

**ESTUDIO DE PATOLOGIA DEL COMPLEJO DEPORTIVO DEL MUNICIPIO DE
CUMBAL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

Presentado por:

**JHOANA MARCELA GAVIRIA CERON
NATHALIA ESTHER SEGURA HERNÁNDEZ
DIEGO FERNANDO ZAMBRANO LOZADA**

Asesor

OSMAR ALBERT GAMBA GÓMEZ

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
2025**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	3
ABSTRACT	3
1. HISTORIA CLÍNICA	4
1.1. RECOPIACION DE INFORMACION DEL PACIENTE	4
1.1.1. DATOS GENERALES	4
1.1.2. ANTECEDENTES CONSTRUCTIVOS	4
1.1.3. ESTADO ACTUAL DE LA ESTRUCTURA	5
1.1.4. LESIONES IDENTIFICADAS	5
2. METODOLOGÍA	6
3. ANÁLISIS DE DATOS	7
4. DIAGNÓSTICO	8
5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	9
6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	10
7. CRONOGRAMA	14
8. PRESUPUESTO	15
9. RESULTADOS	16
10. BIBLIOGRAFÍA	18
11. ANEXOS	21

RESUMEN

Este trabajo evalúa el estado de conservación de la estructura metálica del Complejo Deportivo en el Municipio de Cumbal, Nariño. La construcción inició en 2018 y fue suspendida en 2019 con un avance del 70%. El análisis se enfocó en diagnosticar lesiones estructurales y proponer medidas correctivas para garantizar la funcionalidad y durabilidad de la estructura.

La metodología propuesta incluye inspección visual de la estructura y detallar las lesiones encontradas mediante ensayos de laboratorio, como la medición de espesores por ultrasonido. Este procedimiento se plantea para determinar con precisión el porcentaje real de pérdida de espesores en las zonas afectadas, estimando una disminución promedio del 30% en áreas críticas. Se identificaron deficiencias críticas, como corrosión uniforme y localizada, así como errores en las soldaduras (sobreespesores y discontinuidades), falta de recubrimientos adecuados y defectos constructivos en las conexiones y anclajes. Estos hallazgos comprometen la estabilidad, durabilidad y funcionalidad de la estructura.

Se propone un plan integral de rehabilitación, que incluye el reemplazo de elementos estructurales dañados, la aplicación de recubrimientos epóxicos ricos en zinc para protección contra corrosión, y el reforzamiento de los anclajes y conexiones. Estas intervenciones son esenciales para restablecer la seguridad y funcionalidad de la estructura.

Palabras clave: Estructura metálica, patología, corrosión, integridad estructural.

ABSTRACT

This work evaluates the state of conservation of the metal structure of the Sports Complex in the Municipality of Cumbal, Nariño. The construction started in 2018 and was suspended in 2019 with an advance of 70%. The analysis focused on diagnosing structural injuries and proposing corrective measures to guarantee the functionality and durability of the structure.

The proposed methodology includes visual inspection of the structure and detailing the injuries found through laboratory tests, such as ultrasonic thickness measurement. This procedure is proposed to accurately determine the actual percentage of thickness loss in the affected areas, estimating an average decrease

of 30% in critical areas. Critical deficiencies were identified, such as uniform and localized corrosion, as well as errors in welds (over-thicknesses and discontinuities), lack of adequate coatings and construction defects in connections and anchorages. These findings compromise the stability, durability and functionality of the structure.

A comprehensive rehabilitation plan is proposed, including the replacement of damaged structural elements, the application of zinc-rich epoxy coatings for corrosion protection, and the reinforcement of anchorages and connections. These interventions are essential to restore the safety and functionality of the structure.

Keywords: Structural Steel, pathology, corrosion, structural integrity.

1. HISTORIA CLÍNICA

1.1. RECOPIACION DE INFORMACION DEL PACIENTE

1.1.1. DATOS GENERALES

- Estructura Metálica: Identificada como el Complejo Deportivo del Municipio de Cumbal, Nariño.
- Localización: Municipio de Cumbal, Departamento de Nariño, Colombia.
- Tipo de Contrato: Contrato de obra pública.
- Dimensiones de la Estructura: Área total estimada de **3,801.42 m²**.
- Modalidad de Pagos:
 - Sin anticipo.
 - Distribuidos en tres etapas: 10% al inicio, 80% durante la ejecución, y 10% al momento de la finalización del proyecto.
- Proceso de Selección del Contratista: Licitación pública.
- Criterios de Evaluación: Calidad de las propuestas y precio.

