

**Estudio Patológico a la Estructura Física de la Plaza Monumental de Toros Ubicada en
el Municipio de Aipe Huila**

Estudiantes:

Sindy Paola Castro Aguirre

José Sevel Castro Tovar



Vicerrectoría Universidad Abierta y A Distancia (VUAD)

Facultad de Ciencias y Tecnologías

Programa de Patología de la Construcción

Especialización en Patología de la Construcción – Cohorte 2019-2

Bogotá, D.C., agosto de 2020

**Estudio Patológico a la Estructura Física de la Plaza Monumental de Toros Ubicada en el
Municipio de Aipe Huila**

Estudiantes:

Sindy Paola Castro Aguirre

José Sevel Castro Tovar

**Trabajo Profesional Integrado – TPI para optar al Título de
Especialistas en Patología de la Construcción**

Directora:

Ing. Msc. Olga Lucía Vanegas Alfonso



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Vicerrectoría Universidad Abierta y A Distancia (VUAD)

Facultad de Ciencias y Tecnologías

Programa de Patología de la Construcción

Especialización en Patología de la Construcción – Cohorte 2019-2

Bogotá, D.C. agosto de 2020

Nota de Aceptación

Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá, agosto, 2020

Contenido

	Pág.
Introducción	11
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Justificación	15
Marco Referencial	16
Marco Conceptual	16
Vulnerabilidad estructural	16
Reforzamiento estructural	16
Marco Teórico	17
Deflexiones en vigas y placas de concreto	17
Método de los pórticos virtuales	18
Método de los elementos finitos	18
Marco Legal	20
Marco Histórico	21
Alcance y Limitaciones	23
Metodología	24
Descripción de la Selección del Paciente	28
Preparación y Planteamiento del Estudio	28
Inspección preliminar	28

Información necesaria para el estudio	29
Forma de almacenar y tabular la información	29
Proceso de recopilación de información en el campo.	30
Alcances de la exploración	30
Definición de los medios para realizar la exploración	30
Medidas preventivas durante la exploración	31
Servicios especializados para la exploración	31
Historia Clínica	32
Datos Específicos del Estudio	32
Datos Generales del Inmueble o Paciente, su Contexto y su Localización	33
Uso previsto actual	33
Sistema constructivo y estructural	34
Normativa actual que lo rige	36
Datos generales del entorno	37
Aplicación Patológica	37
Medio ambiente	37
Pluviosidad	38
Fuentes de emisiones contaminantes	38
Datos Específicos de las Lesiones	38
Fisuras en graderías	38
Desprendimiento	40
Humedad	41
Grietas	41

Descripción de la Patología más Relevante en el Paciente	46
Información existente	46
Estado general de conservación	47
Topografía	47
Arquitectura	48
Estructura	50
Clasificación de la estructura	51
Estudio de suelos	52
Geología general del paciente	52
Diagnóstico Patológico	54
Vulnerabilidad Sísmica	56
Estado del Sistema Estructural (A.10.2.2) NSR-10	61
Vulnerabilidad Sísmica	62
Vulnerabilidad Estructural	62
Propuesta de Intervención Plaza de Toros	68
Presupuesto	76
Programación	78
Conclusiones	79
Recomendaciones	81
Referencias Bibliográficas	82

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Límite de Deflexión Según la NSR 10 Tabla C.9.5 (a)</i>	20
Tabla 2. <i>Fases de Metodología</i>	25
Tabla 3. <i>Distribución de Niveles y Alturas Graderías</i>	35
Tabla 4. <i>Elementos estructurales Plaza de Toros</i>	36
Tabla 5. <i>Lesiones Identificadas (Mecánicas – Fisuras)</i>	43
Tabla 6. <i>Lesiones Identificadas (Físicas – Desprendimientos)</i>	44
Tabla 7. <i>Lesiones Identificadas. (Mecánicas – Fisuras)</i>	45
Tabla 8. <i>Resumen de Verificación Vulnerabilidad de la Estructura</i>	63
Tabla 9. <i>Presupuesto Reforzamiento de la Plaza de Toros de Aipe Huila</i>	76

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Sectorización Plaza de Toros Aipe- Alcance del Proyecto	23
<i>Figura 2.</i> Localización Espacial	32
<i>Figura 3.</i> Panorámica Ubicación Plaza de Toros – Aipe	33
<i>Figura 4.</i> Sistema Aporticado Plaza de Toros Aipe	34
<i>Figura 5.</i> Composición de la Estructura y Dimensiones	35
<i>Figura 6.</i> Lesiones de Fisuras en las Gradas	39
<i>Figura 7.</i> Fisuras en Voladizo parte Superior de Graderías	39
<i>Figura 8.</i> Desprendimiento de Material Zona Externa Gradería	40
<i>Figura 9.</i> Exposición del Material de Composición del Concreto	40
<i>Figura 10.</i> Humedad Zona Externa Graderías, Voladizo	41
<i>Figura 11.</i> Fisuras en vigas	42
<i>Figura 12.</i> Gráfico de Lesiones Comunes en la Estructura	46
<i>Figura 13.</i> Fotografía Comparativa Plaza de Toros Aipe (1989- 2018)	47
<i>Figura 14.</i> Plano de Implantación General	48
<i>Figura 15.</i> Fachadas y Cortes	48
<i>Figura 16.</i> Planos Arquitectónicos Versión 2019	49
<i>Figura 17.</i> Detalles	50
<i>Figura 18.</i> Despieces	50
<i>Figura 19.</i> Planos Estructurales Digitados	51
<i>Figura 20.</i> Esquema Estructural Geomorfológico del Huila	53
<i>Figura 21.</i> Distancia entre la Plaza de Toros y el Sitio de Exploración del Suelo	54

<i>Figura 22. Zonificación y Sismicidad Municipio de Aipe – Huila</i>	56
<i>Figura 23. Instalación de Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias</i>	58
<i>Figura 24. Conexiones Mal Hechas y Filtraciones</i>	58
<i>Figura 25. Graderías a la Intemperie</i>	59
<i>Figura 26. Exposición de Aceros</i>	60
<i>Figura 27. Sistema de Evacuación Diseñado, sin Funcionamiento Actual</i>	60
<i>Figura 28. Clasificación de Vulnerabilidad del Paciente</i>	62
<i>Figura 29. Demarcación Vulnerabilidad Estructural (Rojo)</i>	67
<i>Figura 30. Esquema de Drenaje Espina de Pescado (Izquierda), Propia (Derecha)</i>	68
<i>Figura 31. Instalación de Filtro Geodren</i>	69
<i>Figura 32. Sistema Convencional de Encamisado</i>	70
<i>Figura 33. Sistema RFP (Manto Fibra Carbono)</i>	71
<i>Figura 34. Detalle Reforzamiento Zapatas</i>	71
<i>Figura 35. Detalle de Reforzamiento de Columnas</i>	72
<i>Figura 36. Detalle Reforzamiento Viga Inclínada</i>	73
<i>Figura 37. Reforzamiento para Placas Graderías</i>	74
<i>Figura 38. Cubierta Liviana con Estructura Metálica</i>	75
<i>Figura 39. Diseño de Cerchas para Cubierta</i>	75
<i>Figura 40. Programación Reforzamiento de la Plaza de Toros de Aipe Huila</i>	78

Lista de Anexos

Anexo A. Planos

Anexo B. Seria Estudios de Suelos

Anexo C. Fichas de Identificación de Lesiones

Anexo D. Memorias de Cálculo Estructural

Introducción

Las estructuras de concreto, son construidas teniendo en cuenta una serie de parámetros y requisitos como estructurales, funcionales, de comportamiento, arquitectónicos, de estabilidad y de seguridad, para que tengan cierta durabilidad en el tiempo, evitando de esta manera la generación de costos imprevistos de mantenimiento o reparación. Dicho período de tiempo es conocido como de ciclo de vida proyectado de servicio para edificios de tipo convencional y que debe ser de aproximadamente 50 años, aun cuando en ocasiones se plantea una vida de servicio de 100 años. Sin embargo, las estructuras de concreto que generalmente no son homogéneas, simples o reforzadas y que contienen una variedad de materiales, constantemente están expuestas a deterioros por acción mecánica, sino a una serie de factores como acciones físicas relacionadas con los cambios en la temperatura y humedad donde se encuentra la estructura; afectaciones generadas por agentes químicos o biológicos; además de afecciones de tipo mecánico; dichos factores pueden llegar a afectar la durabilidad de las estructuras bien sea al punto de deterioro y/o a su destrucción.

Por lo anterior, se hace importante hacer profundizaciones, desde la durabilidad, al diseño y especificaciones en las mezclas de concreto, así como tener mayor atención en el proceso y técnicas constructivas, desde la concepción y el diseño de los elementos arquitectónicos y estructurales y así como en aspectos relacionados con los métodos para la protección, curado, puesta en servicio, mantenimiento e inspecciones de las estructuras (Bedoya, 2018).

Teniendo en cuenta que, la funcionalidad de una estructura se relaciona con la cantidad cuantificable de su capacidad de carga y del tiempo proyectado que debe perdurar en óptimas

condiciones de servicio, se relaciona la funcionalidad con la durabilidad, ésta se puede definir como la habilidad de mantener la funcionalidad requerida (Sarja , 2000).

Ahora bien, en cuanto al ciclo de vida útil de una estructura, el reporte de la Red Temática DURAR, lo define como “periodo en el que la estructura conserva los requisitos del proyecto sobre seguridad, funcionalidad y estética, sin costos inesperados de mantenimiento” (DURAR, 1997). Observándose de esta manera como, la estructura al carecer de cualquier de esto requisitos, sobrepasa su vida útil. Cabe aclarar que, en el momento del diseño de una estructura, su vida útil la puede definir previamente el cliente, llamándose de esta manera vida útil de servicio; sin embargo, también se asocia el concepto de durabilidad residual, “el tiempo a partir del momento que la estructura alcanza el anterior límite aceptable (fin de la vida útil)” (Torres & Martínez, 2001, p. 6).

Este período es en el que la estructura requeriría reparación, remodelación o completa renovación, esperándose que así pueda regresar a su estado de servicio original; es decir, que sea una estructura que brinde seguridad, funcionalidad y estética. En pocas palabras, “la etapa de vida residual es el tiempo que tiene el dueño de la estructura, o elemento estructural, para repararla antes que la degradación avance hasta el límite de posible colapso” (Cerna & Galicia, 2010, p. 7).

De acuerdo a las diferentes conceptualizaciones acerca de la vida útil de las estructuras, en el sector de la construcción se han realizado diversos estudios, analíticos y numéricos con el fin de predecir el tiempo máximo de duración que se contempla durante la etapa de diseño, sin embargo las exactitudes pueden variar, lo anterior teniendo en cuenta que para la duración se deben contemplar escenarios más detallado, por ejemplo el caso de los procesos constructivos, que los la actividades que se realizan para lograr en conjunto la construcción final de cualquier tipo de

edificación, donde además se debe tener en cuenta, las condiciones propias ambientales y particulares de cada sitio, la calidad de los materiales a implementar, el uso y cuidado de estos antes , durante y después de su utilización, empleando técnicas, que garanticen la efectividad del tratamiento de dichos materiales que ayudan a contribuir en la ampliación de la duración de la vida útil de nuestras estructuras.

Para el caso de estudio se contempló, la Plaza de Toros del Municipio de Aipe la cual es considerada como sitio emblemático, direccionando las lesiones que presenta en la planta física considerada para el municipio como una de las estructuras emblemáticas de la región, el propósito es realizar un diagnóstico detallado que permita establecer las condiciones actuales de la estructura, y determinar cuáles las propuestas de intervención resultantes, enfocadas a su reparación y puesta en funcionamiento, dado que desde el año 2018 se encuentra fuera de funcionamiento con el fin de evitar la aglomeración de eventos masivos tales como eventos culturales y folclóricos albergando a más 5.000 personas actuando como carga viva, lo cual pone en entre dicho la seguridad y vida útil de la estructura, sabiendo que desde su construcción en el año 1989 no se le ha realizado ningún tipo de mantenimiento correctivo eficaz, con el fin de garantizar la estabilidad y durabilidad de la estructura.

Objetivos

Objetivo General

Realizar estudio patológico a la estructura física de la plaza monumental de toros ubicada en el municipio de Aipe Huila.

Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de información preliminar de la plaza de toros Aipe.
- Elaborar el levantamiento de lesiones presentes en la estructura.
- Valorar la condición actual de la estructura y de seguridad.
- Elaborar diagnóstico estructural.
- Proponer la metodología para la intervención de las lesiones.
- Elaborar presupuesto de intervención.

Justificación

El municipio de Aipe, se considera la puerta de oro del sur colombiano, dentro de sus estructuras y sitios emblemáticos se encuentra la plaza monumental de toros, donde se realizan diversos eventos culturales y folclóricos, durante la existencia de la estructura, las concentraciones de las administraciones municipales no se han enfocado en el mantenimiento y mejoramiento de la estructura, por el contrario, su concentración data en los arrendamientos para la elaboración de eventos masivos.

Para el año 2018, por designación del alcalde municipal, se decide cerrar el ruedo, y dejar en funcionamiento solo las áreas aledañas a la plaza como cafeterías, corrales y zona de exposición ganadera. Teniendo tan importante estructura sin uso debido a su deterioro, sin contar con ningún estudio patológico que permita examinar detalladamente el estado de la estructura, recordemos que por su gran capacidad puede albergar a casi más de 5.000 personas que estarían expuestas a posibles accidentes por colapsos de la estructura.

Marco Referencial

Marco Conceptual

Vulnerabilidad estructural

Hace referencia al grado de afectación que pueden sufrir los elementos estructurales de estructura, una vez se aplican fuerzas inducidas, actuando en conjunto con las demás cargas propias de la estructura. (Bonett, 2003).

