

ESTUDIO PATOLÓGICO GRADERÍA NOR ORIENTAL ESTADIO MANUEL
CALLE LOMBANA - MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO META

PRESENTADO POR:

ING. MARÍA IGNACIA SATIZABAL PALACIOS
ING. ANDRÉS FERNANDO BENITO MOLINA
ING.DANIEL PARDO SANTANA

CATEDRÁTICO:

ARQUITECTO MAGÍSTER WALTER MAURICIO BARRETO CASTILLO



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
VILLAVICENCIO 2019

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
JUSTIFICACION	5
ALCANCE.....	6
METODOLOGIA.....	7
1. HISTORIA CLINICA	8
1.1 Responsables del Estudio	8
1.2 Autorizaciones	8
1.3 Datos Generales del Paciente	9
□ Aplicación patológica: Geriátrica.	13
□ Aspectos geotécnicos y sísmicos	13
1.4 Datos Generales del Entorno	16
1.4.1 Edificaciones u obras vecinas	16
1.4.2 Medio ambiente.....	17
1.5 Datos específicos del paciente	18
1.6 Aspectos Estructurales	22
1.7 Datos Específicos de Lesiones.....	23

1.7.1	Lesiones Físicas.....	24
1.7.1.1	Humedad por filtración y capilaridad	25
1.7.1.2	Suciedad	26
1.7.2	Lesiones Mecánicas.....	26
1.7.2.1	Desprendimiento	27
1.7.2.2	Fisuras	28
1.7.3	Lesiones Biológicas.....	28
1.7.3.1	Micro vegetación	28
1.7.3.2	Manchas	29
1.7.4	Lesiones Químicas.....	30
1.7.4.1	Eflorescencias.....	30
1.7.4.2	Oxidación	31
1.7.5	Lesiones Antropogénicas	32
1.7.6	Lesiones Indirectas	33
2.	ENSAYOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES	34
2.1	Exploración cimentación.....	35
2.2	Método Regata y Ferroskan	37
2.3	Método esclerométrico	37
2.4	Extracción de núcleos.....	39

2.5	Prueba de carbonatación.....	40
3.	DIAGNÓSTICO	41
4.	VULNERABILIDAD SISMICA	56
5.	PROPUESTA DE INTERVENCION	61
6.	CONCLUSIONES	66
7.	BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA.....	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Registro nivel freático	16
Tabla 2. Distribución de módulos	19
Tabla 3. Datos módulos para estudio	20
Tabla 4. Resultados ensayo de regata y ferrosan	37
Tabla 5. Resumen resultados ensayo de esclerometria.....	38
Tabla 6. Resultados ensayo de esclerometría– Elaboración año 2.018.....	39
Tabla 7. Resumen ensayo resistencia a la compresión	40
Tabla 8. Resumen resultados de Carbonatación.....	41
Tabla 9. Correlación resultados de Carbonatación y recubrimiento	45
Tabla 10. Comparación resultados ensayo resistencia a la compresión	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tribuna nororiental Estadio MACAL – Villavicencio.	2
Figura 2. Localización y sector alcance del estudio.....	6
Figura 3. Vista panorámica Estadio MACAL	10
Figura 4. Ubicación geográfica y espacial del Paciente	11
Figura 5. Sistema estructural pórticos y placa.....	12
Figura 6. Localización sondeos	14
Figura 7. Perfiles estratigráficos	14
Figura 8. Planimetría	17
Figura 9 Localización módulos	21
Figura 10. Esquema pórticos.....	22
Figura 11. Vista pórticos.....	23
Figura 12. Lesiones por filtración y capilaridad.....	25
Figura 13. Lesiones por Suciedad	26
Figura 14. Lesiones por desprendimiento	27
Figura 15. Lesiones por fisuras	28
Figura 16. Lesiones por micro vegetación.....	29
Figura 17. Lesiones por manchas	30

Figura 18. Lesiones por eflorescencia.....	31
Figura 19. Lesiones por oxidación.....	32
Figura 20. Lesiones Antropogénicas	33
Figura 21. Lesiones Indirectas.....	34
Figura 22. Resultados exploración cimentación	36
Figura 23. Módulos con mayor afectación de corrosión	46
Figura 24. Distribución columnas y vigas pórticos Módulo A.....	48
Figura 25. Esquema elementos estructurales Módulo A	49
Figura 26. Distribución columnas y vigas pórticos Módulo B.....	49
Figura 27. Esquema elementos estructurales Módulo B	50
Figura 28. Distribución columnas y vigas pórticos Módulo Q	50
Figura 29. Esquema elementos estructurales Módulo Q	51
Figura 30. Distribución columnas y vigas pórticos Módulo R	51
Figura 31. Esquema elementos estructurales Módulo R	52
Figura 32. Distribución columnas y vigas pórticos Módulo S.....	52
Figura 33. Esquema elementos estructurales Módulo S	53
Figura 34. Distribución columnas y vigas Módulo T	53
Figura 35. Esquema elementos estructurales Módulo T	54
Figura 36. Esquema de vulnerabilidad estructural.....	58

Figura 37. Esquema metodológico evaluación de vulnerabilidad preliminar	59
---	----

LISTA DE PLANOS

Plano 1. Levantamiento topográfico estadio Macal líneas para perfiles

Plano 2. Levantamiento con ejes

Plano 3. Planos módulos

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Autorización para realizar estudio patológico dado por Instituto de Recreación y Deporte del Meta.

Anexo 2. Autorización para utilizar información suministrada por la Agencia para la Infraestructura del Meta.

Anexo 3. Copia Escritura Pública

Anexo 4. Estudio geotécnico

Anexo 5. Fichas de auscultamiento módulos Q, R, S, T, A y B

Anexo 6. Ficha de auscultamiento Placa gradería

Anexo 7. Ensayo de regata y ferrosan

Anexo 8. Ensayo de Extracción de núcleos y carbonatación.

Anexo 9. Exploración de cimentación

Anexo 10. Ensayo de esclerometría

Anexo 11. Presupuesto oficial – Rehabilitación y reforzamiento estadio “Manuel Calle Lombana” – Villavicencio (Meta).

Anexo 12. Memorias de cálculo de cantidades de obra – Rehabilitación y reforzamiento estadio “Manuel Calle Lombana” – Villavicencio (Meta).

INTRODUCCION

El estadio Manuel Calle Lombana (Macal), llamado en sus inicios Bello Horizonte, está localizado en la ciudad de Villavicencio, tiene una capacidad de 15.000 espectadores, es sede del equipo Club Llaneros en la Primera B del fútbol rentado nacional, fue construido hace aproximadamente 45 años, durante este periodo de tiempo se le han realizado tres intervenciones, la última se realizó en el año 2012 que consistió en el cambio de la grama natural por sintética, instalación de silletería, limpieza general y pintura general.

En la actualidad, el estadio de Fútbol cuenta con un equipamiento poco adecuado para la práctica del fútbol, el atletismo e infraestructura acorde para el público en general, entre estas fallencias tenemos un deterioro físico de casi toda la estructura del escenario, la cual ya está terminando su vida útil por el paso de los años, se evidencian una serie de lesiones de tipo patológico como: fisuras, humedades, exposición de acero, desprendimiento, etc., por tanto resulta importante realizar este estudio patológico, con el fin de brindar un diagnóstico del estado del mismo y plantear soluciones a nivel estructural que permitan mejorar las condiciones de este, aportando sostenibilidad y posible perduración de la misma, para determinar las causas que originan dichas lesiones y poder determinar el estado actual y las acciones a seguir.

En este estudio se presentará un informe de las patologías existentes en la estructura de la tribuna nororiental del estadio (Figura 1.), causas y localización, así como fichas técnicas de cada una de ellas y finalmente se presentará un diagnóstico con las intervenciones a realizar como solución a los problemas que presentan actualmente la estructura.



Figura 1. Tribuna nororiental Estadio MACAL – Villavicencio.
Fuente: El autor

OBJETIVO GENERAL

Realizar el Estudio Patológico de la tribuna nororiental del estadio Manuel Calle Lombana de la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las diferentes lesiones presentes en los elementos estructurales que soportan las graderías y en los elementos no estructurales que se encuentran ubicados en el sector nororiental del estadio.
- Elaborar un diagnóstico del origen de las posibles patologías que se presentan en el sector de estudio y definir el nivel de prioridad que requiere el paciente de realizar una intervención para conservar las condiciones de funcionalidad y seguridad.
- Proponer dos alternativas de intervención para su recuperación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La infraestructura del estadio Manuel Calle Lombana (MACAL) se construyó en el año de 1970, hoy día, se evidencia un deterioro significativo en toda la instalación deportiva, especialmente en su infraestructura, de manera predominante en el sector de la tribuna nororiental, donde se observa la presencia de lesiones en los pórticos y en las placas de las graderías, causadas por la exposición constante a la intemperie, falta de mantenimiento preventivo y correctivo y posibles fallas en el proceso constructivo.

Entre las lesiones más relevantes que se identifican en este sector del escenario deportivo, se encuentran: fisuras, humedades, suciedades y corrosión, siendo esta condición un riesgo latente para la comunidad villavicense que asiste a los diferentes eventos deportivos que allí se realizan, además de reflejar una imagen negativa de la región, por las pésimas condiciones estéticas en que se encuentra.

JUSTIFICACION

Villavicencio y su área metropolitana, no posee otro escenario como el Macal, donde se puedan realizar las actividades deportivas, culturales y artísticas regionales o del nivel nacional, motivo por el cual, la mayoría de las veces se ven en la necesidad de no organizar eventos o definitivamente cancelarlos, debido a la problemática que presenta el estadio, con todas sus lesiones y la falta de adaptación o acondicionamiento a la normatividad vigente en Colombia, hecho que afecta no solo los aspectos deportivo, artístico y cultural de Villavicencio, sino también la parte económica y turística de la región.

El estadio Macal, en la actualidad solo puede albergar a menos de la mitad de la capacidad de espectadores para la cual fue concebida, los cuales al llegar a su parte externa y luego ingresar, reciben como primera impresión desagrado y al observar más de cerca las lesiones presentes, se pasa a un estado de inseguridad y preocupación por no saber realmente si el estadio está construido cumpliendo las normas técnicas que permitan realmente encontrarse seguros y soportar a los espectadores.

ALCANCE

Este estudio se realiza a la estructura que conforma las graderías, ubicadas en el costado nor oriental del estadio, incluyendo las placas de gradería y elementos no estructurales como muros en mampostería, en una longitud aproximada de 140 m, compuestos por 30 pórticos que soportan las losas de la gradería.

Con este estudio se busca examinar e identificar las diferentes lesiones que presentan este sector y las causas que las ha generado, una propuesta de intervención adecuada y relacionada al uso y servicio social que presta el paciente.

