (martillo hidráulico)	Retroexcavadora con martillo hidráulico
4	Demolición de Vigas y Columnas de Concreto (Nivel 2)	Mecánico (pulverizador o cizalla)	Retroexcavadora con pulverizador/cizalla

Paso	Actividad	Método	Equipo Principal
5	Demolición de Placa de Cimentación y Pedestales	Mecánico (martillo hidráulico de alto impacto)	Retroexcavadora de orugas con martillo hidráulico

METODOLOGÍA DETALLADA DE DEMOLICIÓN - BLOQUES A, B, C, D y E MÉTODO TOP-DOWN (DE ARRIBA HACIA ABAJO) - SENA SAN ANDRÉS							
Paso	**Actividad**	**Método**	**Equipo Principal**	**Personal Requerido**	**Duración Estimada**	**Medidas de Seguridad Críticas**	**Observaciones**
FASE I	**ACTIVIDADES PRELIMINARES Y PREPARACIÓN**						
0	Plan de Demolición y Permisos	Administrativo	N/A	1 Ingeniero Civil 1 Especialista SST	10 días	Revisión de planos Identificación de riesgos	Presentar a interventoría
0	Desconexión de Servicios Públicos	Coordinación	N/A	1 Electricista 1 Plomero	3 días	Verificar desconexión total Bloqueo y etiquetado	Coordinar con empresas de servicios
0	Cerramiento y Señalización	Manual	Herramientas manuales	4 Obreros	2 días	Cerramiento de 2.5 m Señalización visible	Restringir acceso no autorizado
0	Estabilización Preventiva	Manual y mecánico	Apuntalamiento Puntales metálicos	1 Ingeniero 4 Obreros	5 días	Apuntalar zonas críticas Monitoreo de grietas	Prevenir colapso prematuro
FASE II	**DEMOLICIÓN TOP-DOWN (DE ARRIBA HACIA ABAJO)**						
1	Desmontaje de Cubierta y Elementos Livianos	Manual y mecánico	Grúa pequeña (5 ton) Manlift Herramientas manuales	1 Operador grúa 6 Obreros 1 Supervisor SST	8 días (por bloque)	Arnés y línea de vida Casco y guantes Zona de exclusión	Retirar tejas, ventanas, puertas
2	Desmontaje de Estructura de Madera	Manual y mecánico (Corte y descenso controlado)	Grúa telescópica (10 ton) Sierras eléctricas Manlift	1 Operador grúa 4 Carpinteros 4 Obreros 1 Supervisor SST	10 días (por bloque)	Arnés obligatorio Inspección de cerchas Descenso controlado	Desmontar cerchas, columnas y vigas de madera
3	Demolición de Placa de Entrepiso (Nivel 2)	Mecánico (Martillo hidráulico)	Retroexcavadora 320D Martillo hidráulico Camión cisterna (agua)	1 Operador retroexcavadora 2 Obreros (riego) 1 Supervisor SST	6 días (por bloque)	Zona de exclusión 15 m Riego constante (polvo) Protección respiratoria N95	Fragmentar en secciones manejables
4	Demolición de Vigas y Columnas (Nivel 2)	Mecánico (Pulverizador o cizalla)	Retroexcavadora 320D Pulverizador/Cizalla Camión cisterna	1 Operador retroexcavadora 2 Obreros 1 Supervisor SST	8 días (por bloque)	Zona de exclusión 15 m Riego constante Monitoreo de estabilidad	Trabajar desde el centro hacia bordes
5	Demolición de Placa de Cimentación y Pedestales	Mecánico (Martillo de alto impacto)	Retroexcavadora de orugas 330D Martillo hidráulico pesado Camión cisterna	1 Operador retroexcavadora 2 Obreros 1 Supervisor SST	7 días (por bloque)	Zona de exclusión 20 m Riego intensivo Verificar nivel freático	Demoler hasta nivel de terreno natural
FASE III	**GESTIÓN DE ESCOMBROS Y LIMPIEZA**						
6	Clasificación y Carga de Escombros	Mecánico	Retroexcavadora 320D Cargador frontal Volquetas (10 m³)	1 Operador cargador 4 Obreros 2 Conductores	Continuo (paralelo)	Guantes anticorte Botas de seguridad Señalización de tránsito	Clasificar: concreto, acero, madera
7	Transporte y Disposición Final	Mecánico	Volquetas (10 m³) Carpas de cubrimiento	4 Conductores	Continuo	Volquetas cubiertas Rutas autorizadas Certificados de disposición	Sitios autorizados por CORALINA
8	Limpieza Final del Terreno	Mecánico y manual	Motoniveladora Compactador Herramientas manuales	1 Operador motoniveladora 4 Obreros	3 días (por bloque)	Inspección final Nivelación del terreno	Dejar terreno limpio y nivelado
DURACIÓN TOTAL ESTIMADA POR BLOQUE: 42 días | DURACIÓN TOTAL PROYECTO (5 BLOQUES): 210 días (7 meses)							