Reforzamiento estructural

Son los trabajos de mejoramiento que se pueden realizar en la estructura durante o después de su ejecución, que son causados por diferentes agentes que posteriormente se reflejan en lesiones estructurales. (Oviedo, 2018)

Patologías constructivas

Son todos los problemas constructivos identificados en una estructura, los cuales aparecen inmediatamente después de su ejecución o luego de algunos años. (Echeverrimontes Arquitectos, 2019)

Lesiones físicas

Son aquellas cuyo origen de producción son fenómenos físicos tales como heladas y condensaciones. Por lo general la gravedad de dichas lesiones es reflejada en apariciones de humedad, erosión y suciedad. (Broto, 2005)

Lesiones mecánicas

Son originadas debido a factores físicos de gran importancia por lo que se catalogan como un grupo aparte, en el que sobresale el factor mecánico provocando “movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos” (Broto, 2005, p. 34)

Causas directas de lesiones

“Cuando son el origen inmediato del proceso patológico, como los esfuerzos mecánicos, agentes atmosféricos, contaminación, etc.”. (Broto, 2005, p. 55)

Causas indirectas de lesiones

“Cuando se trata de errores y defectos de diseño o ejecución. Son las que primero se deben tener en cuenta a la hora de prevenir”. (Broto, 2005, p. 55)

Marco Teórico

Deflexiones en vigas y placas de concreto

Según la ACI-435R, 1995, en lo referente para calcular las deflexiones máximas instantáneas, se pueden desarrollar utilizando tres métodos, el primero es la solución clásica, el método de los pórticos virtuales y el método por elementos finitos.

Solución clásica

$$\Delta = \frac{\alpha l^4}{D} \quad \text{Ecu. 1}$$

Donde

Δ : Deflexión en un punto (x,y)

w : Carga transversal uniforme

D : Rigidez de flexión por unidad de ancho, $Eh^3/12(1-\nu^2)$

α : Coeficiente que depende de las condiciones de borde y de la relación de aspecto

l : Mayor luz de la placa (Castro & Castro, 2016)

Método de los pórticos virtuales

Según el Portal Carreteros (2016), mantiene su hipótesis la cual estipula que los pórticos virtuales no interactúan. Sin embargo, éstas se pueden presentar debido a:

- Asimetrías notables en planta o en alzado (de geometría y rigidez).
- Existencia de brochales. Un brochal es una Viga transversal que sirve de apoyo para soportar los extremos de un conjunto de viguetas paralelas, haciendo que se transmitan sus cargas a otras dos paralelas a éstas.
- Estructuras sensiblemente traslacionales.
- Existencia de elementos de rigidización transversal (pantallas, núcleos).
- Acciones no gravitatorias en estructuras no uniformes.
- Fuerte descompensación de cargas o de luces. (Portal Carreteros, 2016, párr. 3)

Método de los elementos finitos

El método de elementos finitos es usado para analizar detalladamente cada uno de los elementos estructurales por estudiar (Cubo, 2010), esto debido a que en éste método se incluyen diferentes

condiciones de carga, de apoyo o soporte, teniendo en cuenta adicionalmente las propiedades mecánicas de los materiales en función del tiempo.

Al discretizar cualquier elemento, éste es dividido en varias partes, en una estructura discreta definiéndose por deformaciones y/o giros que conjuntamente se convierten en un vector de deformación (Celigueta, 2008), para lo cual se debe tener conformada una matriz elemental de rigidez antes de hacer la derivación. La matriz de rigidez de toda la placa es entonces ensamblada. Para solucionar los desplazamientos y momentos internos, es necesario usar la matriz estándar para poder solucionar los desplazamientos y momentos internos, aplicando así mismo técnicas de técnicas de análisis para la solución de ecuaciones de equilibrio. Ahora bien, utilizando el reglamento NSR 2010, en su numeral C.9.5.2.3:

Las deflexiones inmediatas se calculan según dos escenarios, el primero con las ecuaciones y métodos comunes específicas para deflexiones elásticas y el segundo partiendo del hecho que el elemento está fisurado en una o varias partes o si su altura presenta variación, considerándose entonces si se debe o no realizar un cálculo con más detalle. Tal como se muestra en la ecuación 2, considerando el módulo de elasticidad del concreto, el momento de inercia efectivo I_e y el de inercia de la sección bruta del elemento I_g , teniendo en cuenta que el I_e no deber ser mayor que I_g (Castro & Castro, 2016, p. 29)

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left(1 - \left(\left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right) \right) I_{cr} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde,

$$M_{cr} = \frac{F_r I_g}{Y_t}, F_r = 0,62 \lambda \sqrt{f'_c}$$

Y_t

En la Tabla 1, se muestra los valores máximos tolerables de deflexión en placa de acuerdo a diversas situaciones, de acuerdo a lo establecido en la Norma Sismos Resistente 2010, en su tabla C.9.5 (a).

Tabla 1.

Límite de Deflexión Según la NSR 10 Tabla C.9.5 (a)

Tipo de Elemento	Deflexión Considerada	Límite de Deflexión
Cubiertas planas que no soporten ni estén ligadas a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	$\ell/180$
Entrepisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	$\ell/360$
Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de	$\ell/480$
Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes	la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional)	$\ell/240$

Fuente: NSR (2010). Título C - Concreto estructural (p. C-132)

Marco Legal

Normatividad existente NSR10

Norma de las plazas de toros Ley 916 del 2004

NTC 4205-2 Unidades de mampostería de arcilla cocida; mampostería no estructural.

Marco Histórico

En Colombia el sector de la construcción realiza sus edificaciones con métodos constructivos convencionales, de acuerdo a los estudios presentados por la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL, 2012), las edificaciones están basadas en diseños y cálculos estructurales, que son predimensionadas, además que se verifica que cumplan con lo establecido en la norma, “los elementos estructurales de acuerdo a las solicitaciones generadas por las diferentes hipótesis de cargas dígase muerta, viva, sismo, viento, empujes, etc.” (Castro & Castro, 2016, p. 14). Además, se realizan los diseños a flexión, cortante, axial, etc., para que la estructura pueda soportar los esfuerzos máximos a los que se le va a someter durante la etapa de construcción y durante el tiempo de vida útil de la edificación, para prevenir que en el futuro se la integridad de la estructura se pueda comprometer.

Según un estudio realizado en España por Bellonch (2012) citado por Castro y Castro (2016), el 74% de las causas de siniestros en construcciones se relacionan de manera directa con los fallos de la cimbra prematura por el retiro del apuntalamiento, carga excesiva de construcción, defectos del material y falla en el diseño estructural etc. En Colombia poco se ha adelantado referente al estudio de los orígenes de los colapsos en las edificaciones. Respecto a las plazas de toros una de las tragedias más recordadas data del año 1980 donde murieron alrededor de 400 personas al desplomarse el entramado del ruedo, debido a cargas excesivas. (Grupo Crónica, 2020)

Una tragedia más reciente frente a colapsos de plazas de toros ocurrió en el año 2006 en el departamento del Tolima tal y como se registra en el diario El Tiempo, cuyo desplome se

desconoce sus causas, dejando varios heridos en el municipio de Piedra, corregimiento de Doima. (Periódico El Tiempo , 2006)

En Colombia no se cuenta con estudios realizados de colapsos en plazas de toros y menos de aquellas que están construidas en concreto, sin embargo, es un hecho que preocupa bastante dado que muchas de las existentes fueron construidas hace muchos años y se desconoce de los procesos, cálculos y diseños utilizados. Basados en lo anterior se genera una gran incertidumbre referente a la estructura de la plaza de toros del municipio de Aipe, la cual no solo ha sido utilizada para eventos taurinos sino eventos de mayor aglomeración como conciertos, poniendo entredicho que desde su construcción las reparaciones han sido mínimas, en actividades básicas de pintura y lavado. A lo largo de los años se han visto diversas lesiones que a la fecha se desconoce si pueden comprometer la integridad de la estructura.

Alcance y Limitaciones

El alcance del proyecto se determina exclusivamente a la estructura de la plaza de toros, sin tener en cuenta las otras edificaciones que hacen parte integral de la plaza de ferias de Aipe. Tal como se puede evidenciar en la Figura 1 Sectorización de la plaza de toros Aipe.

En el trabajo realizado no se alcanzaron a realizar ensayos destructivos y no destructivos, lo anterior teniendo en cuenta el agobiante problema por el cual atraviesa el mundo referente a la pandemia y según la metodología inicial planteada contemplaba la realización de los ensayos en marzo de 2020.



Figura 1. Sectorización Plaza de Toros Aipe- Alcance del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia

Metodología

Esta investigación tiene enfoque cualitativo el cual se llevó a cabo por medio de una revisión exhaustiva mediante auscultación en el sitio del proyecto y apoyado con base en la información suministrada por parte de la Alcaldía municipal de Aipe, como actividad inicial se recopiló la información contextual del sitio, en lo referente a los aspectos físicos propios de la estructura y de las edificaciones cercanas a éste. Luego se procedió con la ayuda del archivo municipal con la búsqueda de los archivos correspondientes propios de la Plaza de toros, seguidamente se realizó levantamiento en sitio, de las principales lesiones, una vez levantada las lesiones se realizaron fichas de levantamiento con el fin de identificar las lesiones y posibles causas. Por último, con los datos recopilados se realizó diagnóstico general del estado de la estructura, realizando una pequeña verificación de vulnerabilidad y recomendando la metodología de intervención para la estructura con el propósito de darle continuidad al uso del escenario teniendo en cuenta que lleva 2 años suspendida. A continuación, se realiza resumen de las actividades desarrolladas en la Tabla 2.

Tabla 2.

Fases de Metodología

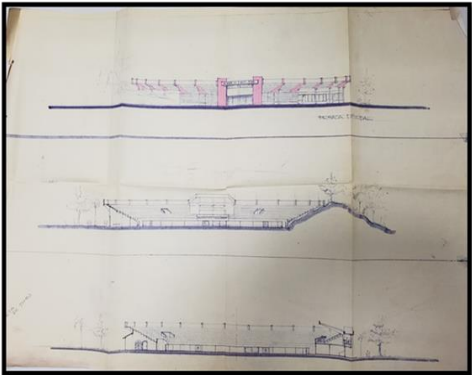
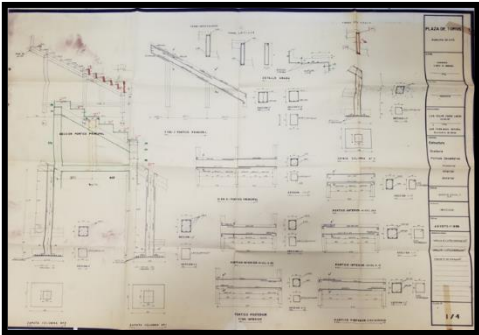
FASE 1	
Recolección Preliminar de Información	
No.	ACTIVIDAD
1	Consulta De Información Existente Gracias a la colaboración del archivo municipal, se encontraron los planos arquitectónicos de la fecha en que se construyó la plaza, y los estructurales, no se encontraros archivos de memorias estructurales ni de suelos. El archivo municipal es muy precario y los planos están bastante delicados por la calidad del papel. También se consultó con el historiador reconocido del municipio dado que sus anécdotas también nos ampliaron el panorama del momento en que se construyó la plaza de Toros, lo significativo y emblemático del sitio para el municipio. 

Tabla 2. (Continuación)

FASE 2	
Auscultación física	
No.	ACTIVIDAD
	Se realizó visita al sitio del proyecto realizando inspección visual y levantamiento de las principales lesiones patológicas evidenciadas. En visita efectuada a la plaza de toros, se realizó el recorrido preliminar, encontrando una estructura que ha venido teniendo un deterioro progresivo a través del tiempo, su limitado mantenimiento por parte de las administraciones municipales, y su poco uso han hecho que la estructura presente varias dificultades estructurales.
2	El paciente en estudio presenta una serie de fisuras y grietas que muestran un grave problema en su estructura, que se determinará por medio de ensayos no destructivos y destructivos, así como una grave afectación física, debido al grado de penetración del agua en casi todos los espacios en estudio, el cual se evidencia en las fotografías tomadas y que se presentan a continuación; de la misma forma en la inspección preliminar también se evidenció otra serie de lesiones tales como desgaste, carbonatación, ataque orgánico, lesiones mecánicas ocasionadas por mala práctica constructiva y corrosión. Todas estas lesiones que se evidencian en la inspección preliminar, serán analizadas en el transcurso del desarrollo del presente trabajo.

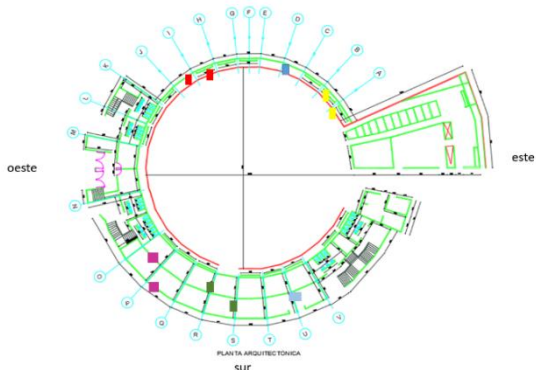
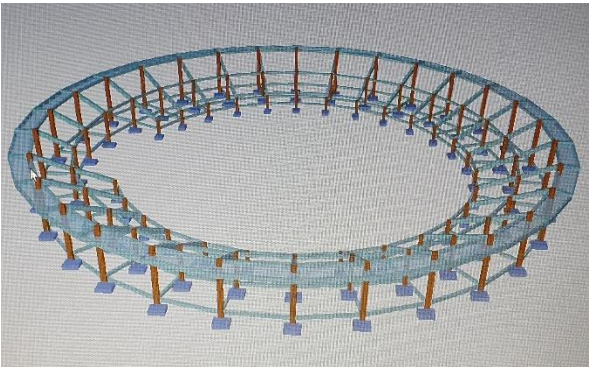


Tabla 2. (Continuación)

FASE 3	
Procesamiento de la información	
No.	ACTIVIDAD

3 Se realizó en AutoCAD la digitalización de los planos dado que los existentes no los permitían manejar por el estado del material, por la antigüedad.

La forma escogida para recopilar los datos del paciente, es a través de formatos, los cuales contienen toda la información necesaria tal como tipo de lesión, características de la misma y ubicación. La información se tabulará por medio de unos formatos denominados fichas de registro, los cuales tienen una secuencia lógica y un código sencillo de identificación, dichos formatos contienen las características de cada lesión, su respectiva valoración en la tabla de lesiones y su registro fotográfico.