La información recolectada en este proceso investigativo será incluida en el presente documento de acuerdo al avance y recolección de datos, incluyendo los anexos que dan prueba de los procesos de investigación llevados a cabo en el presente estudio

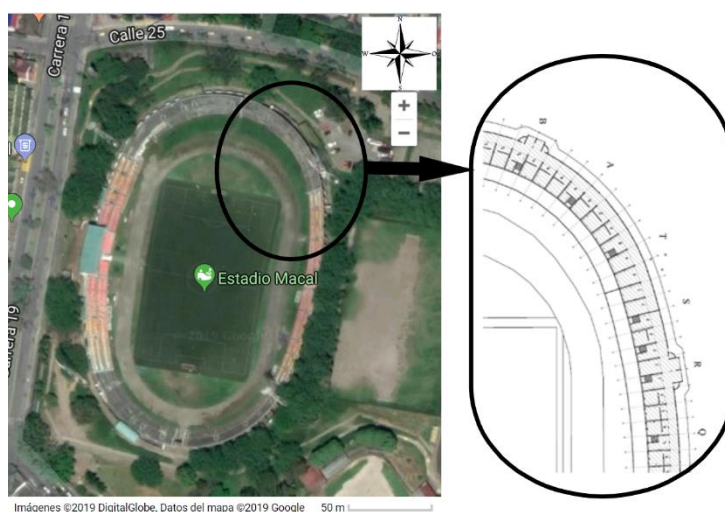


Figura 2. Localización y sector alcance del estudio

Fuente: Imagen Google y Planos suministrados por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

METODOLOGIA

La metodología se realiza en tres fases: En la primera fase se busca adquirir el conocimiento previo de la edificación, mediante la recolección de información existente, realización de la inspección visual respaldada por registro fotográfico con su respectiva descripción, ensayos de laboratorios y análisis de resultados.

En la segunda fase se realiza una correlación entre los datos tomados de la inspección visual, la información recopilada y los ensayos de laboratorio, con el fin de generar un diagnóstico de las condiciones en que se encuentra la edificación.

Por último, se plantean dos soluciones de intervención en función de los daños encontrados y sus características, que incluyan un cronograma y presupuesto para cada caso.

- Rehabilitación y Reforzamiento de la estructura existente.
- Demolición y construcción de un nuevo escenario deportivo.

1. HISTORIA CLINICA

1.1 Responsables del Estudio

El equipo responsable de la realización de este estudio patológico está conformado por profesionales en ingeniería civil, los cuales aportan los diferentes conocimientos profesionales, experiencias de campo laboral y los conocimientos adquiridos en la especialización Patología de la Construcción.

El equipo está conformado por:

Profesión	Nombres y Apellidos	No. Matricula Profesional
Ingeniero Civil	María Ignacia Satizábal Palacios	19202-70488CAU
Ingeniero Civil	Daniel Pardo Santana	25202-61393CND
Ingeniero Civil	Andrés Fernando Benito Molina	25202-321416CND

1.2 Autorizaciones

Para la realización de este estudio patológico se contó con la aprobación para el ingreso a las instalaciones del estadio del Director del Instituto Departamental de Deporte y Recreación del Meta (IDERMETA), entidad encargada de su operación, igualmente se contó con el aporte de información (planos de levantamiento topográfico,

ensayos de laboratorios, estudio geotécnico) y autorización para su utilización en este estudio por parte de la Agencia de Infraestructura del Meta, entidad adscrita a la Gobernación del Meta.

1.3 Datos Generales del Paciente

El estadio Manuel Calle Lombana “Macal”, de la ciudad de Villavicencio, se construyó aproximadamente en el año 1970, con una capacidad para 15.000 espectadores, pero en la actualidad solo está habilitado para 8.000 espectadores, debido a que la tribuna oriental presenta deterioro físico en su estructura debido a los diferentes tipos lesiones presentes, que no dan seguridad a la hora de habilitar el escenario para algún evento.

Este escenario ha sido sede de los XII Juegos Nacionales Villavicencio 1985 y actualmente del equipo Llaneros FC, en la Primera B del Fútbol rentado nacional, se le han realizado 3 adecuaciones, ya que inicialmente esta construcción no contaba con reforzamiento estructural, la primera en el año 2000, que consistió en reformas estructurales de la tribuna occidental, en el año 2003, con una inversión cercana a los 3.000 millones de pesos, se continuo con el reforzamiento y adecuación de la estructura de las tribunas norte, sur y oriental y la tercera en el año 2012 con un presupuesto cercano a los 4.200 millones de pesos, la cual contemplo actividades como: Cambio de silletería, instalación de grama sintética, cambio de mallas de

protección, limpieza general y pintura de graderías, restauración de camerinos local, visitante, árbitros y cabinas de comunicación.



Figura 3. Vista panorámica Estadio MACAL
Fuente: Imágenes Google

Localización:

El estadio Macal se encuentra ubicado en la región de la Orinoquia, departamento del Meta, municipio de Villavicencio, ciudad que dista a 86 km desde la ciudad de Bogotá, con una población de 452.472 habitantes y una extensión de 1.328 km².

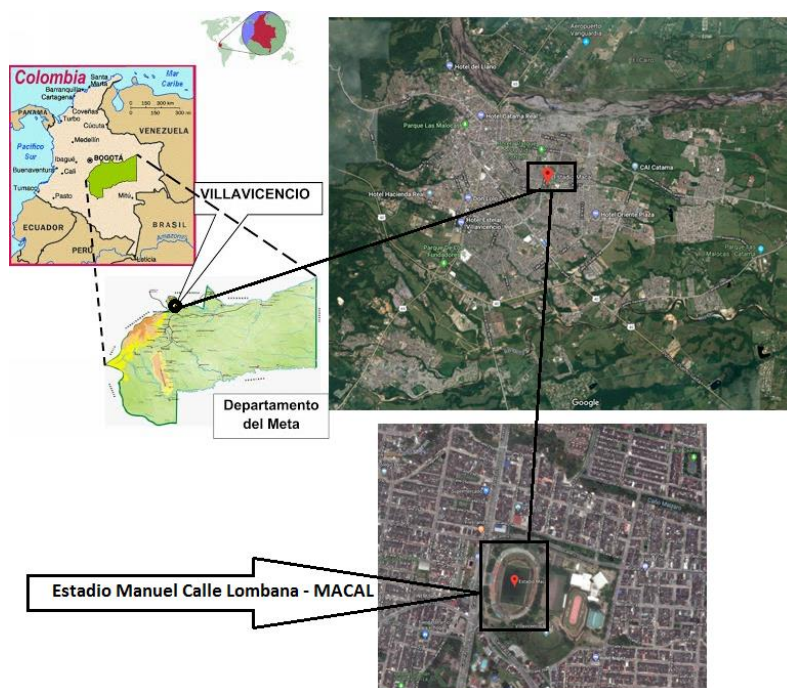


Figura 4. Ubicación geográfica y espacial del Paciente
Fuente: Imagen de Google

❖ **Dirección:** Carrera 19 o Avenida Circunvalar entre Avenida Maracos y calle 25 o Vía que conduce al Barrio Popular.

❖ **Coordenadas:**

- Latitud Norte: 4°8'21"
- Longitud Oeste de Greenwich: 73°37'9"

❖ **Propietario:** Departamento del Meta.

- ❖ **Operador:** Instituto de Deporte y Recreación del Meta, IDERMETA – Gobernación del Meta.
- ❖ **Uso actual y previsto:** Actualmente la edificación se utiliza para prácticas deportivas y culturales, el propósito de este estudio es adecuarla para que siga prestando este servicio.
- ❖ **Fecha de construcción:** Inicio su construcción aproximadamente en el año 1970.
- ❖ **Sistema Constructivo:** Para su construcción se utilizó el sistema constructivo tradicional (manual).
- ❖ **Sistema estructural:** Pórticos en concreto reforzado, muros en mampostería (ladrillo macizo), las placas de las graderías son losas macizas en concreto reforzado.



Figura 5. Sistema estructural pórticos y placa
Fuente: Autor

❖ **Normatividad Vigente:** Como la construcción se realizó antes de 1984, en su génesis no había una norma que le aplicara y debido a que actualmente rige la norma NSR – 10, se debe encontrar desactualizada respecto a esta.

❖ **Aplicación patológica:** Geriátrica.

❖ **Aspectos geotécnicos y sísmicos**

Se cuenta con el estudio geotécnico elaborado por la empresa NHSQ INGENIERIA en el año 2014 a solicitud de la Gobernación del Meta, del cual se extrae información para la realización de este estudio, teniendo en cuenta que las condiciones del terreno no han variado en estos cuatro años.

El estudio se realizó a partir de cinco (5) sondeos (Ver figura 6), los cuales proporcionan datos del Perfil estratigráfico, Clasificación del suelo, niveles freáticos, entre otros.

Estos estudios geotécnicos del año 2014, se validan para el año 2018, debido a que fue realizada por una firma competente y de reconocida experiencia en la región y en el país, esta empresa tiene sistema de calidad vigente, los trabajos se realizaron in situ como se puede verificar en las actas y los informes realizados con fotografías de los hechos, los parámetros del terreno del estadio macal no han cambiado desde el año 2014 a la fecha, tampoco en su entorno, el terreno del estadio macal no presenta

riesgos por inestabilidad, inundación, nivel freático alto, erosión potencial del terreno, etc.



Figura 6. Localización sondeos
Fuente: Datos localización informe Geotécnico – Gobernación Meta

Perfil estratigráfico

En el área de estudio se encuentran los siguientes perfiles estratigráficos.

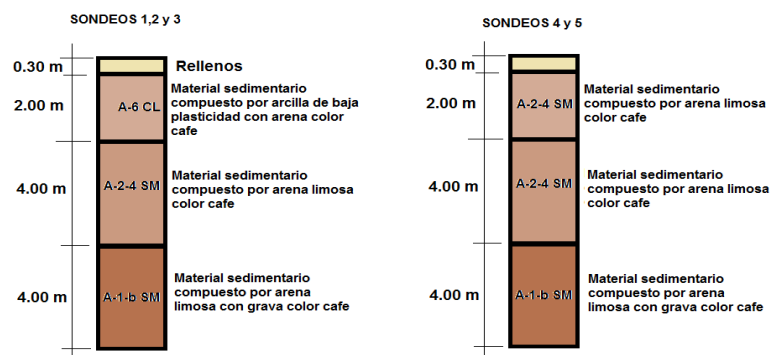


Figura 7. Perfiles estratigráficos
Fuente: Informe Geotécnico – Gobernación Meta

Clasificación del suelo:

De acuerdo a los datos del estudio geotécnico y según el artículo A.2.4.4 de la NSR-10, el perfil de suelo se clasifica como tipo D.

Condiciones Sísmicas:

El municipio de Villavicencio se encuentra catalogado como zona de sismicidad alta, según las Normas Colombianas de Diseño y Construcción NSR 10 apéndice A 4, con los siguientes coeficientes:

$$A_A = 0.35$$

$$A_v = 0.30$$

$$A_e = 0.20$$

$$A_d = 0.07$$

Esta edificación se clasifica como Grupo II- Estructuras de ocupación especial, y el coeficiente de importancia I es 1.10.

Nivel freático

El nivel freático para esta ubicación se encuentra ubicado a 7.50 m de profundidad (Ver Tabla 1), lo cual nos indica que, debido a la naturaleza del terreno, la cimentación del paciente no es susceptible a afectaciones considerables por empujes hidrostáticos y/o subpresiones sobre la misma.