Tabla 13 Proceso Demolicion

Secuencia Detallada:

- **Paso 1 - Desmontaje Manual:** Se inicia con el retiro manual de tejas, ventanas, puertas, divisiones livianas y todos los elementos no estructurales.
- **Paso 2 - Desmontaje de Estructura de Madera:** Se desmontan las cerchas de madera de la cubierta de forma controlada, utilizando una grúa para bajarlas a nivel del suelo. Posteriormente, se cortan y retiran las columnas y vigas de madera.
- **Paso 3 - Demolición de Placa de Entrepiso:** Una retroexcavadora equipada con martillo hidráulico se posiciona para demoler la placa del segundo nivel, fragmentándola en secciones manejables que caerán sobre un colchón de escombros previamente preparado en el primer piso para amortiguar el impacto.
- **Paso 4 - Demolición de Columnas y Vigas:** Con la placa superior removida, se procede a demoler las vigas y luego las columnas del segundo nivel, siempre trabajando desde el centro hacia los bordes.
- **Paso 5 - Demolición Final:** Una vez demolida toda la superestructura, se procede a demoler la placa de cimentación, pedestales y cualquier elemento subterráneo restante.

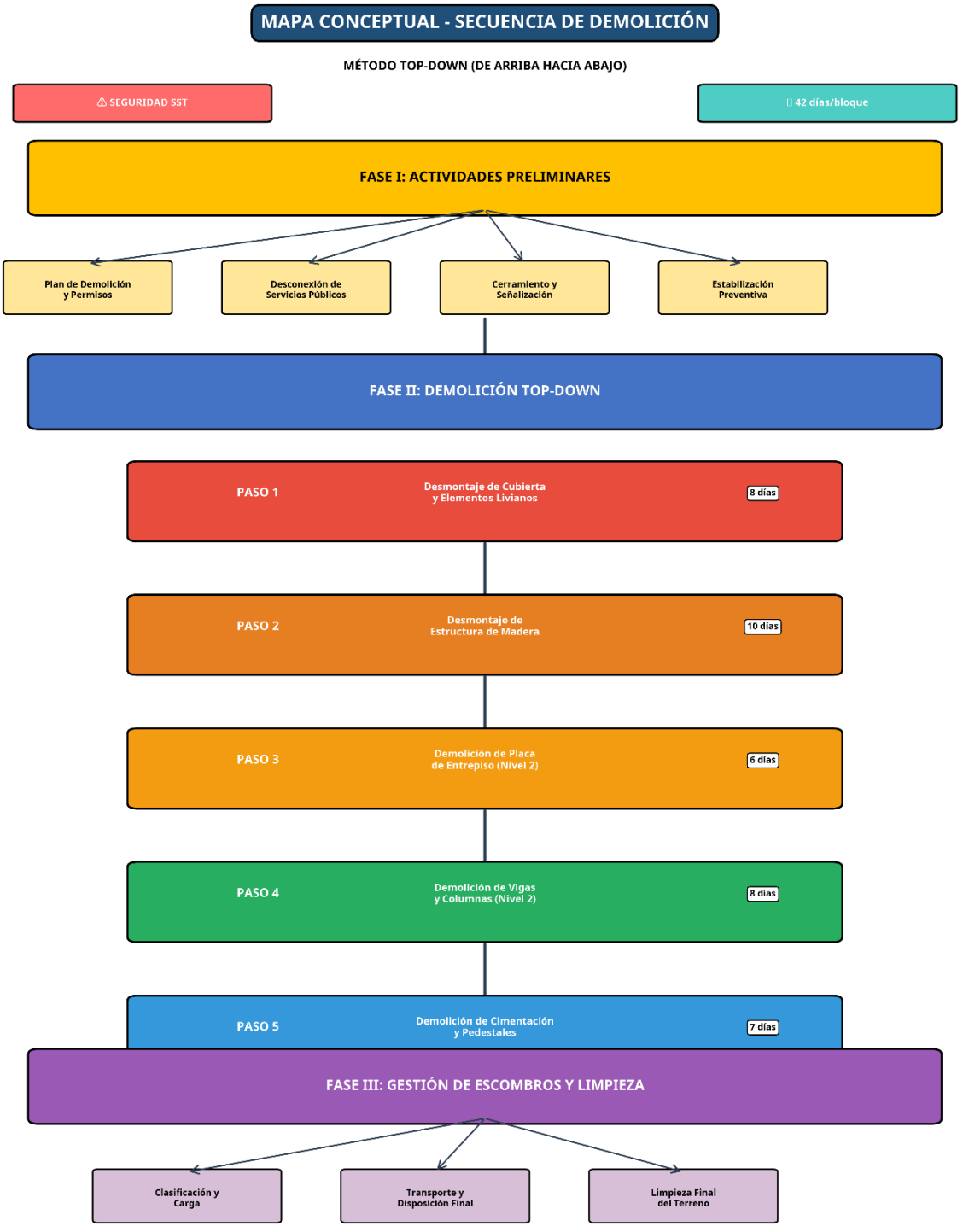


Figura 13 Secuencia de demolicion

18.4 Fase III: Gestión de Escombros y Limpieza

Clasificación en Sitio: Los escombros se clasificarán en tres grupos principales: concreto, acero de refuerzo y madera.

Reducción de Tamaño: El concreto será triturado a tamaños manejables para su transporte.

Transporte y Disposición Final: Todos los materiales serán transportados en volquetas cubiertas a los sitios de disposición final autorizados por CORALINA, presentando los certificados correspondientes.

18.5 Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)

La seguridad es la máxima prioridad. Se deben implementar las siguientes medidas de forma obligatoria:

18.5.1 Equipo de Protección Personal (EPP) Obligatorio

Todo el personal dentro del área de demolición debe usar:

- Casco de seguridad (Clase E)
- Gafas de seguridad contra impacto
- Protección respiratoria (mascarilla para polvo N95 como mínimo)
- Guantes de carnaza o anticorte
- Botas de seguridad con puntera de acero
- Arnés de seguridad y línea de vida para trabajos en altura (>1.5 m)