FICHA DE CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LESIONES									
	PROYECTO	ESTUDIO PATOLÓGICO Y PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN EN LA PLAZA MONUMENTAL DE TOROS- MUNICIPIO DE AIPE							
	ORIENTACIÓN	ZONA NORTE (GRADERÍAS)							
	ELEMENTO AFECTADO	GRADERÍAS							
	MATERIAL AFECTADO	CONCRETO							
SISTEMA CONSTRUCTIVO									
VALORACIÓN VISUAL									
FECHA DE ELABORACIÓN	22/03/2019	TIPO DE LESIÓN	DAÑO	SEVERIDAD	AFECTACIÓN				
LESIÓN	S/N	PAQUA	QUIN	MECA	INTROTC	NO INTROTC	ALTA	INTERM	BAJA
ALTERACIONES SUPERFICIALES									
CARBONATACIÓN									
CORROSIÓN									
DESPEDIMENTOS									
EFLORESCENCIA									
EROSIÓN									
FIGURA	S		X		X	X	X	X	X
HUMEDAD	S	X			X		X	X	X
ORGANISMOS VEGETAL Y ANIMAL									
OXIDACIÓN									
PICADURA									
RUIDIDAD									
UBICACIÓN DE LA LESIÓN									
OBSERVACIONES: Se presentan humedades en los escalones de la gradería por filtración de agua lluvia, se evidencia presencia de fisuras leves, el agua lluvia ingresa por las fisuras.									

Fuente: Elaboración propia

Descripción de la Selección del Paciente

Determinamos realizar el estudio patológico de la plaza de toros del municipio de Aipe - Huila, por su nivel de importancia en la comunidad del municipio, puesto que representa un referente en las tradiciones de las festividades san pedrinas del municipio, por su majestuosa arquitectura basada en modelo español convencional, representa para los Aipunos uno de los sitios por mostrar y utilizar en diversos eventos , sin embargo su estructura general ha entrado en decadencia y resulta necesario realizar un diagnóstico definitivo con el fin de tomar decisiones puntuales en cuanto a los tratamientos que se deben realizar en las lesiones presentadas, el propósito final, es que como hijos del municipio de Aipe, contribuyamos con una posible propuesta de intervención que permita mejorar las condiciones actuales y sea posteriormente utilizado en nuestras festividades. Además, nuestro paciente cumple con las exigencias académicas para optar al título de especialista en patología de la construcción.

Preparación y Planteamiento del Estudio

Inspección preliminar

En visita efectuada a la plaza de toros, se realizó el recorrido preliminar, encontrándose una estructura que ha presentado un deterioro progresivo a través del tiempo, su limitado mantenimiento por parte de las administraciones municipales, y su poco uso han hecho que la estructura presente varias dificultades estructurales.

El paciente en estudio presenta una serie de fisuras y grietas que muestran un grave problema en su estructura, debido al grado de penetración del agua en casi todos los espacios de la plaza,

evidenciado en el registro fotográfico; así mismo en la inspección también se pudo evidenciar otra serie de lesiones tales como desgaste, ataque orgánico, lesiones mecánicas generadas por la mala práctica constructiva y corrosión.

Información necesaria para el estudio

Se solicitó a la alcaldía municipal de Aipe, entidad que actualmente tiene a su cargo la administración de la plaza de toros, la siguiente información para realizar el estudio patológico.

- Planos arquitectónicos.
- Diseños estructurales y memorias de cálculo.
- Levantamiento topográfico.
- Estudio de suelos

Forma de almacenar y tabular la información

La manera escogida para recopilar los datos del paciente, fue través de formatos, los cuales contienen toda la información necesaria tal como tipo de lesión, características de la misma y ubicación.

La información se tabuló por medio de unos formatos denominados fichas de registro, los cuales tienen una secuencia lógica y un código sencillo de identificación, dichos formatos contienen las características de cada lesión, su respectiva valoración en la tabla de lesiones y su registro fotográfico.

Procedimiento para recopilar información en el campo.

- Para la recolección de datos del paciente, se determinó realizar el siguiente procedimiento:
- Recorrido general del entorno
- Identificación de las lesiones
- Toma de evidencia fotográfica
- Desarrollo de formatos y fichas de registro

Alcances de la exploración

Se realizó una inspección visual, para determinar las lesiones más evidentes en las zonas de estudio, para posteriormente registrar los diferentes tipos de lesiones a través de formatos diseñados para ese efecto, dejando registro fotográfico como evidencia de cada una.

Para realizar la inspección, se requirió “la utilización de elementos de medición no destructivos como fisurómetros, toma de medidas con cintas métricas, plomos y niveles con equipo de niveles” (Quintero & González, 2018, p. 15).

Definición de los medios para realizar la exploración

- Cinta métrica
- Fisurómetros
- Cámara fotográfica

Medidas preventivas durante la exploración

Para la exploración se tuvo en cuenta toda la seguridad exigida y necesaria por el Ministerio de Protección Social.

Servicios especializados para la exploración

- Comisión de Topografía.
- Asesor estructural
- Ingenieros civiles

Historia Clínica

Datos Específicos del Estudio

Nombre del paciente: Plaza Monumental de Toros- municipio de Aipe – Huila.

Ubicación: Se encuentra al norte del departamento del Huila tal como se muestra en la Figura

2.

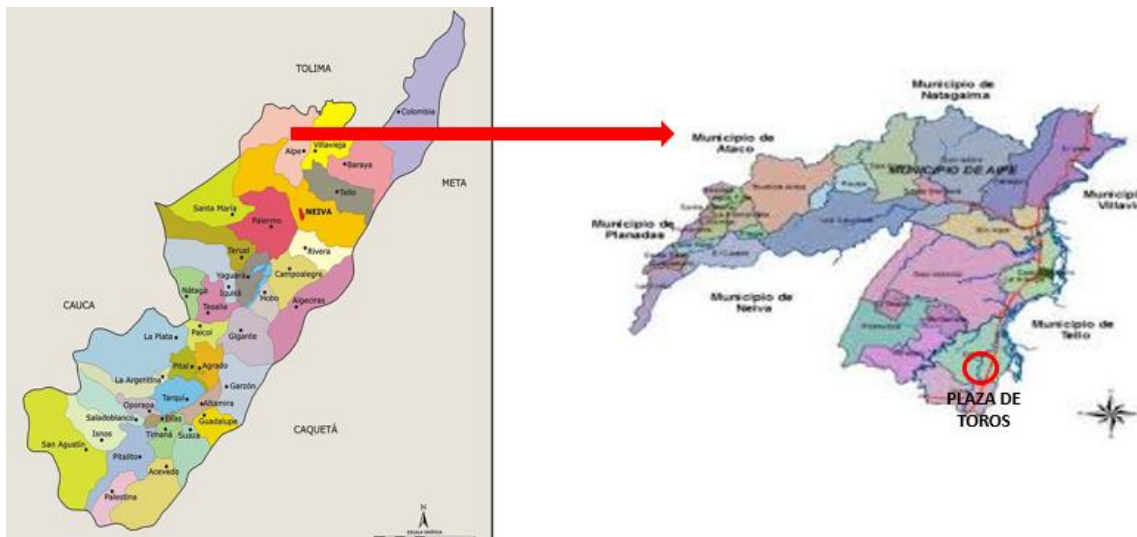


Figura 2. Localización Espacial. Fuente: Concejo Municipal del Aipe (2012)

La plaza de toros de Aipe se encuentra ubicada sobre la avenida principal los Fundadores, salida principal hacia el norte rumbo a la ciudad de Bogotá y hacia el sur con la capital del Departamento del Huila (Neiva), siendo ésta una de las avenidas más concurridas por los habitantes del municipio. Se representa gráficamente en la Figura 3:

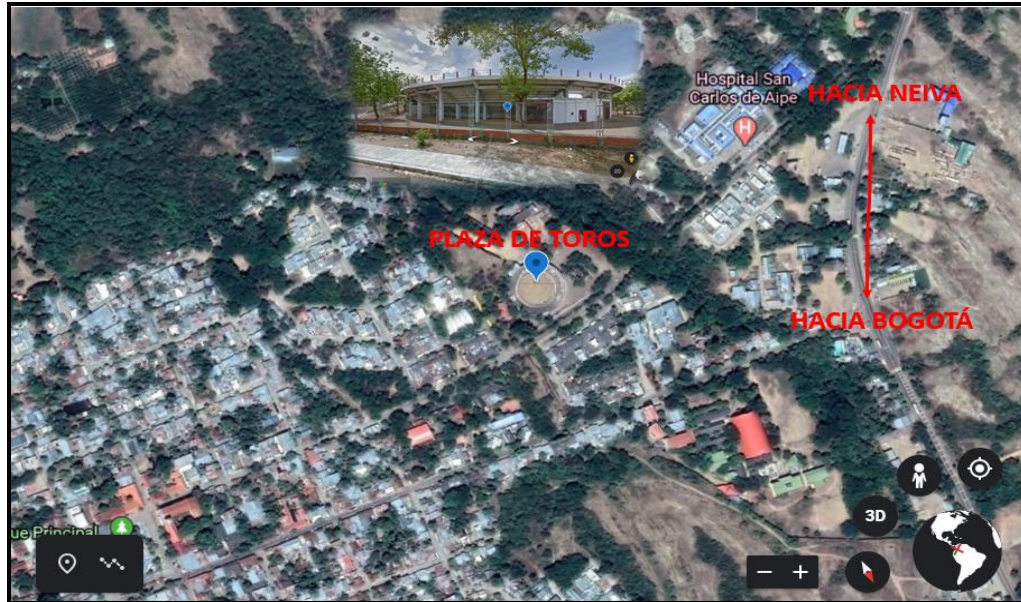


Figura 3. Panorámica Ubicación Plaza de Toros – Aipe. Fuente: Elaboración propia adaptada de Google Earth

Datos Generales del Inmueble o Paciente, su Contexto y su Localización

Uso previsto actual

En la zona urbana en cercanías a la Avenida Nuevo Milenio, barrio Chicalá, se encuentra localizada toda la infraestructura correspondiente a la Plaza de Ferias, que lo integran: una plaza de toros que recibe el nombre de “La Monumental”, la cafetería, el corral para exposición de bovinos, equinos y muestras de especies menores, con un remate final compuesto por un vivero donde se reproducen especies arbóreas nativas para reforestación y frutales, con un complemento adicional de dos (2) lagos artificiales que hacen parte del sitio denominado Parque Bosque. Esta obra de la Arquitectura moderna, se construyó en las Administraciones de los Alcaldes

populares: Luis Felipe Conde Lasso y Constanza Arias Perdomo, en el periodo comprendido entre 1.989 y 1.992.

Sistema constructivo y estructural

La Plaza de Toros “La Monumental “, fue construida con estructura de acero y concreto. Cuenta con una capacidad de 5.000 espectadores aproximadamente, callejón, ruedo de lidia con las especificaciones técnicas requeridas para este tipo de escenarios, iluminación interior y exterior y servicios de baños. El área de construcción se estima en 1.200 metros cuadrados aproximadamente.

Sistema aporticado: es aquel que está conformado por vigas y columnas como elementos estructurales, que se conectan por medio de nudos formando pórticos resistentes en las dos direcciones principales de análisis (x, y). Tal como se muestra en la Figura 4:



Figura 4. Sistema Aporticado Plaza de Toros Aipe. Fuente: elaboración propia

➤ **División por servicios de la estructura y zona gradería:** En la Figura 5 se detalla la división del componente de la plaza de toros referente a las zonas de servicios básicos de funcionamiento; en la Tabla 3 se relacionan el total de graderías con su altura y nivel.

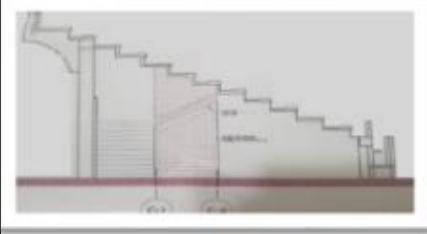
	DESCRIPCIÓN	ALTURA(m)
	ACCESO	0,00
	DESPRESADERO	0,20
	RUEDO	0,65
	GRADERÍA	2,60
	ÚLTIMO TENDIDO	6,20

Figura 5. Composición de la Estructura y Dimensiones. Fuente: elaboración propia

Tabla 3.

Distribución de Niveles y Alturas Graderías

DESCRIPCIÓN	NIVEL(m)	ALTURA(m)
Gradería 13	6,2	0,3
Gradería 12	5,9	0,3
Gradería 11	5,6	0,3
Gradería 10	5,3	0,3
Gradería 9	5,0	0,3
Gradería 8	4,7	0,3
Gradería 7	4,4	0,3
Gradería 6	4,1	0,3
Gradería 5	3,8	0,3
Gradería 4	3,5	0,3
Gradería 3	3,2	0,3
Gradería 2	2,9	0,3
Gradería 1	2,6	0,3
Acceso	0	2,6

Fuente: elaboración propia

➤ **Dimensiones de los elementos estructurales:** A continuación, en la Tabla 4 se relacionan las diferentes dimensiones diseñadas para los elementos de vigas y columnas que forman parte de la estructura de la Plaza de Toros.

Tabla 4.

Elementos estructurales Plaza de Toros

Descripción	Dimensión
Columnas Externas	40cm x 50cm
Columnas Internas	40cm x 40 cm
Viga inclinada del pórtico	40 cm x 50 cm
Viga de amarre de cimentación	30 cm x 30 cm
Vigas pórticos	30 cm x 30 cm

Fuente: elaboración propia

➤ **Cimentación:** La cimentación se estructuró en tres partes, conforme a la distribución geométrica de la estructura de la siguiente forma: en el círculo interior zapatas con dimensiones de 1,60 m x 1,20 m x 0,40, para el círculo intermedio y el círculo exterior se construyeron zapatas con dimensión de 1,60m x 1,50 m x 0.40m

Normativa actual que lo rige

Teniendo en cuenta que fue construido desde el año 1989, para dicha época El Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes expedido por medio del Decreto-Ley 1400 de 1984 se constituyó como la primera iniciativa para normalizar el diseño y construcción de estructuras en el medio nacional cuya vigencia fue por aproximadamente 14 años. En la actualidad la normatividad existente para estructuras sismos resistentes es la NSR 10, la cual

próximamente sufrirá un cambio a la NSR 20 y por la norma 916 del 2004 sobre normatividad en plazas de toros.

Datos generales del entorno

La plaza monumental de toros se encuentra ubicada en un lugar estratégico del municipio de Aipe, a su alrededor limita con la vía principal hacia la carretera nacional rumbo al municipio de Neiva, las construcciones que hacen parte contextual de la plaza corresponde a zona de baños, zona de cafetería, corrales para exposición de bovinos, equinos y muestras de especies menores

Aplicación Patológica

Geriátrica: debida a la antigüedad de construcción de la estructura de la plaza de toros Aipe, con más de 30 años de antigüedad.

Medio ambiente

“En Aipe, los veranos son cortos, muy caliente, bochornosos y mayormente nublados y los inviernos son cortos, caliente, opresivos, mojados y nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 23 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 37 °C” (Weather Spark, 2019, párr. 4).