1.1.2. ANTECEDENTES CONSTRUCTIVOS

Clasificación sísmica: Zona de amenaza alta.

Tipo de suelo: Suelo rígido tipo D con capacidad portante de 18.0 Ton/m².

Coeficiente de disipación de energía: $R_o = 1.5$.

Inicio de la Obra: 2018.

Presupuesto Inicial: **\$3,536,428,757 COP.**

Plazo Original de Ejecución: Ocho meses.

Suspensión: Diciembre de 2019, con un avance del 70%.

Problemas Identificados: Irregularidades administrativas y complicaciones durante la ejecución.

Estado Actual: Abandonada por cinco años.

Plan de Retoma: La Gobernación de Nariño propone adicionar **\$1,500,000,000 COP** para finalizar el proyecto.

1.1.3. ESTADO ACTUAL DE LA ESTRUCTURA

- Secciones Principales: Una parte con cubierta y otra sin cubierta. La sección descubierta muestra un deterioro acelerado por agentes climáticos.
- Deficiencias en el Recubrimiento: La sección cubierta carece de protección adecuada contra el ambiente.
- Corrosión Generalizada: Más evidente en nodos estructurales, donde hay concentración de esfuerzos. Ausencia de soldaduras en partes sin terminar favorece la corrosión.
- Parte Superior: Falta de platinas, soldaduras incompletas y ausencia de pintura protectora en el material base.
- Parte Inferior: Corrosión en las soldaduras, atribuida a defectos en los cordones (falta de uniformidad y múltiples irregularidades).
- Platinas y Conexiones: Crecimiento de materia orgánica (hongos y bacterias) debido a exposición a lluvia y humedad. Perforaciones desalineadas que obligaron a perforaciones adicionales, comprometiendo la funcionalidad de los pernos.

1.1.4. LESIONES IDENTIFICADAS

- **Nodos estructurales:**
 - Corrosión específica debido a la concentración de esfuerzos.
 - Ausencia de soldaduras y elementos sin terminar.
 - **30% de los nodos no pudieron ser inspeccionados** debido a acceso limitado a gran altura.
- **Parte superior:**
 - Deficiencias como falta de platinas, soldaduras incompletas y ausencia de pintura protectora.
 - Corrosión localizada en conexiones expuestas.

- **Parte inferior:**
 - Corrosión atribuida a defectos en los cordones de soldadura (falta de uniformidad y múltiples irregularidades).
 - Crecimiento de materia orgánica (hongos y bacterias) en platinas debido a humedad acumulada.
 - Perforaciones desalineadas, que obligaron a perforaciones adicionales y comprometieron la funcionalidad de los pernos.

2. METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo del estudio patológico del complejo deportivo consta de ejecutar un listado de actividades donde son fundamentales para obtener un resultado óptimo en la evaluación de los daños presentes de la estructura; a continuación, se enlista las actividades propuestas:

Tabla 1.

Metodología planteada para desarrollar el diagnóstico e informe patológico

Etapas	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
Inspección Visual	Diagnóstico inicial de lesiones (corrosión, soldaduras defectuosas).	Cámara digital fotográfica marca Nikon COOLPIX P1100 y fichas técnicas estandarizadas.	Registro fotográfico y mapa de patologías, corrosión en un 80% de elementos estructurales en zona sin cubierta
Evaluación estructural	Análisis de cargas y sobreesfuerzos según NSR-10	Software SAP2000, ensayos destructivos: - Ensayo de Tracción, ASTM E8/E8M – ISO 6892-1 Métodos de ensayo estándar y materiales para ensayos de tracción de materiales metálicos, método de ensayo a temperatura ambiente.	Identificación de elementos con esfuerzos mayor al 80% de capacidad