Tabla 1. Registro nivel freático

SONDEO 1	NIVEL FREATICO (m)
S1	7.50
S2	-----
S3	-----
S4	-----
S5	-----

Fuente: Estudio geotécnico suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta

1.4 Datos Generales del Entorno

1.4.1 Edificaciones u obras vecinas

El estadio Macal, tiene los siguientes colindantes directos:

- Norte: Vía Publica Calle 24B, Barrio Dos Mil
- Oriente: Complejo Deportivo Villa Olímpica
- Sur: Vía Publica Carrera 18
- Occidente: Avenida Circunvalar

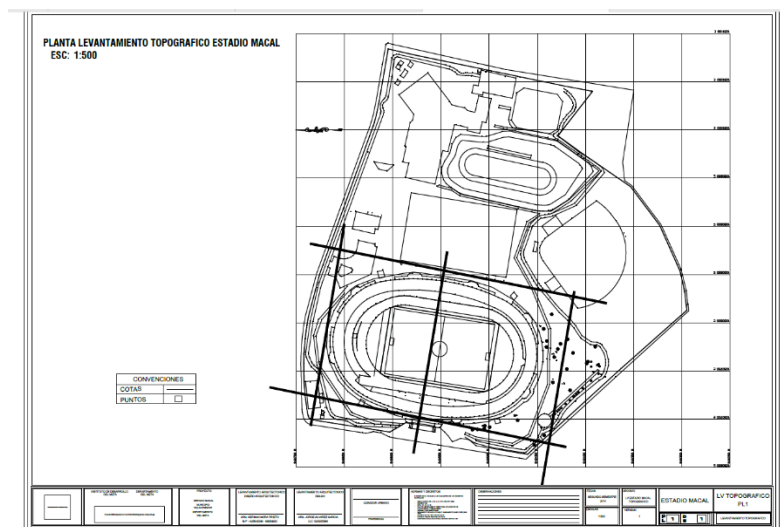


Figura 8. Planimetría

Fuente: Planos suministrados Agencia de Infraestructura del Meta

1.4.2 Medio ambiente

- **Clima, Temperatura y Humedad**

El clima en la ciudad de Villavicencio se clasifica en cálido – muy húmedo, el promedio de lluvia total anual es de 4383 mm, su temperatura promedio es de 25.5°C, la temperatura máxima media oscila entre 28 y 32°C y la mínima entre 20 y 22°C.

La humedad relativa el aire oscila durante el año entre 67 y 83%, siendo mayor en los meses de junio y julio y menor en el primer trimestre del año.

- **Contaminación**

De acuerdo al último estudio realizado por la corporación autónoma regional CORMACARENA, Villavicencio tiene como principal foco de contaminación los generados por proceso de combustión de los motores de vehículos (carros y motos especialmente), de algunas empresas vinculadas al sector molinero y de cementeras, además del polvo que levanta el viento o los automotores en vías sin pavimentar, generando polución de partículas que se suspenden en el aire y posteriormente con las lluvias y vientos son depositados en los elementos exteriores de las construcciones.

1.5 Datos específicos del paciente

➤ Conformación de la Estructura

El paciente se encuentra distribuido en 20 Módulos, denominados por una letra del abecedario de la A hasta la T, cada uno de ellos compuestos por una cantidad diferentes de pórticos, tal como se relaciona a continuación:

Tabla 2. Distribución de módulos

No.	Modulo	No. pórticos	Tribuna
1	A	5	NORTE
2	B	5	
3	C	8	
4	D	8	
5	E	14	OCCIDENTAL
6	F	18	
7	G	8	
8	H	7	SUR
9	I	4	
10	J	4	
11	K	5	
12	L	5	
13	M	5	ORIENTAL
14	N	5	
15	O	5	
16	P	5	
17	Q	5	
18	R	5	
19	S	5	
20	T	5	NORTE

Para la realización de este estudio se tomaron los módulos Q, R, S, T, A y B, los cuales tienen las siguientes características:

Tabla 3. Datos módulos para estudio

Modulo	Longitud total modulo (m)	Porticos	Longitud pórtico (m)
Q	17.7	65-65'	6,65
		66-66'	6,81
		67-67'	6,81
		68-68'	6,65
		69-69'	6,80
R	17.82	69'-69'	6,79
		70-70'	6,79
		71-71'	6,79
		72-72'	6,78
		73-73'	6,77
S	17.74	73-73'	6,77
		74-74'	6,77
		75-75'	6,77
		76-76'	6,77
		77-77'	6,77
T	20.19	77-77'	6,77
		78-78'	6,82
		79-79'	6,82
		80-80'	6,77
		81-81'	6,77
A	20.92	81-81'	6,77
		82-82'	6,77
		83-83'	6,77
		84-84'	6,77
		85-85'	6,61
B	19.42	85-85'	6,61
		86-86'	6,77
		87-87'	6,77
		88-88'	6,76
		89-89'	6,77

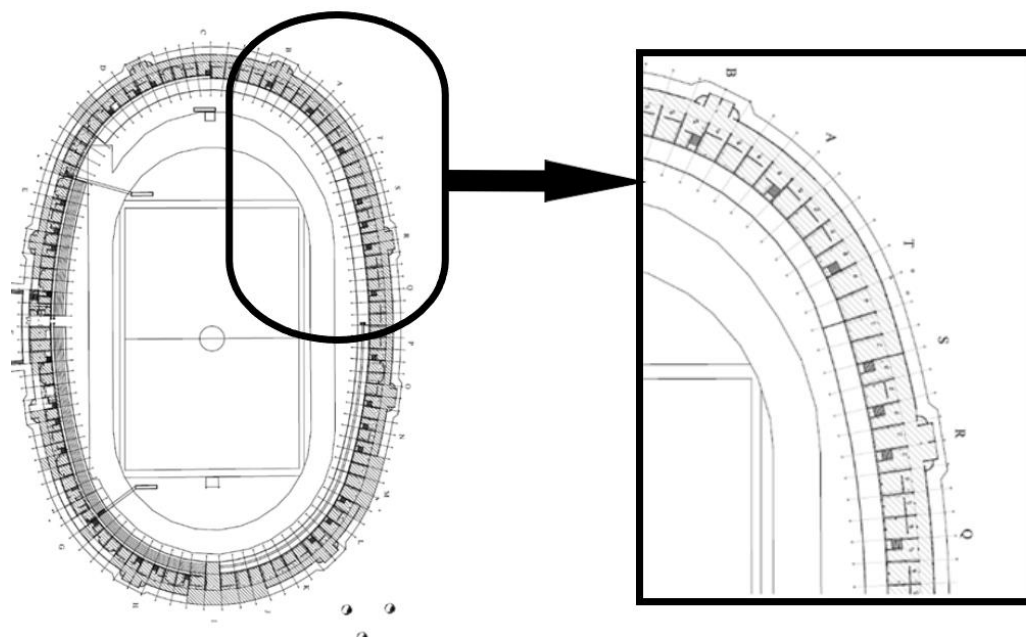


Figura 9 Localización módulos
Fuente: Autor

➤ Tipo de Información Existente

La construcción cuenta con planos y ensayos de laboratorios realizados en el año 2014, los cuales fueron suministrados por la Agencia para la Infraestructura del Meta, son:

Plano topográfico

Plano de levantamiento de ejes

Plano de módulos

Estudio geotécnico

Ensayos de regata y ferrosacan

Ensayo de extracción de núcleos

Exploración de cimentación

Ensayo de esclerometría

1.6 Aspectos Estructurales

La estructura está conformada principalmente por módulos conformados de 5 pórticos de hormigón armados apoyados en zapatas aisladas, ubicados con una separación de aproximadamente 5.00 m.

La viga aérea (VA) tiene el borde superior escalonado con el fin de sostener las placas de gradería de la tribuna.

En la estructura se observan muros en mampostería, los cuales en algunos sectores han sido demolidos.

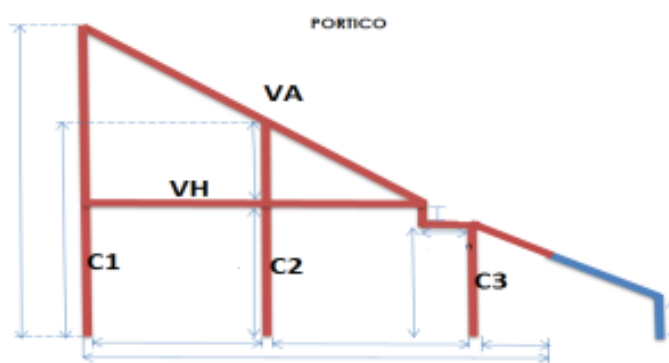


Figura 10. Esquema pórticos
Fuente: Ensayos laboratorio suministrado AIM



Figura 11. Vista pórticos
Fuente: Autor

1.7 Datos Específicos de Lesiones

Se realizó una inspección detallada por cada uno de los módulos que conforman el sector en estudio, identificando las diferentes lesiones que afectan la estructura, las cuales se registraron en las respectivas fichas de auscultamiento¹ y que se encuentran en los anexos del proyecto y que son parte integral del documento.

La distribución y construcción de la ficha se realizó a partir de varios modelos teniendo en cuenta la información requerida para la realización del estudio.

La ficha contiene la siguiente información:

- Información general del paciente

¹ Ver anexos 5 y 6 Fichas de auscultamiento

- Ubicación, incluye planos, esquemas y registro fotográfico.
- Descripción, donde se especifica la sección o sector al que corresponde la ficha, tipo de lesiones encontradas, clasificación y ubicación.
- Causas
- Hipótesis sobre la causa
- Estudios a realizar
- Diagnostico
- Propuesta de intervención
- Alcance de la propuesta
- Riesgos

Las principales lesiones identificadas e ilustradas en las fichas de auscultamiento son:

- Lesiones físicas: Humedad por filtración y capilaridad, Suciedad.
- Lesiones mecánicas: Desprendimientos y fisuras.
- Lesiones biológicas: Micro vegetación y manchas.
- Lesiones Químicas: Eflorescencias y oxidación
- Lesiones Antropogénicas.
- Lesiones indirectas

1.7.1 Lesiones Físicas

1.7.1.1 Humedad por filtración y capilaridad

Las lesiones por filtración se presentan generalmente en las vigas aéreas, mampostería localizada entre la viga aérea y la horizontal y las localizadas debajo de las placas de graderías, la mayoría son originadas por la filtración del agua pluvial proveniente de la parte superior de las graderías, debido a las perforaciones realizadas para instalación de la silletería.

Las lesiones por capilaridad se manifiestan en la parte inferior de los muros y columnas, ya que el agua pluvial o freática, asciende por estos, alcanzando una altura aproximada entre 30 – 50 cm, aunque en algunos casos puede ser superior.

En todos los módulos evaluados se presenta esta afectación, con mayor proporción en el módulo A.



Figura 12. Lesiones por filtración y capilaridad
Fuente: Autor

1.7.1.2 Suciedad

Las lesiones por suciedad que se presentan en los elementos estructurales y no estructurales son causados por los depositos de particulas contenidas en el aire que entran en contacto con las zonas afectadas por la humedad.



Figura 13. Lesiones por Suciedad
Fuente: Autor

1.7.2 Lesiones Mecánicas

1.7.2.1 Desprendimiento

Esta lesión se presenta principalmente en las vigas y columnas, ocasionadas por la falta de adherencia y humedad por filtración.

La falta de adherencia se presenta en el mortero aplicado para recubrimiento y embellecimiento de vigas y columnas.



Figura 14. Lesiones por desprendimiento
Fuente: Autor

1.7.2.2 Fisuras

Se presentan en muy baja proporción, principalmente aparecen en algunos elementos de mampostería y en unos pequeños sectores de las placas de graderías.



Figura 15. Lesiones por fisuras
Fuente: Autor

1.7.3 Lesiones Biológicas

1.7.3.1 Micro vegetación

Se identifican lesiones de este tipo generadas por la humedad y falta de mantenimiento, se observa proliferación de micro vegetación como plantas, mohos y hongos en las estructuras y mampostería.



Figura 16. Lesiones por micro vegetación
Fuente: Autor

1.7.3.2 Manchas

Estas lesiones se presentan en la parte inferior de las placas de gradería, en la mampostería y en los elementos estructurales.



Figura 17. Lesiones por manchas
Fuente: Autor

1.7.4 Lesiones Químicas

1.7.4.1 Eflorescencias

Esta lesión se presenta en la mampostería, la mayoría de estos elementos presentan esta condición.