Pluviosidad

En Aipe la probabilidad de días mojados presenta una variación considerablemente a lo largo del año, observándose períodos más mojados de 8,3 meses, de 24 de septiembre a 4 de junio, con una probabilidad de más del 36 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 56 % el 5 de noviembre. Por otro lado, el período más seco tiene una duración aproximada de 3,7 meses, del 4 de junio al 24 de septiembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 15 % el 9 de agosto. (Weather Spark, 2019, párr. 7).

Fuentes de emisiones contaminantes

La principal fuente contaminante corresponde a la producción de CO₂, emitida por los vehículos que pasan por la vía principal que conduce hacia el municipio de Neiva, por ser vía Nacional principal presenta un alto flujo vehicular de carga pesada, especialmente en horas de la mañana y la noche, con el propósito de abastecer la capital del departamento del Huila.

Datos Específicos de las Lesiones

Fisuras en graderías

El 60% de las graderías presenta fisuras no mayores a 3mm, su origen posiblemente se debe al empozamiento de agua durante las fechas de lluvia intensa en la región, concentrando en las

gradas una gran parte de agua lluvia sin evacuación o protección, sumado a esto espesor de las gradas es de 10cm, y según el tipo de fisura evidenciada son paralelas al sentido de ubicación de los aceros. Tal como se muestra en las Figuras 6 y 7.



Figura 6. Lesiones de Fisuras en las Gradas. Fuente: elaboración propia

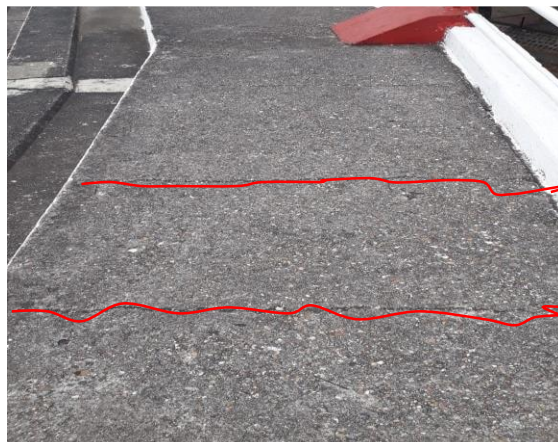


Figura 7. Fisuras en Voladizo parte Superior de Graderías. Fuente: elaboración propia

Desprendimiento

Esta lesión básicamente se encuentra en toda la zona externa de las graderías, la cual posiblemente se genera a través de filtración de humedad, la cual atraviesa el elemento completo de viga soporte, generando desprendimiento del material y a su vez generando exposición directa de los aceros, lo cual potencialmente se puede convertir en un posible caso de corrosión en el acero. Tal como se evidencia en las Figuras 8 y 9:



Figura 8. Desprendimiento de Material Zona Externa Gradería. Fuente: elaboración propia



Figura 9. Exposición del Material de Composición del Concreto. Fuente: elaboración propia

Humedad

Se pudo apreciar en la zona interna de las graderías de la plaza, así como la zona externa, debido a la fecha en la que se tomó el registro fotográfico, recién pasada zonas de lluvias esporádicas en la región se lograron apreciar varias zonas con presencias altas de humedad (véase la Figura 10).



Figura 10. Humedad Zona Externa Graderías, Voladizo. Fuente: elaboración propia

Grietas

Lesión mecánica presentada en vigas principales, aunque no superan 1cm de espesor, se deben tener en cuenta un especial cuidado, dado que se evidencian en elementos principales de la estructura, lo cual pueden llegar a comprometer su integridad.



Figura 11. Fisuras en vigas. Fuente: elaboración propia

A continuación, se presenta un ejemplo de los formatos utilizados para la identificación de lesiones en las Tablas 5, 6 y 7.

Lesiones Identificadas (Mecánicas – Fisuras)

Fuente: elaboración propia

Tabla 6.

Lesiones Identificadas (Físicas – Desprendimientos)

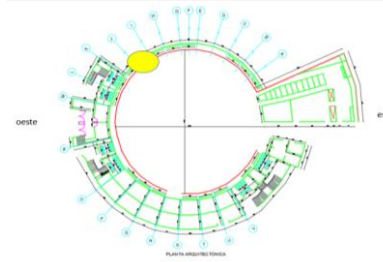
FICHA DE CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LESIONES												
 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	ESTUDIO PATOLÓGICO Y PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN EN LA PLAZA MONUMENTAL DE TOROS- MUNICIPIO DE AIPE DEPARTAMENTO DEL HUILA.											
	PROYECTO											
	ORIENTACIÓN											
	ELEMENTO AFECTADO											
	MATERIAL AFECTADO											
SISTEMA CONSTRUCTIVO												
UBICACIÓN DE LA LESION												
												
VALORACIÓN VISUAL												
FECHA DE ELABORACIÓN	TIPO DE LESIÓN		DAÑO		SEVERIDAD			AFECTACIÓN				
LESIÓN	S/N	FISICA	QUIM	MECA	ESTRUC	NO ESTRUC.	ALTA	MEDIA	BAJA	SEG.	FUNC.	ASP.
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X				X			X			X
CARBONATACIÓN												
CORROSIÓN												
DESPRENDIMIENTO		X				X			X			X
EFLORESCENCIA												
EROSIÓN												
FISURA												
HUMEDAD												
ORGANISMOS VEGETAL Y ANIMAL												
OXIDACIÓN												
PICADURA												
SUCIEDAD												



FOTO No. 1



FOTO No. 2



FOTO No. 1



FOTO No. 2

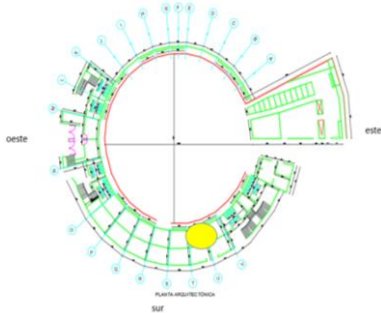
OBSERVACIONES: Se presenta desprendimientos de concretos en las juntas horizontales de la gradería.

ORIGEN: Mala calidad del material, humedad.

Fuente: elaboración propia

Tabla 7.

Lesiones Identificadas. (Mecánicas – Fisuras)

FICHA DE CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LESIONES											
 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	PROYECTO		ESTUDIO PATOLÓGICO Y PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN EN LA PLAZA MONUMENTAL DE TOROS- MUNICIPIO DE AIPE DEPARTAMENTO DEL HUILA.							UBICACIÓN DE LA LESION 	
	ORIENTACIÓN		ZONA SUR (GRADERÍAS)								
	ELEMENTO AFECTADO		VIGA GRADERÍAS- PARTE EXTERNA DEL RUEDO								
	MATERIAL AFECTADO		CONCRETO								
	SISTEMA CONSTRUCTIVO										
VALORACIÓN VISUAL											
FECHA DE ELABORACIÓN		TIPO DE LESIÓN			DAÑO		SEVERIDAD		AFECTACIÓN		
LESIÓN		S/N	FISICA	QUIM	MECA	ESTRUC	NO ESTRUC.	ALTA	MEDIA BAJA	SEG. FUNC. ASP.	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X					X		X	X	
CARBONATACIÓN											
CORROSIÓN											
DESPRENDIMIENTO		X					X		X	X	
EFLORESCENCIA											
EROSIÓN											
GRIETA					X	X		X		X X	
HUMEDAD											
ORGANISMOS VEGETAL Y ANIMAL											
OXIDACIÓN											
PICADURA											
SUCIEDAD											
 FOTO No. 1  FOTO No. 2											
OBSERVACIONES: Vigas de la zona sur del ruedo externo de la plaza presenta desprendimiento de concreto superficial, presenta grieta de más de 3mm de espesor.											
ORIGEN: Lesión mecánica, procesos constructivos, diseño, material.											

Fuente: elaboración propia

Descripción de la Patología más Relevante en el Paciente

En la Figura 12 se presenta el consolidado con las lesiones más comunes identificadas de forma visual mediante visita técnica al sitio de estudio. Dentro de las cuales se destacan fisuras, humedades, desprendimientos, grietas.

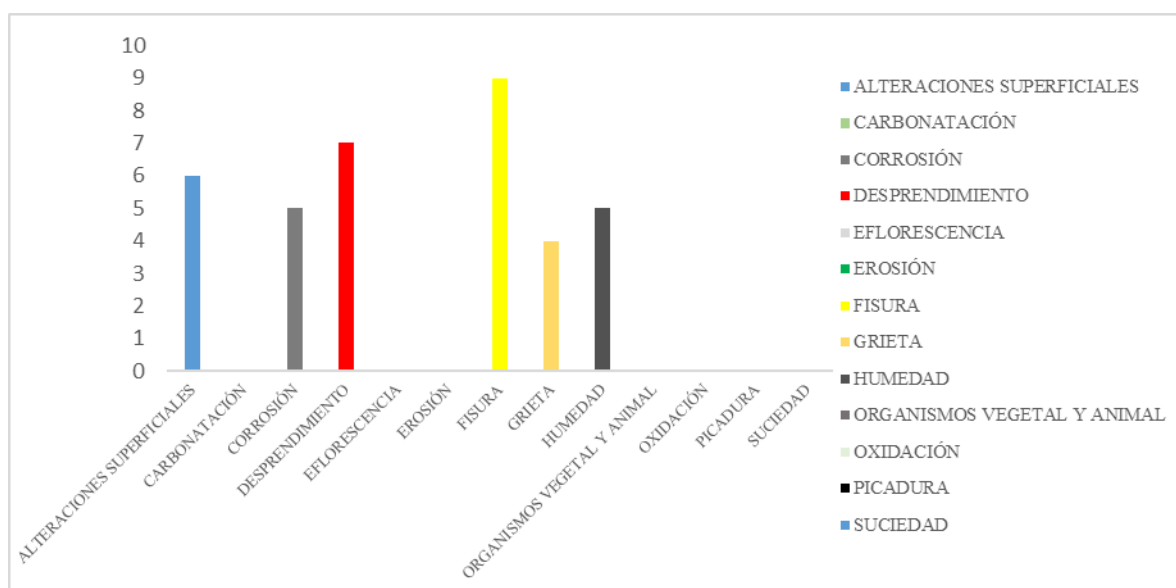


Figura 12. Gráfico de Lesiones Comunes en la Estructura. Fuente: elaboración propia

Información existente

Se realizó consulta en el archivo municipal, donde reposa toda la información del municipio, en éste solo se encontró carpeta física con planos a mano alzada y algunos en AutoCAD Versión 2., no se evidenció presencia de levantamiento topográfico ni estudio de suelos. Al respecto nos corresponde realizar el levantamiento topográfico y para efectos de la determinación aproximada del tipo de suelo se cuenta con unos realizados recientemente a una construcción aledaña a la plaza.

Estado general de conservación

Respecto al estado de conservación se podría decir que de forma general conserva el 85% de su estructura original diseñada, se ha realizado en diversas ocasiones pinturas y resanes a la estructura en concreto. En la Figura 13, se muestra una comparación fotográfica entre 1989 en su inauguración versus 2018 en el mes de octubre. En la actualidad la plaza se encuentra cerrada para usos de eventos de corridas de toros y las ferias y fiestas del municipio, lo anterior por no contar con un estudio patológico y de vulnerabilidad sísmica que permita establecer si es prudente seguir utilizando en eventos masivos, o si se deben tomar medidas contingentes para evitar futuros desastres de colapso.



Figura 13. Fotografía Comparativa Plaza de Toros Aipe (1989- 2018). Fuente: elaboración propia

Topografía

No se cuenta con planos topográficos, por lo cual se realizó el levantamiento topográfico, como parte del trabajo de grado. Una de las grandes ventajas del terreno consiste es que según el POT del Municipio es zona rocosa plana el sitio de ubicación de la plaza de toros.

Arquitectura

De acuerdo a lo consultado en la base de datos del archivo municipal se encontraron los siguientes planos relacionados en la imagen No.17 y 18. De igual forma se presentan los actualizados versión AutoCAD 2019 en la Figura 14.