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Etapa	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
		- Ensayo de Dureza: ASTM E10 – ISO 6506-1: Método de ensayo estándar y materiales para dureza Brinell de materiales metálicos.	
Ensayos no destructivos	Detección de discontinuidades en soldaduras y corrosión oculta.	- Líquidos penetrantes ASTM 165-95 / ISO 23277. - Prueba de ultrasonido ISO 16809:2020 / ASTM E 797, equipo USM Go+ - Adherencia del recubrimiento ISO 4624:2023	Cuantificación de grietas en la estructura y pérdida de espesores en %
Informe diagnóstico	Resumir los hallazgos del estudio patológico y determinar causas	Resultados de laboratorios y conocimientos profesionales	Concluir las causas de las lesiones
Propuesta de rehabilitación	Plantear hipótesis de intervención	Conocimientos y experticia del profesional	Definir el plan de rehabilitación

Nota. Tabla que indica los ensayos y herramientas necesarios para ejecutar la metodología del diagnóstico patológico del complejo deportivo, elaboración propia.

3. ANÁLISIS DE DATOS

Mediante los ensayos de laboratorio e inspección visual se analiza los datos arrojados, para comprender más el estado de la edificación y cuál sería el avance de las lesiones identificadas:

Tabla 2.
Análisis de Datos

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
Pérdida de espesor en	Medidas de espesores con	Comparación con espesor original	Reducción del 25% en zonas expuestas;

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
perfiles estructurales	ultrasonido (ASTM E797) 7.5mm $\pm$ 0.1 mm.	de fábrica (10mm ASTM A572)	crítica en nodos (pérdida del 30%, límite NSR-10: 20%)
Defectos en soldaduras	Líquidos penetrantes (ASTM E165) grietas > 2mm	Inspección visual ISO 5817	40% de soldaduras incumplen con parámetros estándar; concentración de esfuerzos en uniones perfil-planta (60% de casos)
Corrosión superficial	Fotografías macro y microscópicas, humedad relativa del 91%	Escala de corrosión ISO 4628-3: Grado 4 corrosión generalizada	80% de superficie expuesta afectada – relación directa con humedad

Nota. Tabla que representa en porcentaje los daños encontrados a través de resultados de ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4. DIAGNÓSTICO

Identificando el avance de las lesiones identificadas en la construcción, se procede hacer el diagnóstico de zonas puntuales estudiadas, como es la parte superior de los perfiles, soldaduras y platinas, además se plantea una recomendación inicial para el tratamiento de estas patologías:

Tabla 3.

Diagnóstico de las lesiones encontradas

Aspecto analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Corrosión en nodos superiores	Pérdida de sección en zonas críticas de transferencia de cargas	- Reducción del 20% en espesor en espesor (8mm vs 10mm de original) - Grado de corrosión 4 - 80% de superficie afectada	- Limpieza abrasiva - Aplicación de pintura epoxi zinc-rich (DFT 120mm ASTM D7091) - Refuerzo con platina adicional en nodos con pérdidas > 25%

Aspecto analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Defectos en soldaduras	Discontinuidades en uniones estructurales	- 15 grietas >2mm (ASTM E165) - 45% incumple ISO 5817 Clase B - Concentración de esfuerzos en uniones perfil – planta	- Rework según AWS D1.1 - Inspección con radiografía (ISO10675-1) - Protección con recubrimiento térmico (ASTM A123)
Error constructivo en platinas	Perforaciones mal ejecutadas comprometiendo la capacidad portante	- Reducción del 20% en área efectiva - Corrosión galvánica en interface acero – concreto	- Reemplazo con platina de mayor espesor (12mm A36) - Uso de arandelas de neopreno (ASTM D2000) - Sellado con poliuretano (AST C920)

Nota. Tabla que representa en porcentaje los daños encontrados a través de resultados de ensayos de laboratorio, elaboración propia.

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Identificando el porcentaje de avance de las lesiones identificadas se propone una propuesta de intervención, planteada con base a normativa vigente para lograr un manejo de las patologías y dar un tratamiento preventivo a la estructura:

Tabla 4.