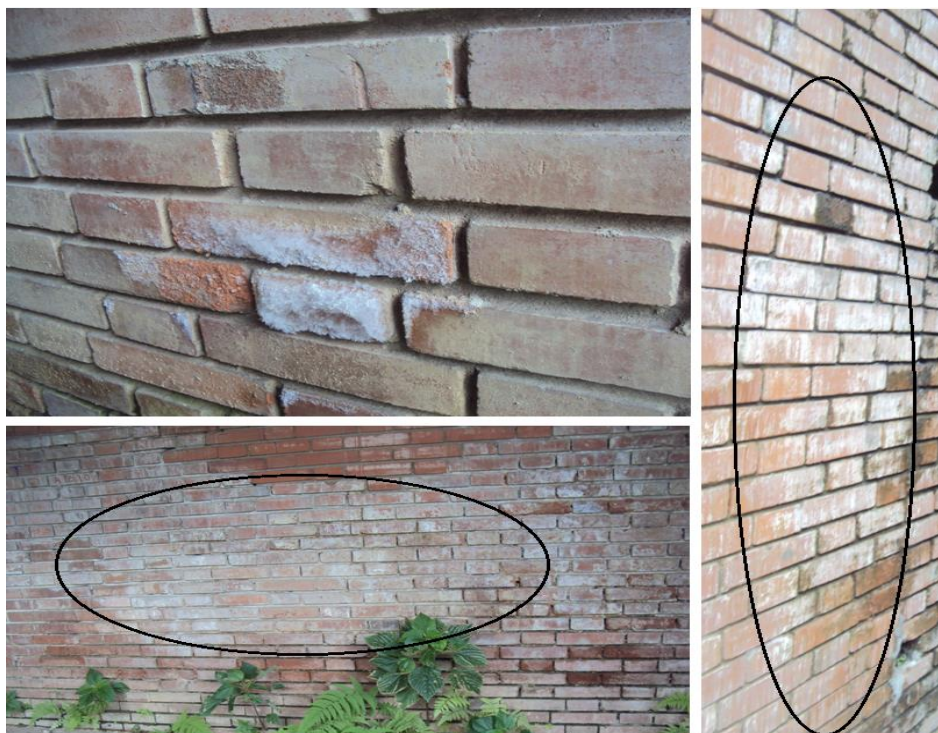


Figura 18. Lesiones por eflorescencia
Fuente: Autor

1.7.4.2 Oxidación

En los módulos inspeccionados no se detectan tantas lesiones por oxidación, las más representativas se encuentran en la viga horizontal del eje 81-81' del módulo A y en la parte inferior de las placas de las graderías.



Figura 19. Lesiones por oxidación
Fuente: Autor

1.7.5 Lesiones Antropogénicas

En el paciente se identifican tres tipos pertenecientes a estas lesiones:

- ✓ Perforaciones en las placas de gradería: Realizadas con broca y taladro para la fijación de las sillas plásticas, produciendo desprendimiento del concreto y paso del agua y provocando la corrosión de los aceros.

- ✓ Picaduras en vigas y columnas: Originadas por mala técnica empleada en el proceso de demolición.
- ✓ Perforaciones en columnas y vigas: Resultado de la extracción de núcleos para pruebas de resistencia a la compresión y que no fueron sellados.



Figura 20. Lesiones Antropogénicas
Fuente: Autor

1.7.6 Lesiones Indirectas

Se identifican lesiones causadas por los malos procesos constructivos, entre ellos se encuentran: Ubicación de ductos para instalaciones eléctricas en las columnas, falta de

recubrimiento de elementos estructurales como vigas, deformaciones por mala colocación de la formaleta.



Figura 21. Lesiones Indirectas
Fuente: Autor

2. ENSAYOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Para determinar las posibles causas de las lesiones sobre los elementos de la estructura se cuenta con ensayos realizados por la Gobernación del Meta en el año 2014 y que fueron suministrados para la realización de este estudio patológico por la

Agencia de Infraestructura del Meta, entidad encargada de gestionar y administrar los recursos mediante la construcción de obras de infraestructura en el departamento del Meta.

Cabe resaltar que, para validar los resultados realizados a la estructura en el año 2014, se realizaron nuevos ensayos no destructivos como la de esclerometría para confrontar y correlacionar con los ensayos existentes, dando como resultado que los resultados encontrados en el año 2014, se encuentran acordes con los resultados de la esclerometría realizada en la actualidad.

Entre los ensayos con que se cuenta para el estudio se tienen:

2.1 Exploración cimentación

Con los resultados de estos ensayos se tiene que en general la cimentación corresponde a zapatas aisladas de dos secciones, una de 3.00m x 1.70 m para columnas dobles y de 1.50m x 1.70m para columnas individuales, los dos tipos con un espesor de 0.30 m.

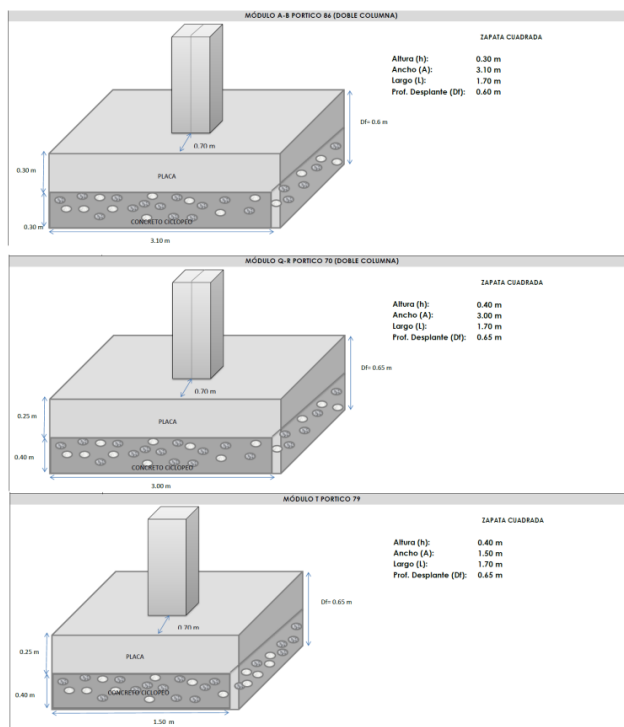


Figura 22. Resultados exploración cimentación

Fuente: Ensayos laboratorios suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

La información suministrada por la Gobernación del Meta referente al suelo del terreno, fue utilizada en el estudio patológico debido a que el paciente no cuenta con lesiones tales como asentamientos diferenciales lo cual nos indica que el terreno en cierto sentido está siendo lo suficientemente constante para soportar las solicitaciones aportadas por el estadio; Adicionalmente en el periodo de estudio del paciente y considerando las condiciones climatológicas (fuertes lluvias) el terreno no presento inundaciones en las zonas próximas al estadio, siendo así un factor de buen comportamiento frente a las condiciones del suelo con el paciente.

2.2 Método Regata y Ferrosan

De los resultados de estos ensayos, se determina que los pórticos presentan homogeneidad en su estructura.

Tabla 4. Resultados ensayo de regata y ferrosan

Descripción	Dimensión (cm)	Ø Varilla (pulg)	Cantidad varillas (und)	Distancia entre varillas (cm)			Ø Flejes (pulg)	Distancia entre flejes (cm)		Recubrimiento (cm)	
				Frontal	Posterior			extremos	Centrales	Frontal	Posterior
Modulo A (Ejes 82-86)											
Columnas	20 x 30	1/2	6	14	8	8	1/4	10	17	3	2,6
Viga Horizontal	25 x 41	3/8	4		32		3/8	20	40	4	2,5
Viga Aérea	30 x 30	1/2	4	25	25		1/4	15	20	2	3
Modulo B(Ejes 86 – 90)											
Columnas	30 x 30	1/2	6	25	12	13	3/8	10	17	2,5	3
Viga Horizontal	25 x 41	3/8	4	1	32		3/8	20	40	2	2,5
Modulo Q (Ejes 66 – 70)											
Columnas	30 x 30	1/2	6	24	12		3/8	12	12	3,5	2,5
Viga Horizontal	25 x 41	3/8	4	34	19		1/4	20	47	3,5	2,5
Modulo R (Ejes 70-74)											
Columnas	30 x 30	3/4	6	24	12		3/8	10	14	2,5	3,5
Viga Aérea	30 x 30	1/2	4	24	24		3/8	15	20	3	3
Modulo S (Ejes 74-78)											
Columnas	30 x 30	3/4	6	24	12		3/8	10	14	2,5	3,5
Viga Horizontal	25 x 42	3/8	4	35	19		3/8	20	43	2,5	2,5
Modulo T(Ejes 78-82)											
Columnas	30 x 30	1/2	6	24	12		3/8	13	13	2,5	3
Viga Horizontal	25 x 42	3/8	4	35	19		1/4	20	40	2,5	3

Fuente: Ensayos laboratorios suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

2.3 Método esclerométrico

De los ensayos realizados según norma NTC 3692 por la Gobernación del Meta en el año 2014, se tienen los siguientes resultados, los cuales validan los resultados del 2014.

Tabla 5. Resumen resultados ensayo de esclerometria

MODULO	ELEMENTO	DESCRIPCION	POSIBLE RESISTENCIA DE DISEÑO (MPa)	RESISTENCIA ESTIMADA (MPa)	PROMEDIO DE RESISTENCIA (MPa)
A	VH	Viga horizontal	20,68	17,72	17,60
	C1	Columna 1		17,72	
	VA	Viga Aérea		18,71	
	C3	Columna 3		16,25	
B	VA	Viga Aérea	20,68	21,67	20,93
	C2	Columna 2		20,68	
	VH	Viga Horizontal		20,68	
	C3	Columna 3		20,68	
Q	VH	Viga Horizontal	20,68	27,57	26,10
	C1	Columna 1		27,57	
	C2	Columna 2		24,62	
	VA	Viga Aérea		24,62	
R	VA	Viga Aérea	20,68	21,67	21,17
	C1	Columna 1		20,68	
	VH	Viga Horizontal		21,67	
	C2	Columna 2		20,68	
S	C1	Columna 1	20,68	24,62	22,84
	VA	Viga Aérea		21,67	
	VH	Viga Horizontal		21,67	
	C2	Columna 2		23,44	
T	VA	Viga Aérea	20,68	16,25	15,90
	C1	Columna 1		15,56	
	VH	Viga Horizontal		15,56	
	C2	Columna 2		16,25	

Fuente: Datos tomados de los ensayos laboratorios suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

Del ensayo realizado para este estudio por INGEGAR INGENIERIA S.A.S (2018), se obtienen los siguientes datos, los cuales sirven para identificar la relación de variación frente a los ensayos realizados por la Gobernación del Meta y validación de los resultados obtenidos en el año 2014.

Tabla 6. Resultados ensayo de esclerometría– Elaboración año 2.018

MODULO	ELEMENTO	DESCRIPCION	POSIBLE RESISTENCIA DE DISEÑO (MPa)	RESISTENCIA ESTIMADA (MPa)	PROMEDIO DE RESISTENCIA (MPa)
A (81-85)	C1	Columna 1	20,68	27,04	27,06
	C2	Columna 2		27,10	
B (85-89)	C1	Columna 1	20,68	23,42	25,33
	C2	Columna 1		27,23	
Q (65-69)	C1	Columna 1	20,68	29,86	29,86
R (69-73)	C1	Columna 1	20,68	32,72	33,30
	C2	Columna 2		29,66	
	VH	Viga Horizontal		37,52	
S (73-77)	C1	Columna 1	20,68	27,89	30,85
	C2	Columna 2		33,81	
T (77-81)	C1	Columna 1	20,68	26,11	26,28
	C2	Columna 2		26,44	

Fuente: Datos tomados de los ensayos laboratorios *INGEGAR INGENIERIA S.A.S*

2.4 Extracción de núcleos

De acuerdo a la información suministrada el ensayo se realizó según norma NTC 3658 para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas y la norma INV E-410-07 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

El paciente presenta lesiones causadas por la práctica de un mal procedimiento en la realización del ensayo de extracción de núcleos, los vacíos que quedaron después

del retiro de la muestra no se sellaron, lo que afecta estructuralmente al paciente, razón por la cual la importancia de realizar estos ensayos lo menos posible.