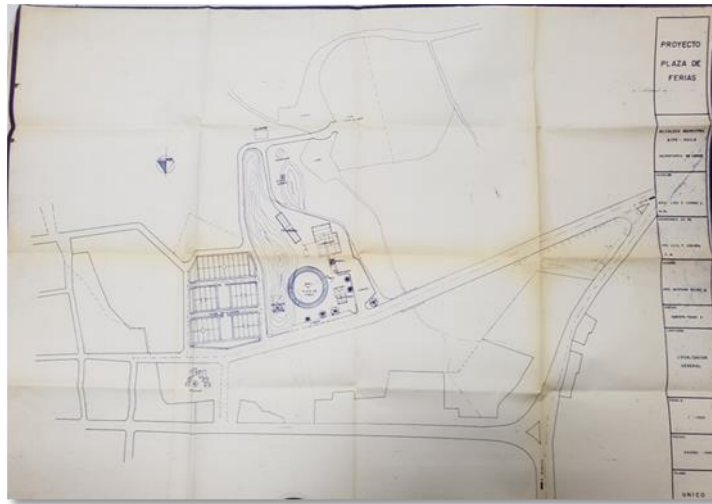


Figura 14. Plano de Implantación General. Fuente: Archivo Municipio de Aipe

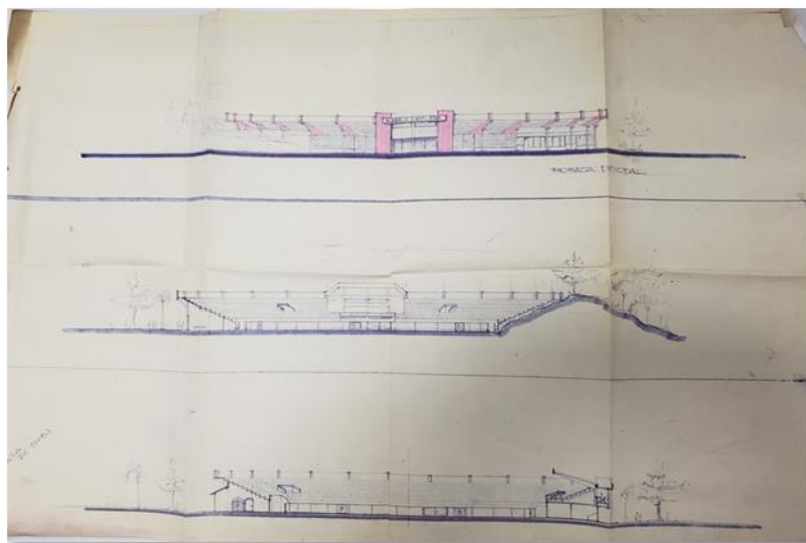


Figura 15. Fachadas y Cortes. Fuente: Archivo Municipio de Aipe

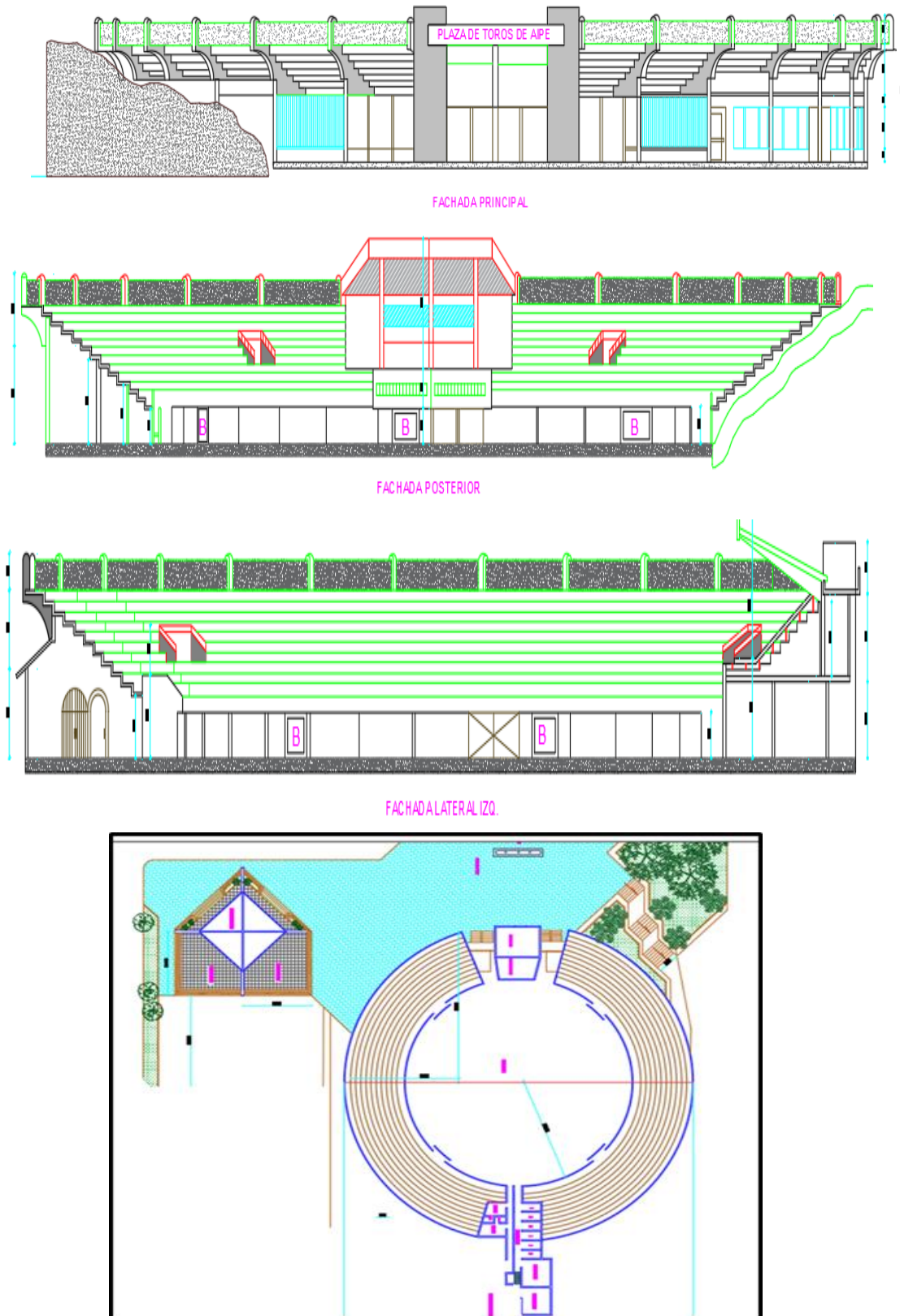


Figura 16. Planos Arquitectónicos Versión 2019. Fuente: elaboración propia

Estructura

Respecto a la estructura se encontraron pocos planos sobre el diseño estructural, no se encontraron memorias de cálculo. Se cuenta con plano de despiece de graderías, vigas y de cimentación representados en las Figuras 17 y 18.

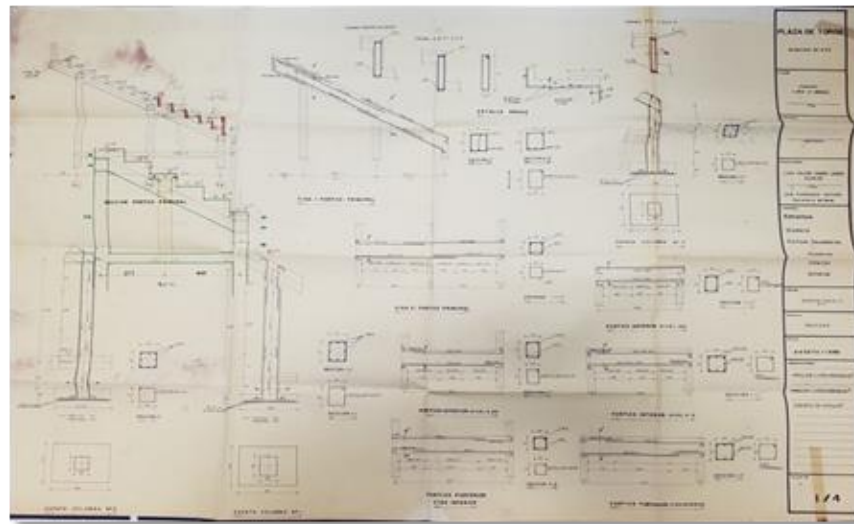


Figura 17. Detalles. Fuente: Archivo Municipio de Aipe

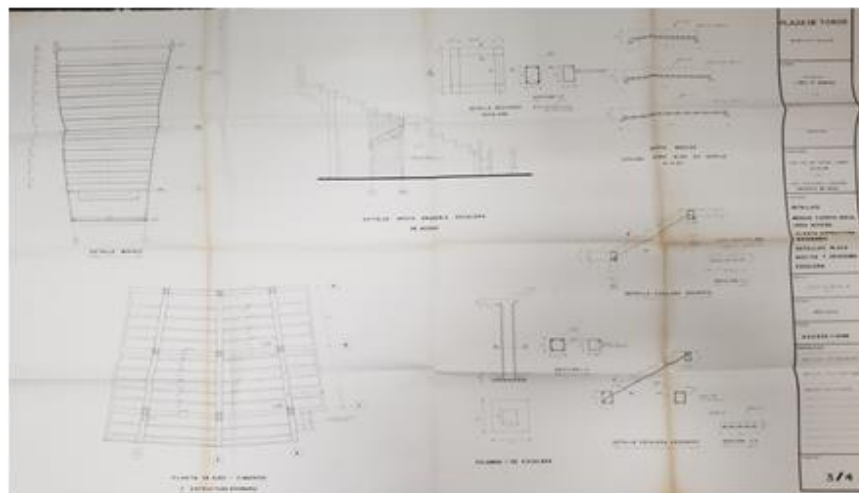


Figura 18. Despieces. Fuente: Archivo Municipio de Aipe

Se realizó digitación de planos versión AutoCAD 2019 tal como se muestra en la Figura 18.

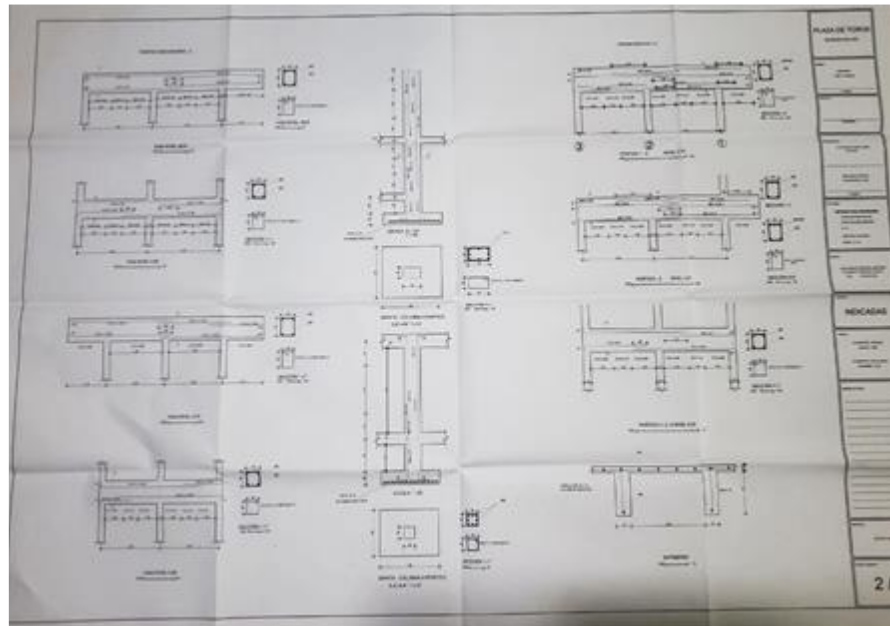


Figura 19. Planos Estructurales Digitados. Fuente: elaboración propia

Clasificación de la estructura

➤ **Por diseño y construcción:** De Acuerdo a la NSR10 título A.10.2.2.1 que indica los parámetros de calificación del diseño y construcción de las edificaciones, se puede afirmar que tanto el diseño como la construcción de manera cualitativas puede decir que tiene una calificación BUENA.

➤ **Por estado de la estructura:** De acuerdo a la NSR10 título A.10.2.2.1 que indica los parámetros de calificación, el estado de la estructura, podemos decir que el estado es REGULAR. Dado que presenta una afectación importante ocasionada por la figuración, grietas, filtraciones excesivas y exposición de aceros.

➤ **Determinación de las cargas sobre los elementos:** Las cargas que presenta la estructura en la actualidad, están representadas por las cargas muertas, derivadas de su peso propio y las cargas vivas representadas por la ocupación del público en las graderías.

➤ **Relación entre demanda y capacidad:** La relación entre la demanda y la capacidad del paciente en estudio, está representada por ser un escenario poco utilizado, exclusivamente se utilizaba en el mes de junio para las festividades de san Juan y San Pedro actividades, capacidad para 5.000 personas.

Estudio de suelos

Geología general del paciente

El terreno del paciente corresponde a zonas relativamente planas bien drenadas de topografía suave que constatan con la zona de avance de la cordillera oriental, es característica primordial de estos suelos, un buen drenaje por su posición topográfica y la composición de los suelos presentes. En la Figura 20 se muestra el esquema estructural geomorfológico del Departamento del Huila, especificando la zona del municipio de Aipe.

Para el caso de estudio y teniendo en cuenta que en el archivo municipal no reposa información de estudios de suelos elaborados en la época de construcción, se toma como referencia los estudios de suelos de la construcción del asilo municipal, el cual se encuentra ubicado aproximadamente a menos de 500 m tal como se muestra en la Figura 20.

El perfil estratigráfico del suelo explorado, corresponde a depósitos de tipo aluvial conformado por capas de arenas finas, con finos limosos de nula plasticidad, poco densas,

humedad baja, subyace a esta capa un conglomerado polimíctico medianamente consolidado con matriz arenosa de grano fino, con material cementante ferruginoso oxidado de colores pardo a rojizo con presencia de alguna gravilla redondeada presencia de partículas arenisca altamente meteorizada de diámetros grandes. Tal como se evidencia en el estudio de suelos realizado.

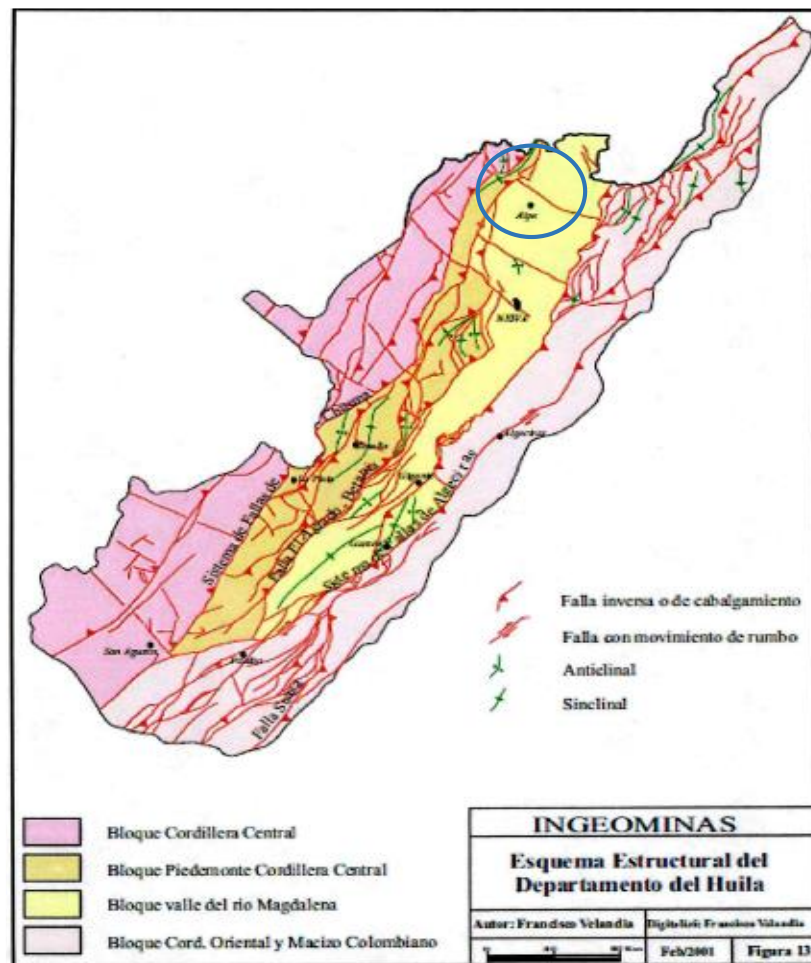


Figura 20. Esquema Estructural Geomorfológico del Huila. Fuente: Estudio de suelos (Ingeo LAB – 2014).