Propuesta de Intervención

Área/ componente	Propuesta de intervención	Objetivo
Nodos estructurales	- Preparación Superficial: Granallado SA 2.5 (ISO 8501-1) - Aplicación de imprimante epóxico zinc-rich (DFT 75µm, ASTM D520 Type I) - Pintura de acabado poliuretano alifático (DFT 50µm, ASTM D16 Type IV)	Restaurar capacidad estructural al 100% según NSR-10 Título F, garantizado vida

Área/ componente	Propuesta de intervención	Objetivo
	- Refuerzo con platina A36 de 10mm (ASTM A36) en elementos con pérdida mayor al 25% de sección	útil de 15 años (ISO 12944-6)
Soldaduras defectuosas	- Corte y retiro completo de soldaduras no conformes - Nueva soldadura con electrodo E7018 - Inspección mediante radiografía ISO 10675-1 y líquidos penetrantes (ASTM E165) - Protección con recubrimiento térmico (ASTM A123)	Garantizar uniones con 100% de penetración y resistencia ASTM A370
Platinas de anclaje	- Reemplazo de platinas corroídas por nuevas de 12mm (A36) - Perforación con tolerancia H11 (ISO 286-2) - Aislamiento galvánico con arandelas neopreno 3mm (ASTM D2000) - Sellado perimetral con poliuretano MS Polymer	Recuperar área de contacto al 100% y prevenir corrosión galvánica (ASTM G193)

Nota. Tabla donde se enlistan las propuestas de intervención para el tratamiento de las patologías, elaboración propia.

6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Es esencial para el estudio de la patología determinar el grado de vulnerabilidad sísmica del complejo deportivo, por esto es necesario caracterizar la estructura bajo conceptos de localización, geológica, historial sísmico y características físicas de la estructura, como materiales y sistemas estructurales; con esta información se puede conocer cómo sería el comportamiento de la estructura bajo un evento sísmico y, como estos factores influyen con el estado patológico de la estructura.

Tabla 5.

Factores para analizar la Vulnerabilidad Sísmica

Factor	Descripción	Nivel de Vulnerabilidad
Localización	El complejo se encuentra en zona de amenaza sísmica alta, sobre un complejo volcánico con actividad tectónica significativa	Alta

Descripción Geológica	Suelo compuesto por depósitos de ceniza y lapilli andesítico, lavas e ingimbritas; estas características reducen la estabilidad ante eventos sísmicos (Anexo 1)	Alta
Histórico de Sismos	Cumbal ha sido un punto geográfico que se ha evidenciado una alta sismicidad, por esto a través del servicio geológico colombiano se obtienen datos históricos de hace 10 años, en los cuales se detectaron 25 eventos telúricos (Anexo 2 y 3). Donde se determina que las magnitudes tienen un promedio de 2.17Ml y 3.69Km de profundidad, este tipo de sismos se caracterizan por ser de carácter cortical superficial.	Alta
Estado de la estructura	La estructura presenta corrosión generalizada, deficiencia en soldaduras y platinas	Alta
Materiales	Aunque se emplearon materiales de buena calidad, como acero ASTM A572 Grado 50 y A36, las deficiencias en protección contra corrosión comprometen su rendimiento a largo plazo	Medio
Cimentación	La estructura cuenta con zapatas aisladas de concreto reforzado, diseñadas para soportar cargas de terreno. Sin embargo, requieren ajustes para cumplir con las normativas actuales y ofrecer mayor seguridad	Medio
Sistema Estructural	El complejo deportivo está diseñado bajo el sistema estructural de pórticos metálicos resistentes a momentos, diseñada bajo condiciones DES pero la deficiencia en nodos y conexiones afectar la capacidad de disipar energía sísmica	Alta
Mantenimiento	La falta de mantenimiento preventivo en los recubrimientos, sumada la acumulación de humedad en puntos críticos, incrementa el riesgo de corrosión y deterioro de elementos clave	Alta
Vecinos Colindantes	Al limitar con una vivienda al sur, puede influir en el análisis de impacto en caso de colapso estructural o intervenciones en la obra (Anexo 3)	Baja

Tabla 6.