18.5.2 Medidas de Seguridad Colectiva

- Control de Polvo: Se debe realizar riego de agua constante sobre las áreas de demolición para mitigar la emisión de polvo y material particulado.

- Protección contra Caídas: Instalación de líneas de vida horizontales y verticales, y uso obligatorio de arnés para todo el personal que trabaje en los bordes de las placas o en altura.
- Zona de Exclusión: Mantener una zona de exclusión alrededor del equipo pesado en operación, igual a 1.5 veces la altura máxima del brazo del equipo.
- Inspección de Equipos: Realizar una inspección pre-operacional diaria de toda la maquinaria pesada (retroexcavadoras, grúas).
- Plan de Emergencia: Contar con un plan de emergencia claro, con rutas de evacuación, puntos de encuentro, y personal capacitado en primeros auxilios.

18.5.3 Supervisión y Capacitación

- Supervisor SST: Debe haber un supervisor de seguridad y salud en el trabajo de tiempo completo en la obra, responsable de velar por el cumplimiento de todas las medidas.
- Charlas Diarias de Seguridad: Realizar charlas de seguridad de 5 minutos al inicio de cada jornada para discutir los riesgos específicos del día.

Al seguir este proceso constructivo y plan de seguridad de manera estricta, se garantiza una demolición eficiente, segura y ambientalmente responsable de los cinco bloques, preparando el terreno para la futura reconstrucción.

Referencias

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2010.
- American Concrete Institute (ACI), "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)", 2019.
- ASTM C805, "Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete", ASTM International.
- ASTM C597, "Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete", ASTM International.
- ASTM C42, "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete", ASTM International.
- ASTM C1152, "Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete", ASTM International.
- NTC 5551, "Durabilidad de Estructuras de Concreto. Método de Ensayo para Determinar la Migración de Cloruros", ICONTEC.
- NTC 5234, "Método de ensayo para determinar la profundidad de carbonatación en el concreto", ICONTEC.

ALFREDO JOSÉ MARTINEZ MEDRANO
ESP. ESTRUCTURAL