De estos ensayos se tiene los siguientes resultados.

Tabla 7. Resumen ensayo resistencia a la compresión

MODULO	ELEMENTO	DESCRIPCION	POSIBLE RESISTENCIA DE DISEÑO (MPa)	RESISTENCIA ESTIMADA (MPa)	PROMEDIO DE RESISTENCIA (MPa)
A	VH	Viga horizontal	20,68	16,08	16,07
	C1	Columna 1		15,85	
	VA	Viga Aérea		16,29	
B	VH	Viga Horizontal	20,68	18,00	17,96
	VA	Viga Aérea		17,92	
	C2	Columna 2		17,97	
Q	VH	Viga Horizontal	20,68	23,25	22,87
	C1	Columna 1		22,48	
	C2	Columna 2		22,89	
R	VA	Viga Aérea	20,68	35,97	32,98
	VH	Viga Horizontal		31,12	
	C1	Columna 1		31,84	
S	C1	Columna 1	20,68	22,17	22,09
	C2	Columna 2		21,80	
	VH	Viga Horizontal		21,31	
T	VH	Viga Horizontal	20,68	21,28	21,39
	VA	Viga Aérea		21,87	
	C3	Columna 3		21,02	

Fuente: Ensayos laboratorios suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

2.5 Prueba de carbonatación

De acuerdo a la información suministrada este ensayo se realizó según norma UNE 112-011-1997 y se hizo sobre los núcleos que se extrajeron para el ensayo de resistencia, los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 8. Resumen resultados de Carbonatación

MODULO	ELEMENTO	DESCRIPCION	PROFUNDIDAD DE CARBONATACION (mm)
A	VH	Viga horizontal	40
	C1	Columna 1	35
	VA	Viga Aérea	35
B	VH	Viga Horizontal	20
	VA	Viga Aérea	20
	C2	Columna 2	20
Q	VH	Viga Horizontal	10
	C1	Columna 1	10
	C2	Columna 2	10
R	VA	Viga Aérea	35
	VH	Viga Horizontal	35
	C1	Columna 1	35
S	C1	Columna 1	35
	C2	Columna 2	35
	VH	Viga Horizontal	35
T	VH	Viga Horizontal	40
	VA	Viga Aérea	40
	C3	Columna 3	40

Fuente: Ensayos laboratorios suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

3. DIAGNÓSTICO

Analizados los antecedentes constructivos del paciente y realizada la observación visual in situ de las diferentes lesiones encontradas, conjuntamente con los ensayos de laboratorios pertinentes, se realizan las siguientes consideraciones:

Se encuentra un paciente con múltiples lesiones orientadas principalmente hacia los elementos estructurales; dichas lesiones que presenta el paciente en sus diferentes estructuras obedecen tanto a causas directas como a causas indirectas, por lo que se

analizaron cada una de ellas con el fin de establecer su origen y así realizar una propuesta de intervención, que permita solucionar de raíz el origen de las lesiones.

Teniendo en cuenta que las causas directas son aquellas acciones que dan origen a los procesos patológicos iniciando por la degradación de los materiales (Broto, 2005), en el paciente se identificaron lesiones físicas, mecánicas, biológicas y antropogénicas, las cuales están afectando los pórticos estructurales.

Es de especial cuidado para tener en cuenta el nivel de afectación del acero de refuerzo en los distintos elementos estructurales y así mismo los sobre esfuerzos generados sobre las placas de gradería y los muros de mampostería en bloque macizo.

Se identifica como principal causa directa de las lesiones identificadas en estructura la humedad por filtración, la cual se genera y se avanza progresivamente debido a las perforaciones realizadas en las placas de concreto de las graderías para la fijación de las sillas plásticas, afectando a los elementos de los Pórticos y la mampostería.

Como consecuencia de la humedad presente en los diferentes elementos de la construcción, se encuentra presencia de corrosión de los aceros y aparición de organismos vegetales, los cuales atacan y degradan los materiales.

En relación a las causas indirectas estas se originan por factores inherentes a las unidades constructivas, pero una sola causa no basta para dar origen a un proceso patológico, por lo general se debe a un proceso en el cual tienen que combinarse diferentes tipos de causas indirectas (Broto, 2005).

Las remodelaciones mal implementadas que afectan distintos elementos de la estructura y malos procesos constructivos que abonados a la falta de supervisión por los profesionales adecuados se vuelven relevantes con el pasar del tiempo.

En el paciente se identifican tres tipos de causas indirectas:

- Causas del proyecto: Dado que esta estructura cuenta con más de 50 años de construcción, esta no cumple con los requerimientos de diseño exigidos en la norma sismo resistente vigente (NSR-10) y las técnicas constructivas utilizadas son inadecuadas.
- Causas de Ejecución: Mala ejecución de las unidades constructivas, falta de recubrimiento de algunos elementos en concreto reforzado.
- Causas de mantenimiento: Se denota falta de mantenimiento periódico de la estructura, lo que ha generado un ambiente propicio para que junto a factores

del medio ambiente se desarrollen y evolucionen las distintas lesiones identificadas.

Análisis de los resultados de laboratorio.

El ensayo de carbonatación realizado a los elementos estructurales que conforman los módulos A, B, Q, R, S y T, arroja un resultado con un porcentaje significativo, donde las profundidades de carbonatación son mayores a 35 mm, estos valores comparados con los espesores de recubrimiento encontrados en estos mismos elementos, los cuales oscilan entre 20 mm – 30 mm, indica que existen módulos donde la corrosión ya se encuentra afectando el acero de refuerzo presente en estos elementos (Tabla 9).

Tabla 9. Correlación resultados de Carbonatación y recubrimiento

Modulo	Elemento	Recubrimientos mínimos (mm)	Profundidad de Carbonatación (mm)
A	COLUMNAS	26	35
	VIGAS HORIZONTALES	25	40
	VIGAS AEREAS	-	35
B	COLUMNAS	25	20
	VIGAS HORIZONTALES	20	20
	VIGAS AEREAS	-	20
Q	COLUMNAS	25	10
	VIGAS HORIZONTALES	25	10
	VIGAS AEREAS	-	-
R	COLUMNAS	25	35
	VIGAS HORIZONTALES	-	35
	VIGAS AEREAS	30	35
S	COLUMNAS	25	35
	VIGAS HORIZONTALES	25	35
	VIGAS AEREAS	-	-
T	COLUMNAS	25	40
	VIGAS HORIZONTALES	25	40
	VIGAS AEREAS	-	40

De la tabla anterior se concluye que los módulos que presentan mayor afectación por corrosión son los módulos A, R, S y T, evidenciando de esta manera que la humedad por filtración es la principal causa de la presencia de esta lesión.



Figura 23. Módulos con mayor afectación de corrosión
Fuente: Autor

Los resultados de los ensayos de resistencia del concreto obtenidos mediante los dos métodos realizados (esclerometría y extracción y falla de núcleos), dieron como resultado los datos consignados en el siguiente cuadro comparativo (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación resultados ensayo resistencia a la compresión

MODULO	POSIBLE RESISTENCIA DE DISEÑO (MPa)	PROMEDIO DE RESISTENCIA Esclerometría (MPa)	PROMEDIO DE RESISTENCIA Esclerometría 2 (Mpa)	PROMEDIO DE RESISTENCIA Ensayo Núcleo(MPa)
A	20,68	17,60	27,06	16,07
B	20,68	20,93	25,33	17,96
Q	20,68	26,10	29,86	22,87
R	20,68	21,17	33,30	32,98
S	20,68	22,84	30,85	22,09
T	20,68	15,90	26,28	21,39

Como se aprecia en el cuadro anterior, las resistencias obtenidas se encuentran por debajo de la resistencia de referencia ($f'_c=3.000$ psi) y por encima de 85% f'_c (2.550 psi), con lo que se puede afirmar que los concretos cumplen la resistencia de diseño, según lo descrito en la norma NSR 10, numeral C.5.6.5.4.², a excepción del módulo A, donde se encuentran valores de resistencia por debajo de este valor.

Al comparar los resultados de los ensayos de esclerometría realizados en el presente estudio y los obtenidos con anterioridad por la Gobernación del Meta, se observa que los primeros arrojan unas resistencias muy superiores, lo cual puede ser producto de que no se correlacionaron con ensayos de extracción de núcleos.

² (...) el concreto de la zona representada por los núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio de tres núcleos es por lo menos igual al 85% del f'_c , y ningún núcleo tiene una resistencia menor del 75% de f'_c .

Con el dimensionamiento dado en el levantamiento topográfico y los resultados obtenidos en la regata y ferrosan, se obtienen los esquemas de distribución y dimensionamiento de los elementos estructurales que conforman los módulos en estudio.

MODULO A

El módulo A está conformado por cinco (5) pórticos (81 – 85), de características similares, los cuales se describen en las figuras 26 y 27.

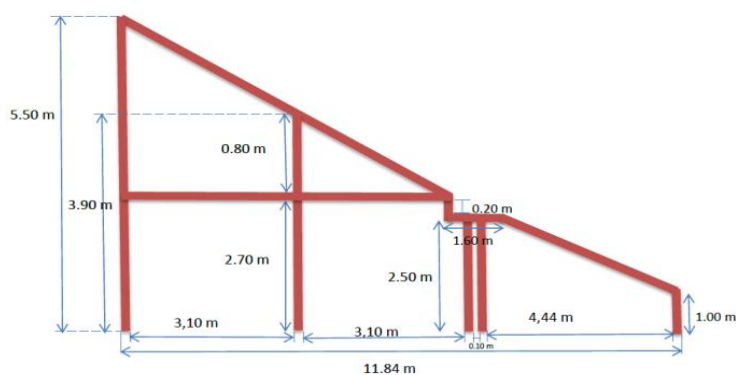


Figura 24. Distribución columnas y vigas pórticos Módulo A

Fuente: Ensayos laboratorios suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

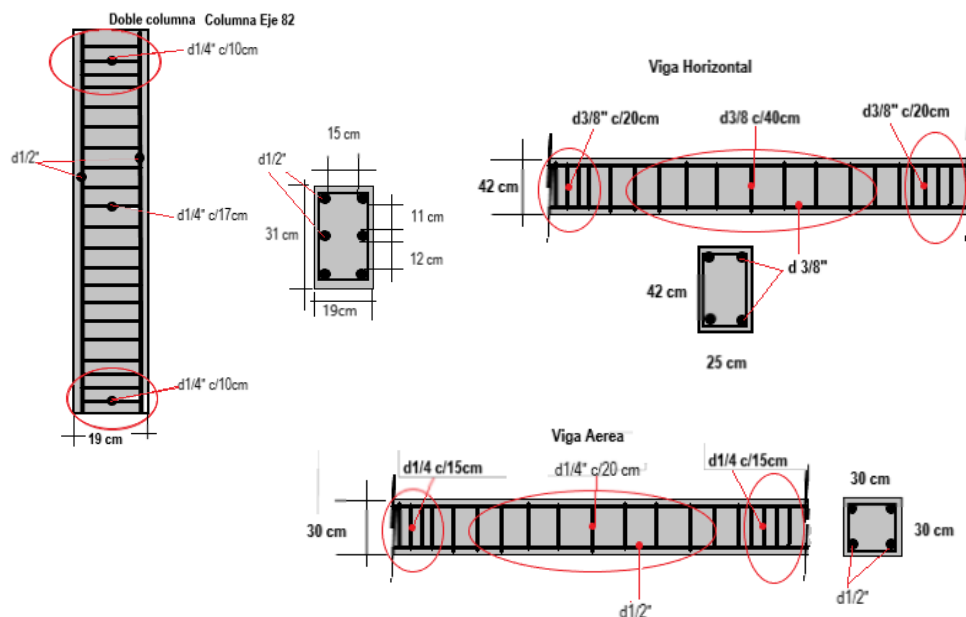


Figura 25. Esquema elementos estructurales Módulo A
Fuente: Elaboración propia a partir del diseño original

MODULO B

El módulo B está conformado por cinco (5) pórticos (85 – 89), de características similares, los cuales se describen en las figuras 28 y 29.