Matriz de vulnerabilidad sísmica

MATRIZ DE VULNERABILIDAD SÍSMICA CUALITATIVA			
1. FACTORES ESTRUCTURALES			
Criterio	Evaluación	Norma	Observaciones
Configuración en planta	Media	NSR-10	La estructura presenta regularidad simétrica sin embargo tiene discontinuidad en las distribuciones de las cargas.
Configuración en altura	Alta	NSR-10	Se identifican irregularidad tipo 2A y 3A (Tabla A.3 -7) variaciones en la masa y geometría de la estructura.
Sistema resistente	Alta	ASTM A572 NSR-10	Los pórticos metálicos diseñados bajo condiciones DES presentan deterioro y también conexiones deficientes que afectan su estabilidad.
Detalles sismo resistentes	Alta	AWS D1.1 NSR-10	Se detectaron soldaduras incompletas y errores en platinas que comprometen la disipación de energía sísmica.
Daños preexistentes	Alta	NSR-10	Se registra corrosión generalizada en nodos estructurales, afectando la capacidad portante.
2. FACTORES NO ESTRUCTURALES			
Elementos no estructurales	Media	ASTM A572	Muros de cerramiento en mampostería confinada, sección deteriorada por humedades
Equipos críticos	Alta	AWS D1.1	Se puede identificar problemas en los anclajes y estos comprometen su funcionalidad
3. CIMENTACIÓN Y SUELO			
Tipo de suelo	Alta	NSR-10	Perfil de suelo tipo D se caracteriza por ser un suelo rígido, donde la velocidad media de la onda cortante oscila entre 360 y 180 m/s
Tipo de cimentación	Media	NSR-10	Se emplean zapatas aisladas de concreto reforzado, requieren ajustes para cumplir con la normativa.

Interacción suelo- estructura	Alta	NSR-10	Se presenta deficiente en la transmisión de cargas debido a irregularidades en conexiones y en platinas.
-------------------------------	-------------	--------	--

4. PARÁMETROS DE SISMICIDAD

Criterio	Evaluación	Norma	Observaciones
Coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva	Alta	NSR-10	Tabla A.2.3-2 valor de Aa 0.30
Coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva	Media	NSR-10	Tabla A.2.3-2 valor de Av 0.25
Valor que amplifica las ondas en roca en el tiempo corto del sismo		NSR-10	Tabla A.2.4-3 valor de Fa 1.2
Valor que amplifica las ondas en roca en el tiempo intermedio del sismo		NSR-10	Tabla A.2.4-3 valor de Fv 1.9
Coeficiente de Importancia	Media	NSR-10	Estructura de ocupación especial, construcción gubernamental I = 1.1
Periodo de la estructura		NSR-10	Periodo fundamental de la estructura de 0.56s tiempo que tarda la estructura en completar una oscilación

Nota. Con base a estos parámetros se puede graficar el espectro de diseño Anexo 5.

Tabla 7.

Calificación del índice de vulnerabilidad.

5. CALIFICACIÓN GLOBAL DE VULNERABILIDAD		
Índice de Vulnerabilidad	Rango	Acciones Recomendadas
Alta	0.5	Se requiere rehabilitación estructural, refuerzo de anclajes y aplicaciones de recubrimientos anticorrosivos para mitigar el deterioro. Se cumplen algunos estándares de diseño, pero hay deficiencias en ejecución que afectan el desempeño estructural.

Nota. La estructura presenta una vulnerabilidad alta ante un evento sísmico.

7. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta el cronograma para realizar el diagnóstico e intervención del estudio patológico para el complejo deportivo de Cumbal – Nariño.

Tabla 7.