Figura 21. Distancia entre la Plaza de Toros y el Sitio de Exploración del Suelo. Fuente: adaptado de Google Earth

Diagnóstico Patológico

Las lesiones que se encontraron fueron ocasionadas básicamente por el deterioro progresivo a la que ha estado expuesta la estructura estudiada, lo cual se evidencia en la lesión más común como son las humedades causadas por el mal manejo de las aguas lluvias, que ha desencadenado la gran mayoría de las lesiones observadas, tales como filtraciones en graderías y descascaramientos del recubrimiento del concreto quedando expuesto el acero de refuerzo a la intemperie de las gradas por la parte inferior ocasionados por las mismas filtraciones (Quintero & González, 2018).

El medio ambiente en la zona del proyecto, no es causa de las lesiones encontradas teniendo como base que se encuentra en zona alejada de cualquier posible deslizamiento o remoción.

La falta de mantenimiento periódico preventivo y correctivo después de su construcción de aproximadamente más de 30 años, también ha conllevado a que los problemas de humedades hayan

trascendido en la estructura causando mayores acciones que aceleran el daño por carbonatación en el concreto y corrosión en los aceros de las gradas, y demás elementos estructurales como columnas y vigas.

Las condiciones del material con el cual fue construido, pueden también incidir en el comportamiento de la estructura, así como los procesos constructivos que fueron realizados en aquella época pone en evidencia la poca capa de recubrimiento del acero en algunas zonas de la plaza. Dicho acero tendrá que verificarse si presenta estado de corrosión.

Actualmente la estructura se encuentra comprometida al punto de considerarse inestable en la zona estudiada, por lo tanto, se encuentra cerrada al público, pero puede ser recuperada y rehabilitada.

Por ser una estructura expuesta a la intemperie, el problema mayor lo ocasiona las aguas lluvias porque las graderías inicialmente no tenían desagües, y después de 20 años se construyó, sin embargo, no es suficiente, debido a la geometría de la grada y su posición a nivel no es posible la evacuación por sí sola, y el agua permanece ahí represada hasta que por altas temperaturas del día se van evaporando.

Vulnerabilidad Sísmica

El municipio de Aipe se encuentra es zona sísmica alta, de acuerdo con la Figura 2. Se detallan los valores de Av y Aa.

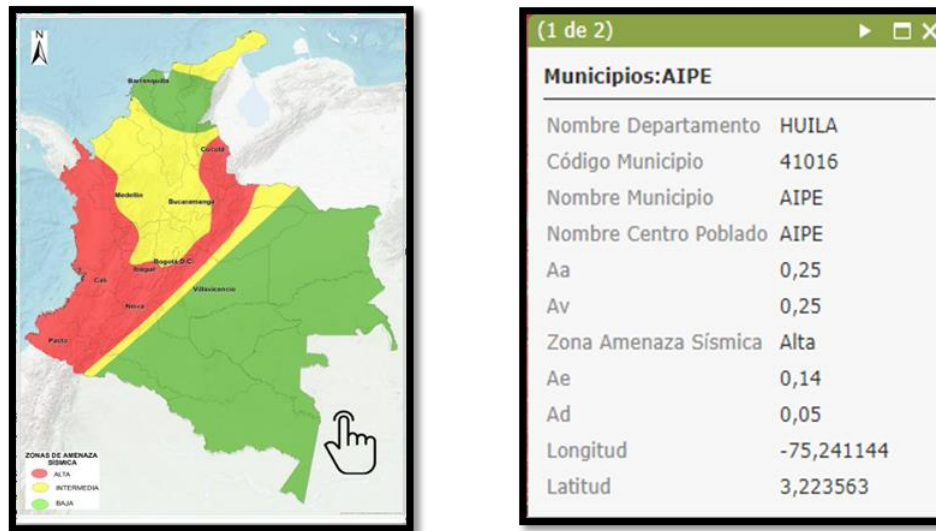


Figura 22. Zonificación y Sismicidad Municipio de Aipe – Huila. Fuente: Servicio Geológico Colombiano (2016)

La plaza de toros del Municipio de Aipe Huila es una estructura en su 100% compuesta por elementos estructurales así:

- Vigas secundarias (gradadas en forma de L) en concreto rígido
- Vigas principales concreto rígido
- Columnas en concreto rígido
- Vigas de sobre cimientto en concreto rígido
- Zapatas en concreto rígido

En el apartado del A.10.2.1, que se refiere a la información previa tenemos:

Se encontró los planos estructurales en un estado muy descuidados estaban contaminados, algunos tenían comején y además el color amarillo oscuro por su descuido casi no se veían las cotas y algunos de talles estructurales estaban borrosos, y no se encontró por ningún lado memorias de cálculo. Y en cuanto a la obra pues por estar a la intemperie siempre se le notan humedades, y como se ha dicho siempre las bancas inicialmente no tenían desagües para evacuar el agua lluvia, es claro que las gradas están a nivel y por eso el agua se estanca y no sale por no tener pendientes o inclinaciones, en el año 2004 se les hicieron un desagüe por grada, pero tampoco fue suficiente y eso se arriesgaron a debilitar la grada perforándola en un diámetro de 2", traspasando su espesor de 10 centímetros para conectarla al sistema de aguas lluvias, esta perforación la hicieron centrada donde la grada (viga secundaria) trabaja a esfuerzos de compresión por encima y tensión por debajo, pues el riesgo esta es por donde trabaja a compresión. Todas estas exploraciones se hicieron en diciembre de 2019, y además también se encontraron en las graderías que empezando de abajo hacia la más alta tenemos 12 gradas con un ancho de 75 centímetros y 40 centímetros lo ocupa la persona sentada y 35 centímetros es por donde pueden circular las personas y también para poner los pies del que está en la grada superior. Algunas de las gradas presentan afloramientos o descascamientos del concreto y se puede ver en algunas partes de la grada por debajo los aceros y están ya con corrosión, aun no se les ha medido el diámetro a las varillas para ver cuanta área de refuerzo han perdido a causa de la corrosión. Y el otro detalle que se observo es que el sistema de evacuación de agua interna dentro del ruedo sobre suelo natural no funciona ya se han colmatado todas las tuberías según planos es un sistema tipo espina de pescado, y cuenta con 4 cajas de inspección. Cuenta con 4 torres con reflectores y cuenta con dos combos de baterías sanitarias.

Si observamos las Figuras 23 y 24, vemos como se instaló el sistema de evacuación de aguas

lluvias después de 15 años de construida la obra, y esto hace que se debiliten las graderías estructuralmente y además donde no quedo bien sellado la incrustación del tubo PVC con la gradería presentaban filtraciones y esto ocasiona y se comience el proceso carbonatación y por qué estas estructuras son de muy poco espesor y de muy poco recubrimiento hace que la carbonatación avance y llegue muy rápido a la barras de acero y comience el proceso de corrosión y esto posiblemente repercute directamente sobre la estructura.



Figura 23. Instalación de Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias. Fuente: elaboración propia



Figura 24. Conexiones Mal Hechas y Filtraciones. Fuente: elaboración propia

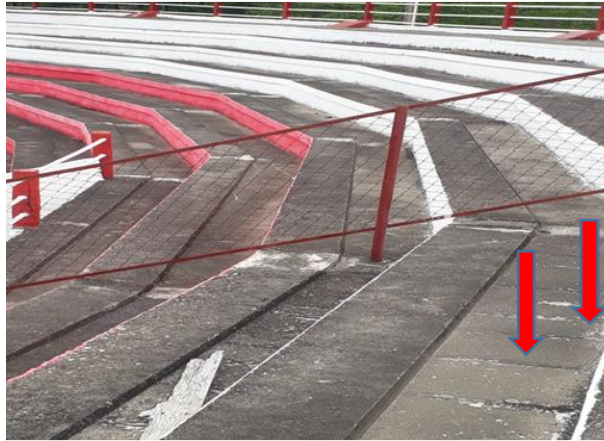


Figura 25. Graderías a la Intemperie. Fuente: elaboración propia

La Figura 25, se ve el gris oscuro debido a la inclemencia del tiempo, por el tiempo de construcción se refleja el desgaste del concreto, dejando entre ver el sentido transversal de los estribos de la grada, como lo indica las flechas.

Como se mencionó anteriormente las filtraciones hacen su trabajo, penetran el concreto y comienza el proceso de carbonatación y cuando este llega al acero existe el humedecimiento, iniciando así el choque interno de electrones. Una vez ocurrido este choque y a su vez teniendo exposición a ambientes contaminantes, se da inicio al proceso de corrosión. Los aceros aumentan su espesor y este a su vez ejerce presión sobre la capa de recubrimiento y la desprende, tal y como se aprecia en la Figura 26.



Figura 26. Exposición de Aceros. Fuente: elaboración propia

En la Figura 27, vemos el centro del ruedo en terreno naturales, de acuerdo a los planos se instaló un sistema de evacuación de aguas lluvias tipo espina de pescado, el cual con el paso del tiempo se ha colmatado y no funciona causando inundación en épocas de invierno sirviendo además como criadero de zancudos y malos olores por la putrefacción del agua.

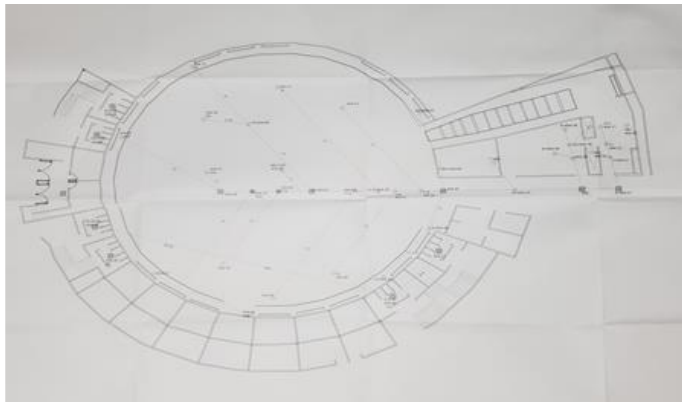


Figura 27. Sistema de Evacuación Diseñado, sin Funcionamiento Actual. Fuente: elaboración propia

Estado del Sistema Estructural (A.10.2.2) NSR-10

➤**A.10.2.2.1- Calidad del diseño y la construcción de la estructura original.** Teniendo en cuenta que no se cuenta con la información soporte de diseño de la estructura, no se cuenta con especificaciones técnicas, ni tampoco que tecnología empleada en la época de construcción, sin embargo, se supone que dicho diseño y construcción se realizó según lo reglamentado en el decreto ley 1400 de 1984, de acuerdo a las consultas de algunos trabajadores de la época, se refieren a concreto realizada in situ.

➤**A.10.4- Criterios de evaluación de la estructura existente.** El municipio de Aipe se encuentra al norte del Departamento de Huila, nos ubicamos en la Región Andina, y esto nos ubica de acuerdo al mapa de amenazas sísmicas de Colombia pertenecemos a la Región No.5, presentando un coeficiente de disipación de energía horizontal pico efectiva de 0,25, lo cual nos indica que el proyecto se ubica en zona alta sísmica, lo cual obliga a los constructores a tener mucho cuidado con las construcciones que están construidas antes de la NSR-98, de igual forma se debe revisar respecto a la actual norma NSR-10. Se sabe que por el uso pertenece al Grupo II Estructuras de Ocupación Especial, pues son graderías y albergan más de 5.000 personas.

➤**A.10.4.2.1- Movimientos sísmicos para un nivel de seguridad equivalente al de una edificación nueva.** Dada la poca o nula información de los cálculos estructurales sólo se puede precisar el acero de refuerzo que utilizaron en las estructuras; gracias a la auscultación realizada en el sitio, para estribos es de $2400 \text{ Kg/cm}^2 = 35000 \text{ P.S.I}$, este tipo de acero es liso, y de acuerdo a la NSR-10, en DES se considera obligatorio el uso de estribos de $F_y = 4200 \text{ KG/cm}^2$, y estos deben iniciar de la cara del apoyo a 5 centímetros (NSR-10, Título A, 2012).

En cuanto a las distribuciones cumple de acuerdo con la NSR-10 pues las separaciones mínimas en las zonas de confinamiento están a cada 9 centímetros.

Vulnerabilidad Sísmica

Una vez realizado el ejercicio cualitativo de matriz de vulnerabilidad de riesgos para la parte más afectada de la plaza de toros se obtiene clasificada dentro de riesgo Alto con una probabilidad de ocurrencia moderado, Clasificación 2B, Tal como se evidencia en la Figura 28:

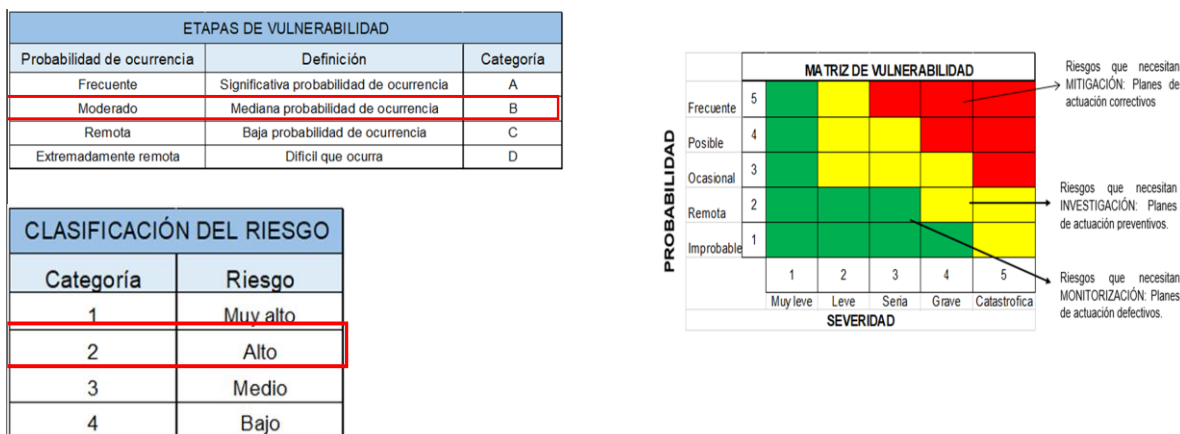


Figura 28. Clasificación de Vulnerabilidad del Paciente. Fuente: elaboración propia

Vulnerabilidad Estructural

Para el análisis de la estructura se utilizó el programa de elementos finitos CYPECAD 2019, donde se montó la estructura tal y como se plantea en los planos de diseño tomando como base de revisión la Norma Sismo Resistente NSR-10, aplicando las diferentes combinaciones de carga y sismo, así como las características propias del suelo y su tipo de cimentación, encontrando la siguiente caracterización según la Tabla 8.

Tabla 8.