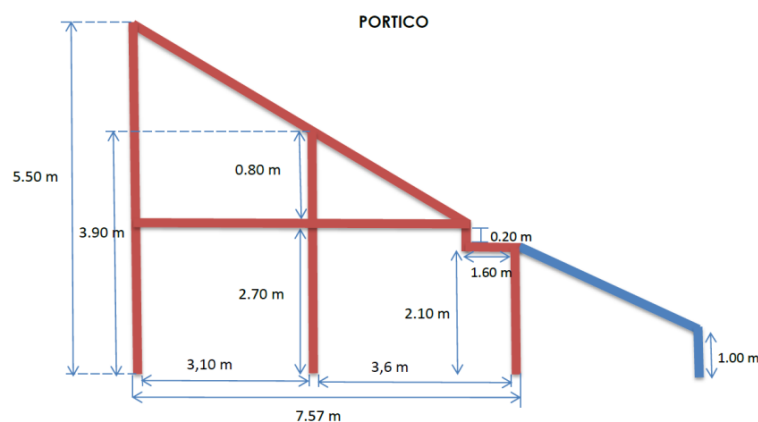


Figura 26. Distribución columnas y vigas pórticos Módulo B
Fuente: Ensayos laboratorios suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

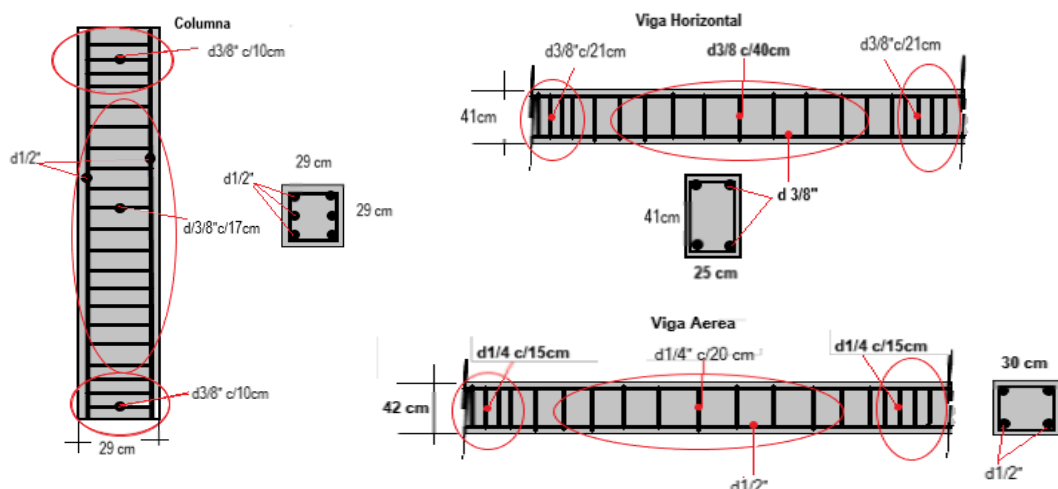


Figura 27. Esquema elementos estructurales Módulo B
Fuente: Elaboración propia a partir del diseño original

MODULO Q

El módulo Q está conformado por cinco (5) pórticos (65 – 69), de características similares, los cuales se describen en las figuras 30 y 31.

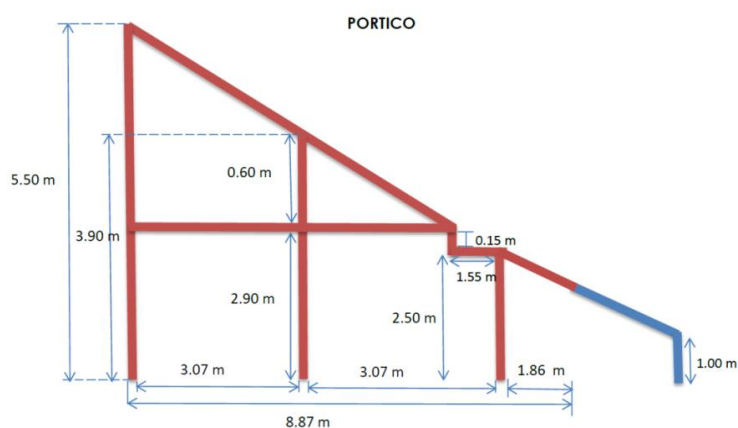


Figura 28. Distribución columnas y vigas pórticos Módulo Q
Fuente: Ensayos laboratorios suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

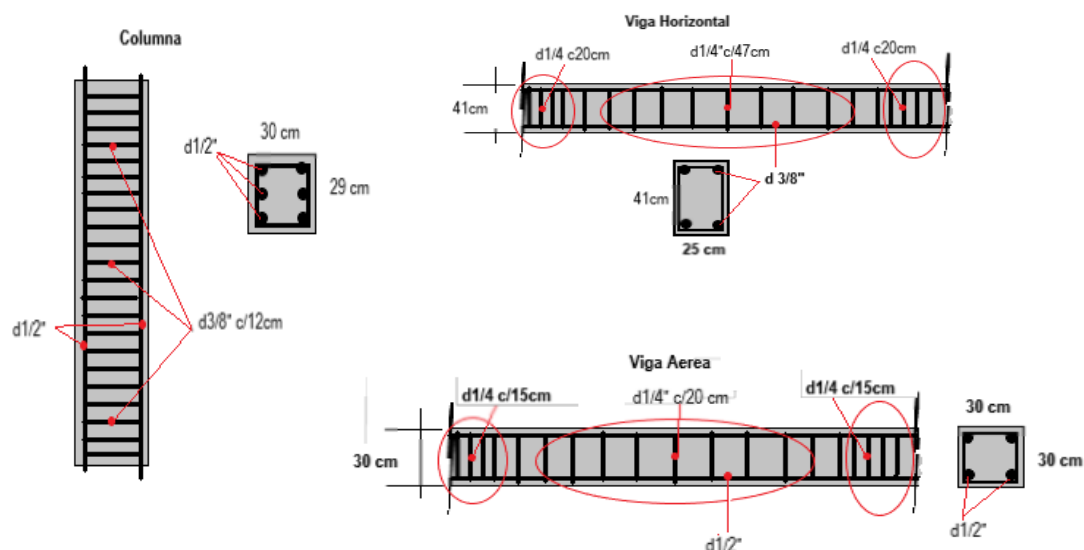


Figura 29. Esquema elementos estructurales Módulo Q
Fuente: Elaboración propia a partir del diseño original

MODULO R

El módulo R está conformado por cinco (5) pórticos (69 –73), de características similares, los cuales se describen en las figuras 32 y 33.

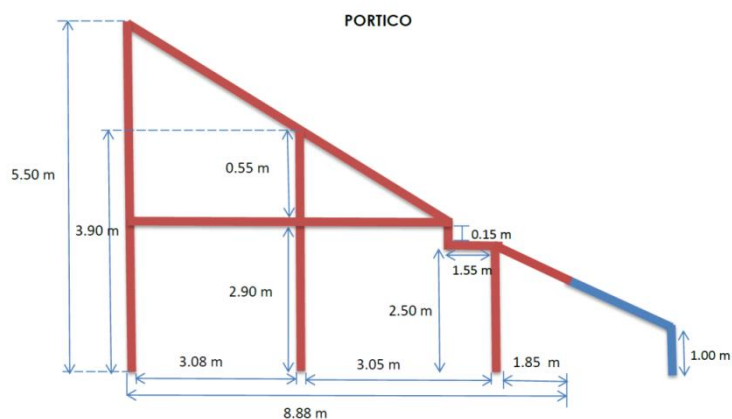


Figura 30. Distribución columnas y vigas pórticos Módulo R
Fuente: Ensayos laboratorios suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

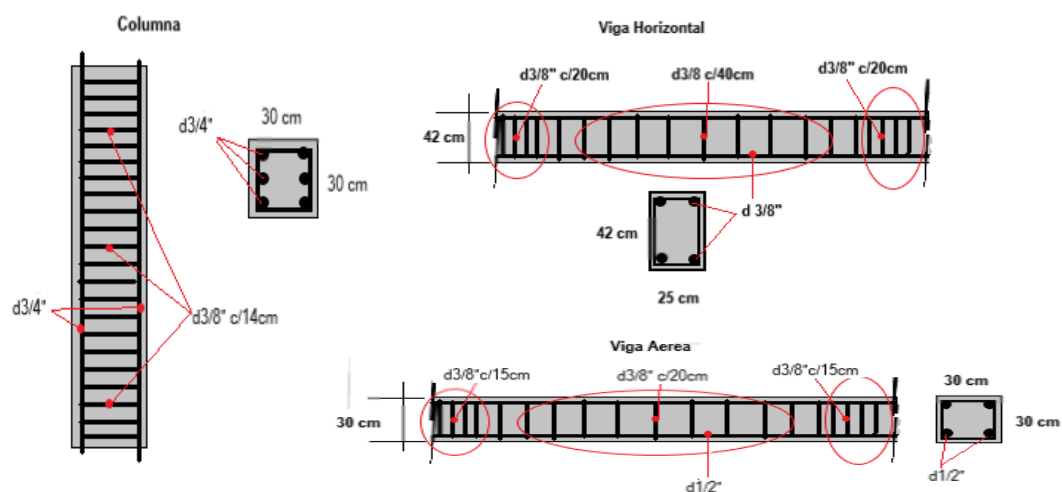


Figura 31. Esquema elementos estructurales Módulo R
Fuente: Elaboración propia a partir del diseño original

MODULO S

El módulo S está conformado por cinco (5) pórticos (73 – 77), de características similares, los cuales se describen en las figuras 34 y 35.