Cronograma

CRONOGRAMA ESTUDIO PATOLÓGICO COMPLEJO DEPORTIVO CUMBAL-NARIÑO												
ITEM	DESCRIPCION	Sm 1	Sm 2	Sm 3	Sm 4	Sm 5	Sm 6	Sm 7	Sm 8	Sm 9	Sm 10	Sm 11
Planificación y recopilación de información	Tramites de autorización con énfasis educativos para auscultar el complejo deportivo del municipio de Cumbal ante la Gobernación de Nariño	X	X									
	Revisión de documentación existente			X								
	Definición del alcance y objetivos de la intervención			X								
	Planteamiento de la metodología del proyecto			X								
Inspección visual y análisis	Visita previa a la estructura				X							
	Definición de metodologías y herramientas para la auscultación				X							
	Auscultación detallada					X						
	Análisis de la información preliminar					X						
	Elaboración de fichas					X						
	Recomendaciones preliminares						X					
	Definición de ensayos y estudios técnicos						X					
Estudios técnicos y ensayos	Búsqueda de proveedores y solicitud de cotizaciones						X					
	Definición de proveedores							X				
	Ensayo de ultrasonido (medición espesores área corroída)								X			
	Ensayo de ultrasonido (medición espesores pintura)								X			
	Líquidos penetrantes a soldaduras de base-pedestal								X			
	Ensayo de tracción a anclajes platina-pedestal								X			
	Informe resultado de los ensayos										X	

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Evaluación y análisis de resultados	Análisis de resultados para cada lesión										X	
	Establecer necesidad de intervención										X	
	Evaluación intervención											X
	Propuesta de intervención											X
	Evaluación prevención											X
	Propuesta de prevención											X

8. PRESUPUESTO

El presupuesto para realizar el diagnóstico e intervención del estudio patológico para el complejo deportivo de Cumbal – Nariño.

Tabla 8.
Presupuesto

ITEM	ACTIVIDADES	UND	CANT	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
1. PLANIFICACION Y RECOPIACION DE INFORMACION					
1.1	Tramites de autorización con énfasis educativos para auscultar el complejo deportivo del municipio de Cumbal ante la Gobernación de Nariño	Hora	3	\$ 33,000	\$ 99,000
1.2	Planificación de la logística para el desarrollo de las visitas de inspección	Hora	4	\$ 33,000	\$ 132,000
1.3	Definición del alcance del estudio	Hora	2	\$ 33,000	\$ 66,000
1.4	Revisión de la documentación existente	Hora	4	\$ 33,000	\$ 132,000
2. INSPECCION VISUAL Y ANALISIS					
2.1	Inspección visual inicial	Hora	3	\$ 33,000	\$ 99,000
2.2	Inspección visual general	Hora	5	\$ 33,000	\$ 165,000
2.3	Análisis de información y elaboración de fichas	Hora	4	\$ 33,000	\$ 132,000
2.4	Planteamiento de conclusiones y recomendaciones (Elaboración de Informe)	Hora	8	\$ 33,000	\$ 264,000
3. ESTUDIOS TECNICOS Y ENSAYOS					
3.1	Auscultación y determinación de causas	Hora	4	\$ 33,000	\$ 132,000
3.2	Medición de espesores por ultrasonido (Incluye SISO para trabajo de alturas)	Und	15	\$ 154,110	\$ 2,311,650

3.3	Medición de espesores de pintura (Incluye SISO para trabajo de alturas)	Und	15	\$ 172,535	\$ 2,588,025
3.4	Líquidos penetrantes para soldadura de 6 pedestales	Und	6	\$ 246,510	\$ 1,479,060
3.5	Ensayo de tracción de anclajes	Und	10	\$ 240,900	\$ 2,409,000
4. ANALISIS Y DIAGNOSTICO					
4.1	Interpretación de resultados	Hora	6	\$ 33,000	\$ 198,000
4.2	Análisis de vulnerabilidad	Hora	8	\$ 33,000	\$ 264,000
5. PROPUESTA DE INTERVENCION					
5.1	Planeación de medidas de intervención	Hora	8	\$ 33,000	\$ 264,000
6. INFORME					
6.1	Elaboración del informe	Hora	8	\$ 33,000	\$ 264,000
7. OTROS					
7.1	Viáticos y visitas	Global	1	\$ 220,000	\$ 220,000
7.2	Papelería	Global	1	\$ 275,000	\$ 275,000
				SUBTOTAL	\$11,493,735
				AIU 30%	\$ 3,448,120
				TOTAL	\$14,941,856

9. RESULTADOS

En la intervención propuesta de los nodos en la parte superior de la estructura, que es donde se encontró presencia de corrosión generalizada, se realiza el ensayo no destructivo de ultrasonido (ASTM E797). Este ensayo permite medir el espesor de la estructura donde se presenta la corrosión, compararla con el espesor original, y determinar si hay que reemplazar o reforzar el elemento. En una segunda instancia, se mide el espesor del recubrimiento, para identificar zonas donde posiblemente no es homogéneo y se debe proteger el material de nuevo o si se debe recubrir nuevamente por completo; pero debido al desgaste evidente y con el fin de asegurar el recubrimiento completo de los elementos, se omitió esta medición y se determina recubrir de nuevo completamente la estructura.