Resumen de Verificación Vulnerabilidad de la Estructura

ELEMENTOS	ERROR				EXPLICACIÓN
ZAPATA 1.35X1.00x0.40	Longitud de anclaje: Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991				Al no tener ganchos el refuerzo actual no cumple los requisitos para longitud de gancho mínimo
	-Armado inf. dirección X hacia der:	Minimo: 35 cm Calculado: 15 cm	No cumple		
	-Armado inf. dirección X hacia izq:	Minimo: 35 cm Calculado: 15 cm	No cumple		
	-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Minimo: 30 cm Calculado: 0 cm	No cumple		
	-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Minimo: 30 cm Calculado: 0 cm	No cumple		
ZAPATA 1.60x1.20x0.40	Flexión en la zapata: Para la primera combinación encontrada que no cumple.				- Al no tener ganchos el refuerzo actual no cumple los requisitos para longitud de gancho mínimo - Bajo las combinaciones de diseño se están produciendo esfuerzos mínimos negativos, eso se traduce en levantamientos pequeños en las zapatas.
	-En dirección X:	Momento: -0.16 t-m	No cumple		
	-En dirección Y:	Momento: -0.14 t-m	No cumple		
	Longitud de anclaje: Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991				
	-Armado inf. dirección X hacia der:	Minimo: 35 cm Calculado: 15 cm	No cumple		
Columna 40X40 (circulo interior)	-Armado inf. dirección X hacia izq:	Minimo: 35 cm Calculado: 15 cm	No cumple		- La columna actual no cumple los requisitos mínimos de cuantía de acero longitudinal mínimo - El refuerzo actual 1FL #1/2" C/0.10m no cumple con los requisitos frente al estado límite de agotamiento frente a cortante - El refuerzo transversal NO satisface los requisitos del cortante plástico como requisito de columna para pórticos con capacidad de disipación de energía moderada de acuerdo a C.21.3.3.2.
	-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Minimo: 30 cm Calculado: 0 cm	No cumple		
	-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Minimo: 30 cm Calculado: 0 cm	No cumple		
	Armadura mínima y máxima (NSR-10, Título C, Artículo 10.9.1) El área de refuerzo longitudinal, A_{st} , para elementos no compuestos a compresión no debe ser menor que $0.01 \cdot A_g$ ni mayor que $0.04 \cdot A_g$ (Artículo 10.9.1): $A_{st} \geq 0.01 \cdot A_g$ $A_{st} \leq 0.04 \cdot A_g$ Donde: A_g : Área total de la sección de hormigón.	$15.92 \text{ cm}^2 \geq 16.00 \text{ cm}^2$ ✗ $15.92 \text{ cm}^2 \leq 64.00 \text{ cm}^2$ ✓ $A_g: 1600.00 \text{ cm}^2$			
	Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas) (NSR-10, Título C, Artículo 11) Se debe satisfacer: $\eta = \sqrt{\left(\frac{V_u}{V_c}\right)^2 + \left(\frac{V_u}{V_s}\right)^2} \leq 1$ Donde: V_u : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo. ϕV_s : Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma. Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésamos se producen en "Cabeza", para la combinación de hipótesis "1.2-PP+1.2-CM+0.5-Qe-0.3-SX1-SY1".	$\eta: 1.266$ ✗ $V_{u,x}: 22.079 \text{ t}$ $V_{u,y}: 45.211 \text{ t}$ $\phi V_s: 39.732 \text{ t}$			

Tabla 8. (Continuación)

ELEMENTOS	ERROR	EXPLICACIÓN
Columna 40X50 (círculo central)	Armadura mínima y máxima (NSR-10, Título C, Artículo 10.9.1) El área de refuerzo longitudinal, A_{st}, para elementos no compuestos a compresión no debe ser menor que $0.01 \cdot A_g$ ni mayor que $0.04 \cdot A_g$ (Artículo 10.9.1): $A_{st} \geq 0.01 \cdot A_g$ $15.92 \text{ cm}^2 \geq 20.00 \text{ cm}^2 \quad \times$ $A_{st} \leq 0.04 \cdot A_g$ $15.92 \text{ cm}^2 \leq 80.00 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$ Donde: A_g: Área total de la sección de hormigón. $A_g: \underline{2000.00} \text{ cm}^2$	La columna actual no cumple los requisitos mínimos de cuantía de acero longitudinal mínimo
Columna 40X50 (círculo exterior) Elementos transversales	Armadura mínima y máxima (NSR-10, Título C, Artículo 10.9.1) El área de refuerzo longitudinal, A_{st}, para elementos no compuestos a compresión no debe ser menor que $0.01 \cdot A_g$ ni mayor que $0.04 \cdot A_g$ (Artículo 10.9.1): $A_{st} \geq 0.01 \cdot A_g$ $15.92 \text{ cm}^2 \geq 20.00 \text{ cm}^2 \quad \times$ $A_{st} \leq 0.04 \cdot A_g$ $15.92 \text{ cm}^2 \leq 80.00 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$ Donde: A_g: Área total de la sección de hormigón. $A_g: \underline{2000.00} \text{ cm}^2$ Criterios de diseño por sismo (NSR-10, Rubro C.21) El área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares A_{sh}, no debe ser menor que $A_{sh,min}$ (Artículo C.21.3.5.7). En el eje X: $A_{sh} \geq A_{sh,min}$ $213.77 \text{ mm}^2 \geq 233.42 \text{ mm}^2 \quad \times$ Donde: $A_{sh,min}$: Valor máximo entre A_{1x} y A_{2x}. $A_{1x} = 0.2 \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$ $A_{1x}: \underline{233.42} \text{ mm}^2$ $A_{2x} = 0.06 \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}}$ $A_{2x}: \underline{122.99} \text{ mm}^2$ Siendo: s: Espaciamiento medido de centro a centro de la armadura transversal. b_c: Dimensión transversal del núcleo del elemento medida entre los bordes externos del refuerzo transversal. f_c': Resistencia especificada a la compresión del concreto. f_{yt}: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal. A_g: Área bruta de la sección de concreto. A_{ch}: Área de la sección transversal de un elemento estructural, medida entre los bordes exteriores del refuerzo transversal. $s: \underline{100} \text{ mm}$ $b_c: \underline{410} \text{ mm}$ $f_c': \underline{20.60} \text{ MPa}$ $f_{yt}: \underline{412.02} \text{ MPa}$ $A_g: \underline{200000.00} \text{ mm}^2$ $A_{ch}: \underline{127442.23} \text{ mm}^2$	- La columna actual no cumple los requisitos mínimos de cuantía de acero longitudinal mínimo - No cumplen los requisitos mínimos de acero transversal para ser una estructura en pórticos de concreto reforzado con capacidad de disipación de energía moderada (DMO), eso se traduce en fisuras excesivas en los extremos de las columnas.

Tabla 8. (Continuación)

ELEMENTOS	ERROR	EXPLICACIÓN
Viga de cimentación (30x30)		Las vigas transversales cumplen las solicitaciones y requisitos mínimos de la NSR-10, esta es una advertencia al desarrollo del gancho de acero, no implica una afectación en la estructura y su comportamiento.
Vigas de carga inclinadas (40x50)	Luz de 4.02m Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal. (NSR-10, Título C, Artículo 11.5.6.2) El refuerzo longitudinal requerido para torsión debe estar distribuido a lo largo del perímetro del estribo cerrado con un espaciamiento máximo de 300 mm. $s \leq 300 \text{ mm}$ 470 mm $\leq$ 300 mm X Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje X. (NSR-10, Título C, Artículo 11.5.3.8) Resistencia al momento torsional, momento y fuerza axial. Refuerzo longitudinal (Artículo 11.5.3.8). Los esfuerzos solicitantes de cálculo pécimos se producen para la combinación de acciones Envolvente de momentos máximos en situaciones sísmicas. Se debe satisfacer: $A_t \geq \frac{A_s}{2} + A_{s,nec}$ $A'_t \geq \frac{A_s}{2} - A_s \geq \frac{A_{s,min}}{2}$ Donde: A_t: Área total del refuerzo longitudinal para resistir torsión. A_s: Área del refuerzo longitudinal a tracción. $A_{s,nec}$: Área del refuerzo longitudinal a tracción para resistir flexión y cargas axiales. A'_t: Área del refuerzo a compresión. A_s: Reducción en el acero longitudinal para torsión requerido en la zona de compresión. $A_{s,min}$: Área mínima del refuerzo longitudinal para resistir torsión. $796.00 \text{ mm}^2 \geq 933.92 \text{ mm}^2$ X $1520.10 \text{ mm}^2 \geq 379.37 \text{ mm}^2$ ✓ A_t: 758.73 mm² A_s: 796.00 mm² $A_{s,nec}$: 554.55 mm² A'_t: 1520.10 mm² A_s: 5.90 mm² $A_{s,min}$: 758.73 mm²	- Por diseño a torsión no cumple la distribución de refuerzo para esta solicitación (Refuerzo lateral) - Para efectos sísmicos no se cumplen el refuerzo transversal (Flejes) no cumple requisitos de para agotamiento por torsión y esfuerzos normales. - Para efectos sísmicos el refuerzo longitudinal NO cumple las solicitaciones por efectos combinados de Momento y carga axial.

Tabla 8. (Continuación)

ELEMENTOS	ERROR	EXPLICACIÓN
Viga de amarre entre porticos (30x30)	 El diagrama muestra una viga de amarre entre porticos (30x30) con una longitud total de 4.210. Se indican las dimensiones de los tramos y la posición de la armadura superior e inferior. Se resalta un error en el anclaje de la armadura superior e inferior.	Las vigas transversales cumplen las solicitaciones y requisitos mínimos de la NSR-10, esta es una advertencia al desarrollo del gancho de acero, no implica una afectación en la estructura y su comportamiento.

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a lo anterior se concluye que en general la estructura comprometida vulnerable corresponde al 60%, dado que las vigas inclinadas y las columnas no cumplen de acuerdo a la normativa existente y deben ser reforzadas, en la Figura 29, se muestra gráficamente el panorama comprometido de la estructura en color rojo.

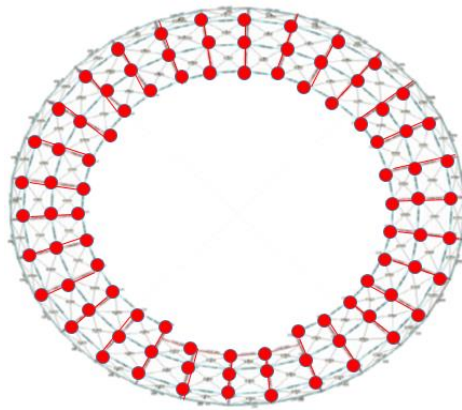


Figura 29. Demarcación Vulnerabilidad Estructural (Rojo). Fuente: Elaboración propia

Propuesta de Intervención Plaza de Toros

De forma inicial se debe garantizar una correcta evacuación de las aguas reposadas durante la época de invierno, realizando el levantamiento de la tubería existente, y reemplazándola en su totalidad, se deberá verificar la pendiente de colocación con el fin de evitar represamiento en el ruedo el cual tiene suelo natural como se muestra en la Figura 30.



Figura 30. Esquema de Drenaje Espina de Pescado (Izquierda), Propia (Derecha). Fuente adaptado de Quintero & González (2018)

Como complemento al esquema de drenaje de espina de pescado mencionado, también se plantea una alternativa básica y económica que contribuya a la filtración y manejo de aguas empozadas en la zona del cerramiento del ruedo, dicha zona carece de cunetas que permita una fácil evacuación que trate de direccionar las aguas en un mismo sentido final. se plantea el uso de geodren y geotextil no tejido con el propósito de construir un sistema filtrante que permita el paso de agua y remita las aguas al punto de evacuación direccionado. Tal como se muestra en la Figura 31.

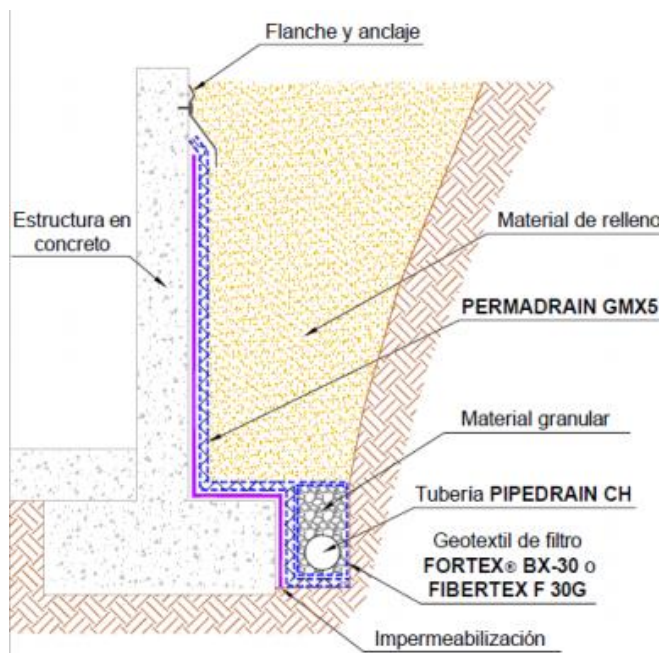


Figura 31. Instalación de Filtro Geodren. Fuente: Geomatrix (2018, p. 4)

Con el fin de eliminar las filtraciones en las graderías, es pertinente hacer sello de las juntas que se forman por la unión de gradería y espaldar, previamente se realizará limpieza con hidrolavadora con el fin eliminar cualquier tipo de suciedad presente, dejando secar posteriormente, para su aplicación se utilizará el kit completo de Sika con el fin de aplicar directamente, se debe instalar el sello que tenga propiedades de impermeabilizante y de recubrimiento evitando el paso de filtración de agua. El estado del sello se deberá revisar por lo menos dos veces al año, lo anterior con el fin de evitar más filtraciones que conlleven a generar nuevas fisuras.

En las columnas principales de la estructura existen varias posibilidades, la primera contempla la realización de encamisado de la estructura con acero de refuerzo y posterior fundida con concreto fluido, sin embargo gracias a los avances tecnológicos también se puede intervenir el encamisado con manto de fibra de carbono lo cual resulta más fácil y permite maniobrar fácilmente, sin embargo la utilización de dicho material proporciona un aumento considerable,

en cuanto a la comparación de costos entre el sistema convencional de encamisamiento y el sistema RFP. En las Figuras 32 y 33, se muestra la comparación visual de las intervenciones propuestas para las columnas. Una vez realizado el recalce se debe pañetar con impermeabilizante y se procede con la utilización de pintura repelente al agua. Para el caso del inicio de las columnas y con el fin de mitigar y evitar un posible paso de humedad por capilaridad se realizará en cada una la instalación de pletinas en la zona de inicio de la columna la cual tiene contacto directo con el suelo.