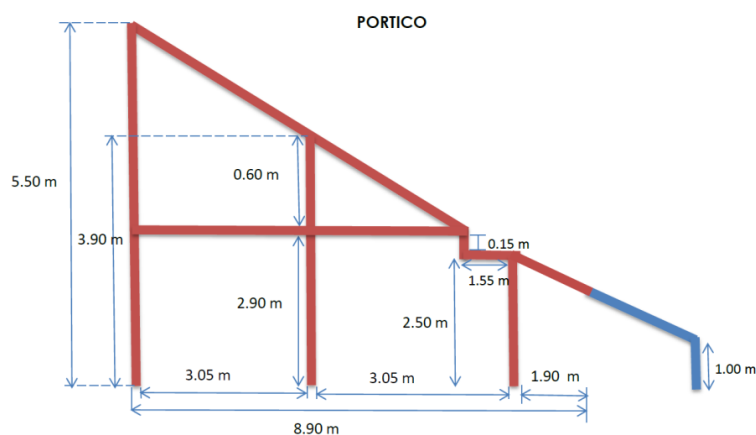


Figura 32. Distribución columnas y vigas pórticos Módulo S
Fuente: Ensayos laboratorios suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

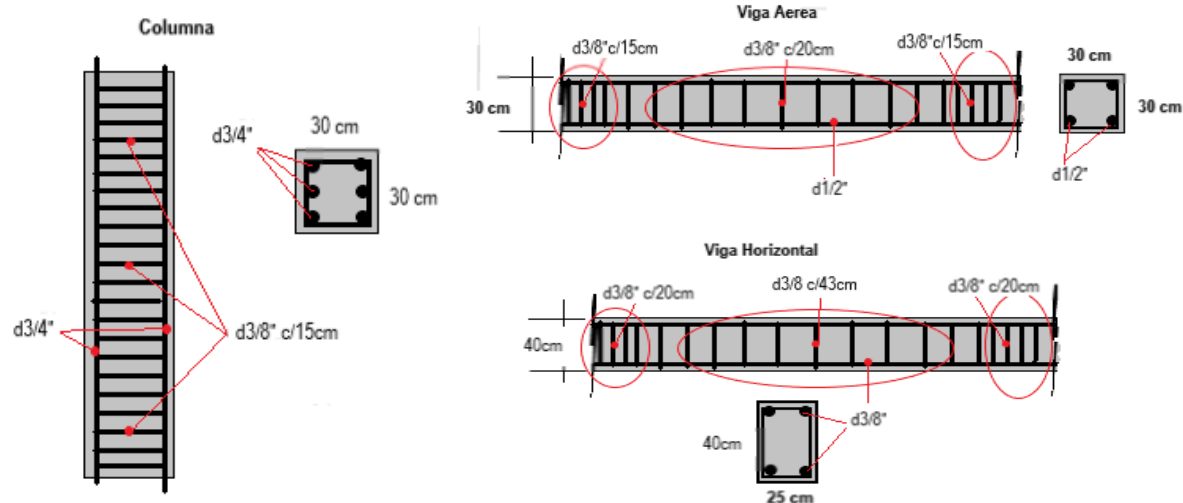


Figura 33. Esquema elementos estructurales Módulo S
Fuente: Elaboración propia a partir del diseño original

MODULO T

El módulo T está conformado por cinco (5) pórticos (77 – 81), de características similares, los cuales se describen en las figuras 36 y 37.

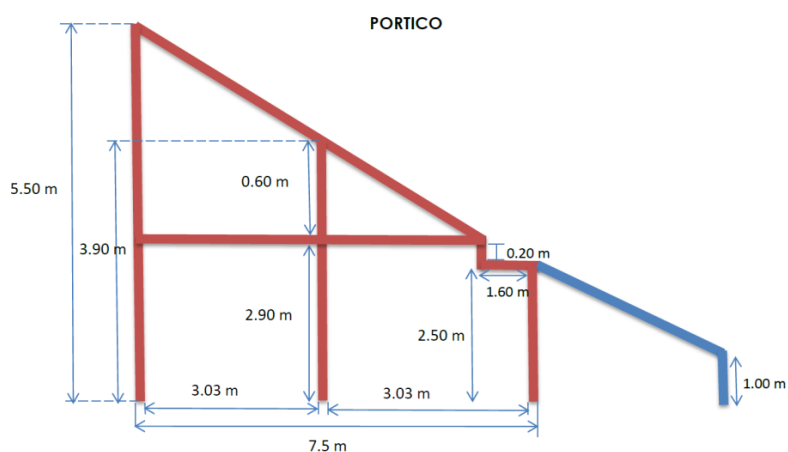


Figura 34. Distribución columnas y vigas Módulo T
Fuente: Ensayos laboratorios suministrado por la Agencia para la Infraestructura del Meta AIM

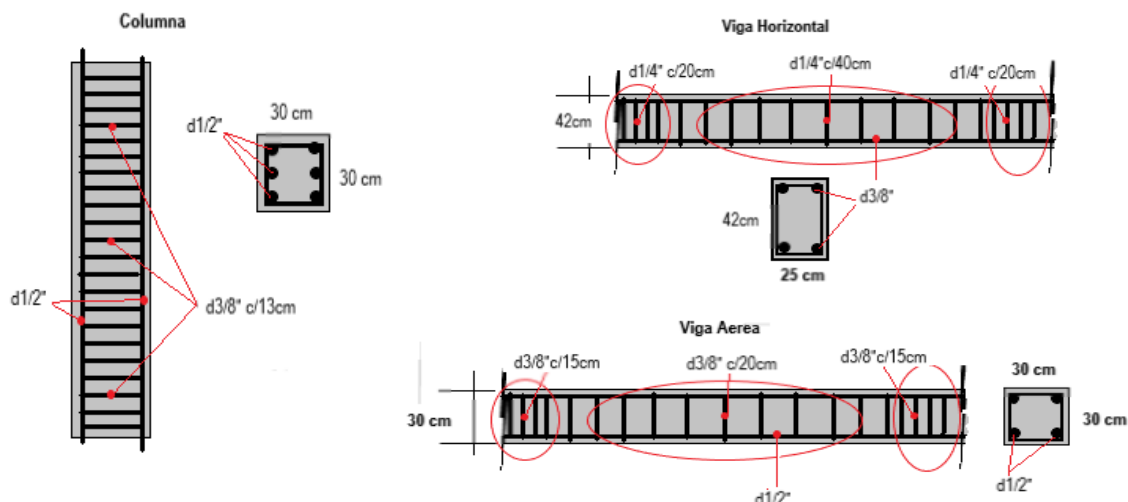


Figura 35. Esquema elementos estructurales Módulo T
Fuente: Elaboración propia a partir del diseño original

Conforme con los datos descritos anteriormente en los esquemas y tablas, en relación con los requerimientos exigidos en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistente – NSR-10, en especial los descritos en el Título C – Concreto Estructural, Capítulo C.7 – Detalles del refuerzo, se observa lo siguiente:

- Los espesores de recubrimiento en vigas y columnas se encuentran entre 20 y 30 mm (Tabla 7), lo que se traduce en el no cumplimiento de los requerimientos exigidos en la norma, acorde al literal C.7.7.1³.
- Los espaciamientos de los estribos en las vigas horizontales de todos los módulos en estudio, exceden el valor mínimo requerido por la norma para

³ (...) Vigas, columnas: Armadura principal, estribos, espirales..... 40 mm

elementos sometidos a flexión en pórticos especiales resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía, acorde al literal C.21.5.3.2.⁴

Es de resaltar que según la NSR-10, los recubrimientos utilizados para elementos como columnas y vigas es de 25 mm, para lo cual la estructura en estudio está cumpliendo en un 92% de los elementos evaluados mediante regatas, por lo cual es un factor de buen proceso constructivo que se tuvo en cuenta más adelante para el análisis de vulnerabilidad sísmica.

A pesar de que los resultados obtenidos mediante la inspección visual y los estudios realizados, denotan en algunos casos el no cumplimiento con la Norma Sismo Resistente NSR-10, el sistema se ha comportado adecuadamente para soportar cargas verticales generadas por su propio peso y el uso. Sin embargo, por la importancia de este escenario deportivo para la ciudad de Villavicencio y su ubicación dentro de una zona de Riesgo Sísmico Alto, se hace necesario garantizar que la estructura cumpla a cabalidad con la Norma, revisando su comportamiento actual, mediante la realización del análisis de vulnerabilidad sísmica, el cual se trata en el siguiente punto.

⁴ C.21.5.3.2. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor valor de (a), (b), (c) y (d): (a) $d/4$; (b) Ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas; (c) 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento; y (d) 300 mm

4. VULNERABILIDAD SISMICA

El estadio Manuel Calle Lombana, al ser una edificación construida en 1970, no fue concebido bajo los parámetros de la actual norma sismo resistente colombiana (NSR 10), por lo tanto, es necesario desarrollar el análisis de vulnerabilidad sísmica con el fin de identificar el comportamiento de la edificación y generar una alternativa de reforzamiento estructural, de tal forma que se adapte a los parámetros de dicha norma.

Realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica es de vital importancia porque a partir de este se puede predecir el comportamiento estructural más probable que tendría esta estructura frente a diferentes magnitudes de un sismo, considerando aspectos como su geometría, materiales, tipo de estructura, elementos del ambiente que pueden afectarla y antecedentes históricos de sismos ocurridos, entre otros.

Para la realización de este análisis, se cuenta con los siguientes parámetros:

- Sistema estructural: Pórticos en concreto armado (dimensionamiento y configuración de los aceros)
- Tipo de Cimentación: Zapatas aisladas en concreto armado.
- Acero de refuerzo: Barras corrugadas.

- Grupo de uso: Tipo II⁵
- Coeficiente de aceleración A_a : 0.35⁶
- Coeficientes de velocidad A_v : 0.30⁷
- Zona de amenaza sísmica: Alta ⁸
- Grupo de uso: Tipo II- Estructuras de ocupación especial⁹
- Coeficiente de importancia I : 1.10 ¹⁰
- Tipo de perfil estratigráfico= D¹¹
- Nivel freático, No se encontró.¹²

Teniendo en cuenta que el alcance de este estudio patológico se enfoca hacia un sector del estadio “Manuel Calle Lombana”, no se podría realizar un modelo matemático en los distintos softwares de diseño estructural debido a que este no sería

⁵ NSR-10, numeral A.2.5.1

⁶ NSR-10, Tabla A.2.3-2

⁷ NSR-10, Tabla A.2.3-2

⁸ NSR-10, Tabla A.2.3-2

⁹ NSR-10, A.2.5.1.3

¹⁰ NSR-10, Tabla A2.5-1

¹¹ Según estudio geotécnico

¹² Según estudio geotécnico

fiel a la realidad, ya que los extremos de la modelación del sector en estudio se tendrían que fijar unos apoyos (empotramientos) que evidentemente afectarían el comportamiento real de la estructura en un evento sísmico, por lo tanto la vulnerabilidad sísmica del paciente se realizó de forma descriptiva, sin escatimar información que fuera relevante para este análisis.

Por lo anteriormente expuesto se utilizó el siguiente diagrama para poder definir un nivel de vulnerabilidad sísmica.

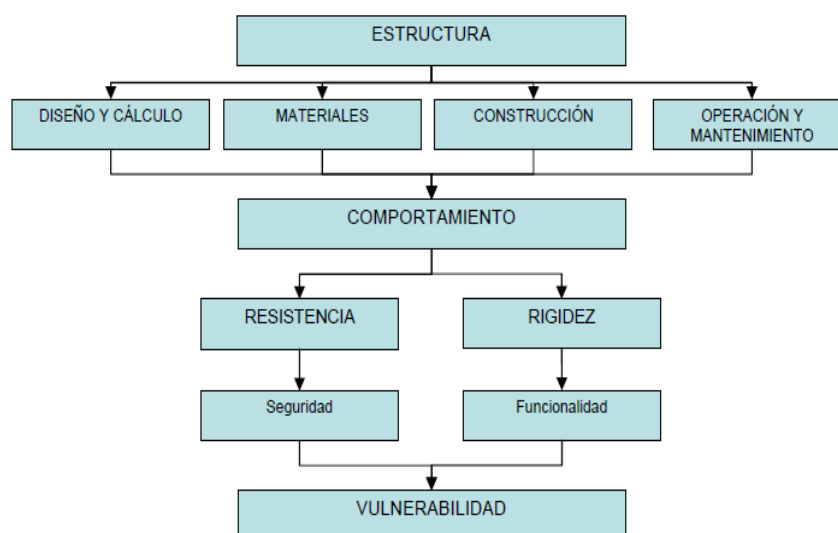


Figura 36. Esquema de vulnerabilidad estructural

Fuente: Páez Moreno, Diego Fernando y Hernández Delgadillo, Javier Hugo. (2005) Metodología para el estudio de la vulnerabilidad estructural de edificaciones. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia (UPTC).