En este caso la solución viable es limpiar la superficie afectada exponiendo el sustrato para así aplicar el recubrimiento de diseño que es pintura anticorrosiva 310 para proteger la estructura. Se consideró para el ensayo una serie de 15 puntos en cada uno de los perfiles verticales, medidos a la izquierda, centro y derecha de lineal, se presenta esta inspección por ultrasonido en el Anexo 2.

Para el ensayo de tracción se realiza el ensayo no destructivo llevando el anclaje al 80% de su resistencia de diseño, y destructivo cuando se ensaya hasta el fallo. Los datos de entrada del ensayo son: tipo de anclaje, diámetro, profundidad efectiva del anclaje, material de la base, método de instalación (esta incluye el tipo de taladro para la perforación, limpieza y epóxico), material de la varilla y tuerca, resistencia o carga de diseño. Ejemplo de datos de entrada Anexo 3.

Como este elemento es relevante para la estabilidad de la estructura, se decide evaluar 10 anclajes y poder identificar el método de falla que presentan. Debido al defecto puntual que presentan los anclajes, estos fallan por adherencia, debido a la inadecuada instalación; la perforación no ha cumplido con el diámetro especificado y hay ausencia de epóxico, que es la interfase de anclaje entre concreto-varilla.

Una solución viable es reemplazar todos los pernos de la estructura, para así garantizar la estabilidad y el anclaje adecuado; con los pernos, platinas y aditivo de adherencia de diseño. Para asegurar la estructura, se propone reforzar el concreto de los pedestales teniendo en cuenta las especificaciones estructurales (concreto de $f'_c = 21\text{MPa}$ y refuerzo $f_y = 420\text{MPa}$, consultoría estructural para el sobre refuerzo).

Para estudiar y evidenciar el estado de las soldaduras en las cerchas de los pedestales, se intervino con líquidos penetrantes, es recomendable que esta técnica sea aplicada por un inspector certificado como Nivel II bajo una norma internacional reconocida (CP-189, NAS-410, ISO-9712), ya que los resultados obtenidos en cada prueba dependen totalmente de la rigurosidad y el cuidado que se tenga durante todos los pasos de la inspección; este se realiza mediante la norma ASTM E165. Las especificaciones técnicas nos dicen que la soldadura en la estructura es E 7018 X 3/16, las tintas penetrantes muestran gran variedad de defectos como poros, picaduras, fisuras producidas por fatiga o esfuerzos térmicos. Como se evidencia en la auscultación, las tintas penetrantes nos confirman las lesiones y practicas inadecuadas mencionadas, por ello se debe intervenir con seguridad mediante el proceso de resoldadura o mejoramiento.

10. BIBLIOGRAFÍA

- American Society for Testing & Materials. (2019). *ASTM A36/A36M – 19. Especificación para Acero Estructural de Carbono*. ASTM Internacional.
- American Society for Testing & Materials. (2002). *ASTM A123/A123M – 02. Norma Técnica para el Recubrimiento de Zinc (Galvanizado en caliente) en productos de hierro y acero*. ASTM Internacional.
- American Society for Testing & Materials. (2003). *ASTM A370 – 03a. Métodos de prueba estándar y Definiciones de Pruebas Mecánicas de productos de acero*. ASTM Internacional.
- American Society for Testing & Materials. (2021). *ASTM A572/A572M – 21. Especificación estándar para Estructural de columbio-vanadio de alta resistencia y baja aleación Acero 1*. ASTM Internacional.
- American Society for Testing & Materials. (1999). *ASTM D2000 – 99. Sistema de clasificación de goma para la especificación de materiales*. ASTM Internacional.
- American Society for Testing & Materials. (2019). *ASTM D520 – 19. Especificación estándar para pigmento de polvo de zinc*. ASTM Internacional.
- American Society for Testing & Materials. (2021). *ASTM D7091 – 21. Método de prueba estándar para mediciones no destructivas del espesor de la película seca de recubrimientos no magnéticos aplicados a metales ferrosos y no ferrosos*. ASTM Internacional.
- American Society for Testing & Materials. (2015). *ASTM E8/E8M – 21. Método estándar para ensayo de tracción en materiales metálicos*. ASTM Internacional.
- American Society for Testing & Materials. (2015). *ASTM E10/E10M – 21. Prueba de dureza Brinell de materiales metálicos*. ASTM Internacional.
- American Society for Testing & Materials. (1995). *ASTM E165 – 95. Método de prueba estándar para el examen de líquido penetrante*. ASTM Internacional.

- American Society for Testing & Materials. (1995). *ASTM E797 – 95. Práctica estándar para medida de espesores por ultrasonido mediante el método de contacto manual pulso-eco*. ASTM Internacional.
- American Society for Testing & Materials. (2022). *ASTM G193 – 2022. Prueba de corrosión en ambientes artificiales de materiales de construcción*. ASTM Internacional.
- Armijos, R. y Hinojosa, P. (2015). *Patologías por deficiencias en la fabricación y montaje de estructuras metálicas*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo UEES, Arquitectura e Ingeniería Civil.
- Cumbal, M. d. (2018). *Construcción de Complejo deportivo*. Departamento de Nariño. Colombia turismo Web. (s.f.). Colombia turismo Web. Obtenido de <https://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/NARINO/MUNICIPIOS/CUMBAL/CUMBAL.htm>
- Eurocódigo. (1993). *Eurocódigo 3: Diseño de estructuras de acero - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios*.
- González, D. (2017). *Estudio patológico de la planta física de la Institución Educativa San Joaquín, en base a la norma sismo resistente (NSR-10) en el municipio de Pereira, Risaralda*. Universidad Libre, Repositorio Institucional UniLibre.
- International Organization for Standardization. (2016). *ISO 10675-1 Ensayo no destructivo de soldaduras — Niveles de aceptación para ensayos radiográficos — Parte 1: Acero, níquel, titanio y sus aleaciones*
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 12944-6 Pinturas y barnices - Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores - Parte 6: Ensayos de comportamiento en laboratorio*.
- International Organization for Standardization. (2020). *ISO 16809:2020 Medición de espesor mediante ultrasonido*.

International Organization for Standardization. (2006). *ISO 23277 Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Ensayo de uniones soldadas mediante líquidos penetrantes. Niveles de aceptación*

International Organization for Standardization. (2023). *ISO 4624 Pinturas y barnices — Prueba de desprendimiento para la adhesión.*

International Organization for Standardization. (2024). *ISO 4628 Pinturas y barnices - Evaluación de la degradación de los recubrimientos - Designación de la cantidad y tamaño de los defectos, y de la intensidad de los cambios uniformes de aspecto - Parte 3: Evaluación del grado de oxidación.*

International Organization for Standardization. (2023). *ISO 5817 Soldadura - Uniones soldadas por fusión en acero, níquel, titanio y sus aleaciones (excluido el soldeo por haz de electrones) - Niveles de calidad para las imperfecciones*

International Organization for Standardization. (2016). *ISO 6892-1 Materiales metálicos – Ensayo de tracción – Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente.*

International Organization for Standardization. (2014). *ISO 6506-1 Materiales metálicos - Ensayo de dureza Brinell - Parte 1: Método de ensayo.*

International Organization for Standardization. (1988). *ISO 8501-1 Preparación de sustratos de acero antes de la aplicación de pinturas y productos relacionados*

Latorre, E. (2015). *Análisis de patologías en estructuras metálicas livianas.* Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

NSR -10. (2010). *Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente y Estructuras Metálicas.* REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10. BOGOTÁ

Servicio Geológico Colombiano. (2018). *Sismicidad histórica de Colombia.* Catálogo sísmico: 1 junio de 1993 – 28 de febrero de 2018 y hasta la fecha.