En cuanto al análisis de los factores de la estructura podemos concluir que en el ítem de diseño y calculo, por sus múltiples adecuaciones y estudios anteriores se encuentra en un estado **REGULAR**, por el segundo indicador que es materiales, de acuerdo a los ensayos realizados se concluye que es encuentra en un estado general **BUENO**, en construcción exceptuando casos específicos la obra tuvo una adecuada

ejecución entrando en el rango de **BUENO**, y finalmente el factor de operación y mantenimiento que es en donde más se ha visto deteriorada la estructura se asigna en un rango de **MALO**.

Siendo así procedemos a aplicar un segundo esquema en donde definiremos si es necesario o no realizar un análisis más detallado, teniendo en cuenta que esto incurriría en gastos elevados.

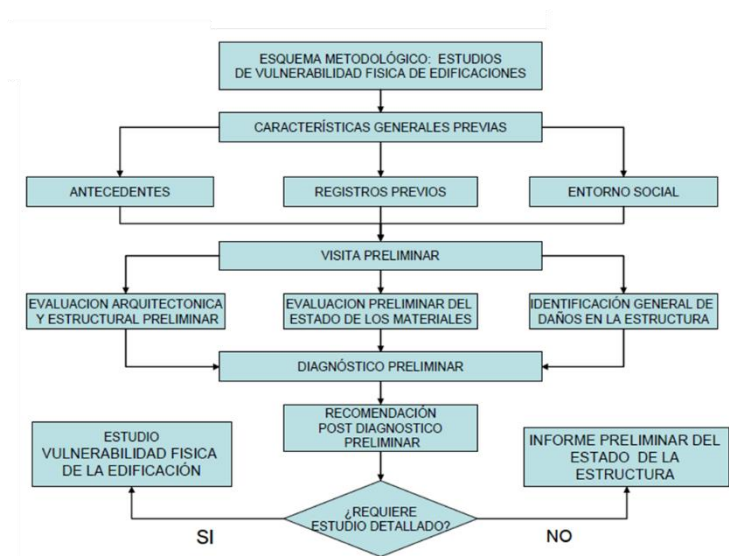


Figura 37. Esquema metodológico evaluación de vulnerabilidad preliminar

Fuente: Páez Moreno, Diego Fernando y Hernández Delgadillo, Javier Hugo. (2005) Metodología para el estudio de la vulnerabilidad estructural de edificaciones. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia (UPTC).

Con este segundo esquema ya se puede definir un diagnóstico preliminar acerca del grado de vulnerabilidad sísmica que puede tener la estructura en estudio.

Aquí inciden tres factores que son: la evaluación arquitectónica y estructural preliminar, la evaluación preliminar del estado de los materiales y la identificación general de daños en la estructura. Para lo cual aplicando del mismo criterio de evaluación descriptiva podemos clasificar la estructura en un rango de **REGULAR**, teniendo en cuenta el resultado de la evaluación estructural realizada según la figura 36, esquema de vulnerabilidad estructural, en donde se clasificó como **REGULAR**, en cuanto a los materiales se asigna una clasificación igualmente de **REGULAR**, debido a que los elementos que no se han visto afectados por la falta de mantenimiento se encuentran en buen estado, finalizando con la evaluación de los daños en la estructura son daños generados por la falta de mantenimiento en su mayoría y muy pocos son daños que puedan afectar la resistencia y funcionalidad de la estructura por lo que se clasifica en el rango **REGULAR**.

Siendo así nos encontramos con una estructura que se encuentra en un grado generalmente **REGULAR**, por lo cual no requiere un estudio detallado de vulnerabilidad sísmica, sin embargo, a partir del análisis realizado a la estructura y teniendo en cuenta sus condiciones actuales se recomienda realizar la rehabilitación de la estructura garantizando así que cumpla con los requisitos mínimos de la normatividad vigente, para así garantizar su funcionalidad y seguridad.

Para concluir este análisis de vulnerabilidad sísmica se encuentra que la estructura se encuentra en un estado generalmente **REGULAR**, por lo tanto, se

recomienda realizar una intervención a la misma que incurra en mejorar las condiciones de seguridad.

Cabe resaltar que por las razones expuestas al inicio de este capítulo no se realiza ningún modelo matemático en los distintos softwares de diseño estructural, ya que la metodología empleada para realizar este análisis de vulnerabilidad sísmica fue totalmente descriptiva por lo que depende únicamente del criterio de los profesionales que intervinieron en la calificación de la estructura.

5. PROPUESTA DE INTERVENCION

La elaboración de la historia clínica mediante la recopilación documental, inspección de campo y el análisis de ensayos de laboratorio, permitió mediante la elaboración de un diagnostico evaluar el estado actual del paciente, logrando plantear dos alternativas de intervención.

- Rehabilitación y Reforzamiento de la estructura existente.
- Demolición y construcción de un nuevo escenario deportivo.

5.1 Reparación y Reforzamiento Estructural

Durante la realización de la historia clínica y el diagnóstico se pudo establecer que la causa principal que originó las lesiones presentes en la estructura es la humedad por filtración, resultado del inadecuado manejo de aguas lluvia, lo que aunado al mal estado de conservación ha afectado en alto grado el estado de los elementos estructurales, comprometiendo su buen desempeño a futuro.

Con el fin de corregir las condiciones actuales que presenta la estructura, es necesario implementar una alternativa de intervención, mediante un procedimiento de rehabilitación y reforzamiento estructural.

Para iniciar con la fase de reparación y eliminar la causa que produjo las principales lesiones que afectan la estructura, se requiere realizar las siguientes actividades:

- Limpieza profunda de la placa en concreto a través de mecanismos hidrófugos.
- Sellamiento de perforaciones existentes, mediante la utilización de resinas adecuadas.
- Limpieza y sellamiento de fisuras mediante inyección de productos apropiados.
- Impermeabilización de las placas.

Los muros en mampostería deben ser lavados para eliminar la suciedad, mohos y micro vegetación, las unidades de mampostería que presentan alto grado de eflorescencia deben ser reemplazadas.

Una vez se haya realizado la limpieza de todos los elementos afectados por la presencia de suciedad y micro vegetación, se procede a aplicar un impermeabilizante a todos los elementos de la estructura para evitar que las filtraciones se vuelvan a presentar, a continuación, se procede a reparar los elementos estructurales que presentan carbonatación del concreto y /o corrosión del acero, realizando los siguientes pasos:

- Preparación de la superficie: Mediante este proceso se procede a demoler o retirar el concreto deteriorado, de tal forma que quede un espacio mínimo alrededor del acero de refuerzo y así permitir realizar su limpieza para eliminar el óxido presente, finalizando con la limpieza de toda la superficie.
- Protección del acero de refuerzo: Retirado el óxido del acero de refuerzo, se debe utilizar un inhibidor de corrosión.
- Puente de adherencia: Es importante que se utilice un adhesivo epóxico grado estructural de adherencia mayor a la resistencia de tensión del

concreto, para así garantizar una correcta transmisión de esfuerzos entre la zona existente y la reparada.

- Restauración de la sección perdida: Es importante que se realice la recuperación de la sección perdida mediante la aplicación de un mortero de reparación, el cual debe tener una resistencia mayor a la del concreto original.

Una vez terminada esta etapa, se debe realizar el reforzamiento de la estructura, para este caso se propone como alternativa la utilización de fibras de carbono, esta es una técnica que consiste en la fijación de fibras de carbono mediante adhesivos epóxico, de manera que se aumente la capacidad a cortante y la capacidad de carga de los elementos estructurales.

5.2 Demolición y construcción de un nuevo escenario deportivo.

Esta alternativa incluye la demolición de la infraestructura existente y la construcción de un nuevo estadio que cumpla con todos los requerimientos que las normas constructivas exigen para este tipo de obras.

5.3 PRESUPUESTO

5.3.1 Alternativa 1

Para la opción de rehabilitación y reforzamiento estructural se estima un presupuesto de \$ 203.456.540,48 (Doscientos tres millones cuatrocientos cincuenta y seis mil quinientos cuarenta pesos con cuarenta y ocho centavos m/cte.). (Ver Anexo 11).

5.3.2 Alternativa 2

La construcción de un nuevo estadio de futbol requiere la realización de diseños arquitectónicos, estructurales, hidráulicos, sanitarios y eléctricos, que permitan cuantificar su costo total, por lo tanto, para estimar el costo de un nuevo escenario deportivo, se toma como referencia el costo de los ya existentes en el país y que tengan características similares a las requeridas en la ciudad de Villavicencio.

El presupuesto estimado para esta alternativa se estima en 38 Mil Millones de Pesos, costo en el cual se encuentra valorado el estadio de Palogrande de Manizales, con capacidad de 28.000 espectadores, según datos publicados por el diario El

Deportivo, en el artículo denominado: Los siete estadios más costosos del país (Barrantes, 2018).

6. CONCLUSIONES

- El estudio patológico permite concluir que las principales lesiones identificadas a partir del auscultamiento realizado son: físicas (humedad de filtración), Antropogénicas (instalaciones y procedimientos de demolición o intervención inadecuados) e indirectas (incumplimiento de la normatividad vigente NSR/10 e inadecuados procesos constructivos), son las causantes del deterioro progresivo de la estructura.
- El estadio Manuel Calle Lombana – MACAL, requiere de una intervención urgente, que permita mantener su integridad física y adaptarlo a las nuevas normas de construcción, ofreciendo de esta manera garantías de calidad y seguridad para las personas que hacen uso de este bien de carácter público.
- Se propone como alternativa de intervención más favorable la rehabilitación y reforzamiento estructural con fibras de carbono por las ventajas que este proceso ofrece, entre ellas: tiempos cortos de ejecución, no hay pérdida de espacio útil, no se requieren equipos especializados para su instalación, se puede instalar en construcciones en operación, lo que favorece para el funcionamiento de este

escenario deportivo de vital importancia para la ciudad de Villavicencio, pues es el único que reúne las características requeridas para realización de esta clase de eventos deportivos.

7. BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA

Documento IDEAM, Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos.

Broto, Charles (Links International, 2005). Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción.

ASOCIACION COLOMBIAN DE INGENIERIA SISMICA, Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo – Resistente, NSR -10. Bogotá, AIS, 2010

MUÑOZ, H. (2001). Evaluación y diagnóstico patológico de estructuras en concreto. Seminario de Asocreto. Bogotá: Asocreto.

COMITÉ ACI 224, Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón. 1993.

Asociación Española de Normalización y Certificación. Norma Española UNE – EN 1504. Enero de 2009.

Helene, Paulo y Pereira, Fernanda. Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. Sao Paulo, diciembre de 2003.

Departamento de Tecnología de la Edificación (E.U.A.T.M), Universidad Politécnica de Madrid, Manual de Patología de la Edificación, tomos I, II y III. Agosto de 2004.

Páez Moreno, Diego Fernando y Hernández Delgadillo, Javier Hugo. (2005) Metodología para el estudio de la vulnerabilidad estructural de edificaciones. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia (UPTC).

Barrantes Fierro, Tatiana. (2018). Los estadios mas costosos en Colombia.
Recuperado de <http://www.eldeportivo.com.co/noticia/los-estadios-mas-costosos-en-colombia>

PLANOS

ANEXOS