Figura 32. Sistema Convencional de Encamisado. Fuente: Sika (2017, p. 15)



Figura 33. Sistema RFP (Manto Fibra Carbono). Fuente: Construyaprende (2014)

Para el caso de las zapatas se realizará una ampliación de la sección de la pata y reforzamiento tal como se puede observar el esquema presentado en la Figura 34.

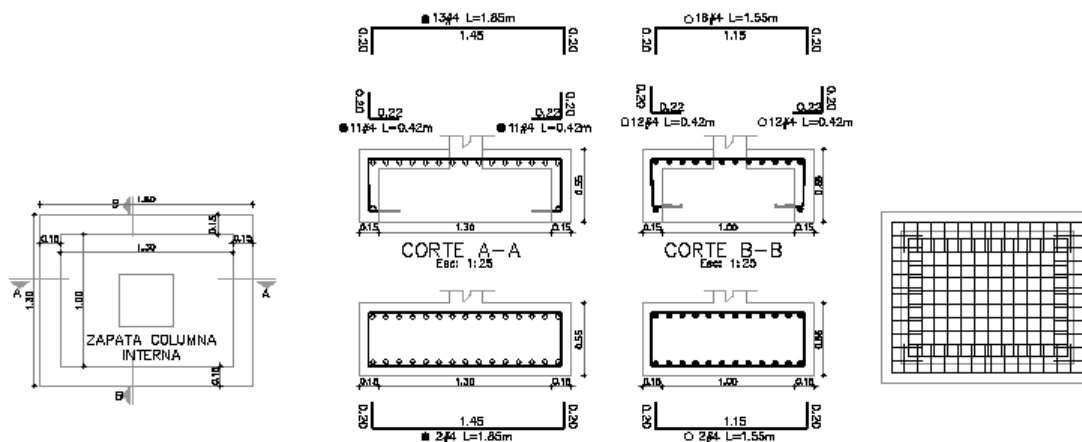


Figura 34. Detalle Reforzamiento Zapatas. Fuente: elaboración propia

Para el reforzamiento de columnas y de viga principal inclinada se realizó el siguiente esquema de acuerdo a las Figuras 35 y 36.

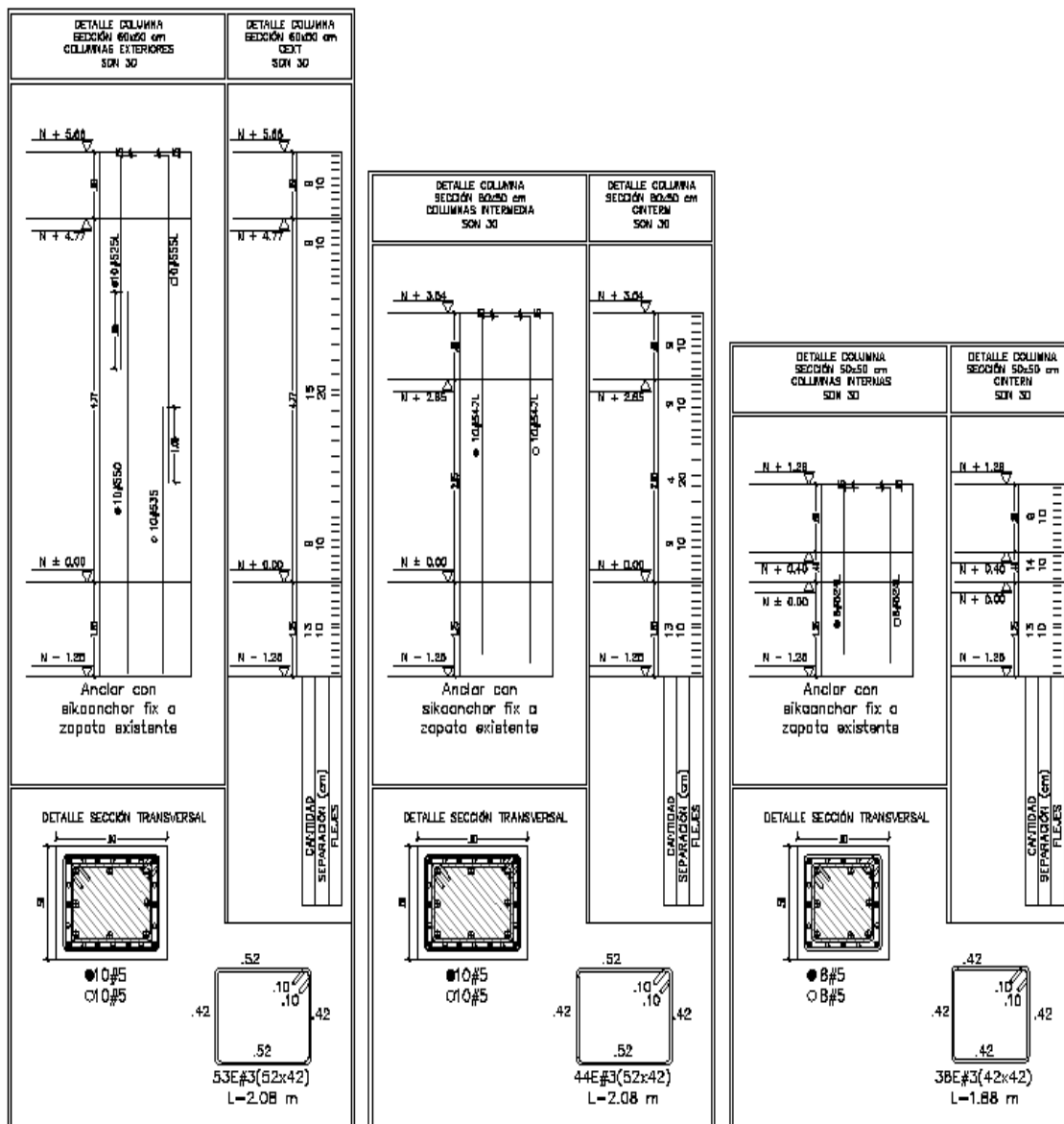


Figura 35. Detalle de Reforzamiento de Columnas. Fuente: elaboración propia

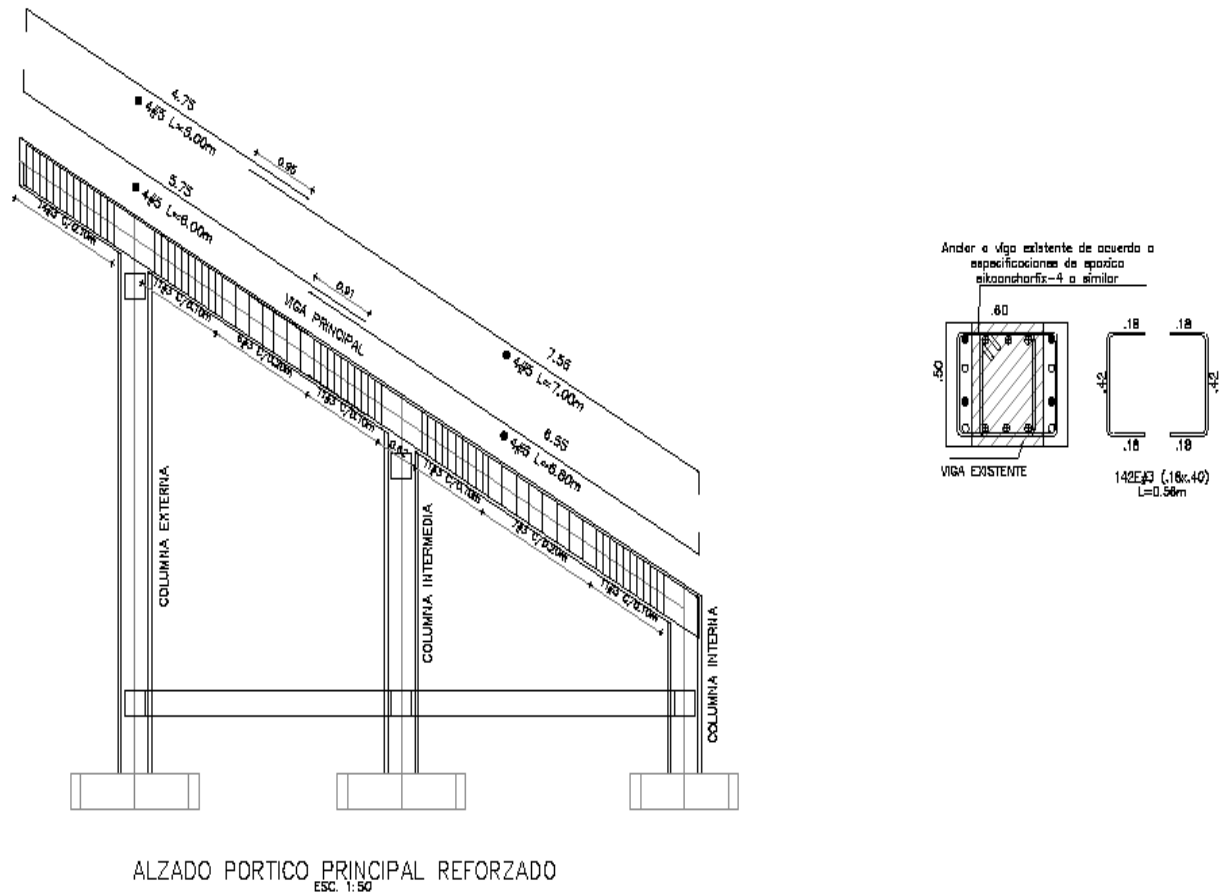


Figura 36. Detalle Reforzamiento Viga Inclinada. Fuente: elaboración propia

En las graderías donde trabajan como viga plana no se puede colocar fibra de carbono, ni hacerle reforzamiento por debajo, entonces le vamos a sugerir en el estudio hacer una adición con perfiles metálicos o en viga I, para que absorban las fuerzas producidas por las cargas vivas cuando la carga viva este en movimiento.



Figura 37. Reforzamiento para Placas Graderías. Fuente: PDF Slide (s.f.)

En la Figura 37, vemos un tipo de reforzamiento con adición de perfiles, es el mejor método para reemplazar la demolición, puesto que las gradas tienen un grado de responsabilidad de recibir otras cargas. Para usar este tipo de reforzamiento hay que tener en cuenta lo siguiente:

La parte donde va anclado el perfil en los extremos el concreto debe ofrecer una buena resistencia, o sea que se debe analizar la resistencia para que pueda soportar la carga que le va a transmitir el perfil a la viga principal inclinada, este perfil va anclado mediante pernos y van hincados con epóxicos especiales (Nilson, 2001).

El perfil para que funcione como un solo elemento junto con grada, debe quedar bien asegurado con la parte inferior de la placa y la parte superior del perfil ya sea con pernos que obliguen al perfil para que no haya un golpeteo entre grada y perfil, esto para que el perfil absorba las cargas y así se evitara el colapso de la grada y otras más que dependen de ella. Y de esta forma se haría con todas las gradas afectadas.

Finalmente se plantea el diseño y construcción de cubierta liviana con estructura metálica con el propósito de evitar futuras filtraciones de humedades en la zona de graderías para evitar el resurgimiento de nuevas afectaciones y desgaste del material de concreto. Tal como se muestra en la Figura 38.



Figura 38. Cubierta Liviana con Estructura Metálica. Fuente: Portal Santo Domingo (2015)

A continuación, se presenta el esquema de las cerchas a construir como soporte de la cubierta, tal como se muestra en la Figura 39 modelado a través de Cypecad.

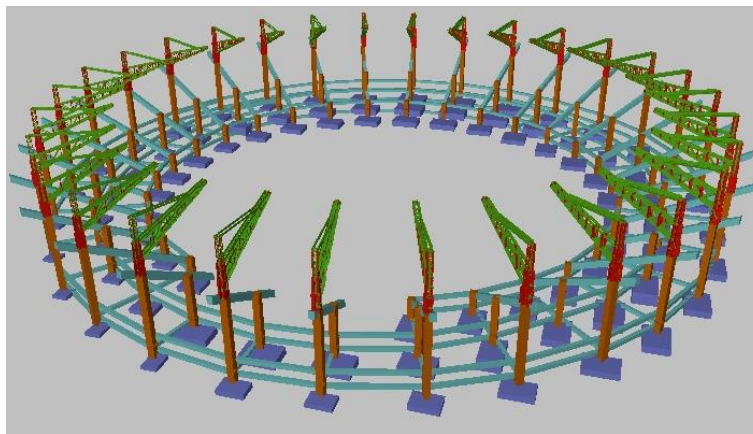


Figura 39. Diseño de Cerchas para Cubierta. Fuente: elaboración propia

Presupuesto

A continuación, en la Tabla 9 se puede observar el presupuesto reforzamiento de la Plaza de Toros de Aipe Huila

Tabla 9.

Presupuesto Reforzamiento de la Plaza de Toros de Aipe Huila

ITEM	DECRIPCIÓN	UND	CANT.	V/UNITARIO	V/TOTAL
1	PRELIMINARES				
1,1	Excavación manual a todo factor para destapar zapatas, para extraer tuberías del sistema de aguas lluvias de la parte interna de la plaza de toros, y creación de terrazas de desniveles hacia las tuberías.	M³	462	\$ 26.615	\$ 12.296.130
2	REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONCRETO 210 Kg/cm²				
2,1	Reforzamiento de zapata con un espesor de 15 cms por sus 4 caras laterales y por la cara superior	M³	58	\$ 490.453	\$ 28.446.274
2,2	Reforzamiento de columnas en concreto de 210 kg/cm², incluye concreto fluido, formaleta unida por dos cuerpos en C, y con llaves que aseguren el hermetismos del cofre y epóxico.	M³	68,6	\$ 532.709	\$ 36.543.837
2,3	Reforzamiento de vigas en concreto de 210 Kg/cm², con espesor de 10 cms en sus 4 caras, y también haciendo el mismo proceso constructivo que se hizo con la columna .	M³	70,16	\$ 532.709	\$ 37.374.863
2,4	Suministro corte, figurado, amarre y colocación de hierro de 4200 KG/cm²	KG	22654	\$ 3.391	\$ 76.829.832
2,5	Suministro en instalación de perfil metálico estructural (PRH-C-355x110 calb 3, para adosar por la parte inferior la parte horizontal de la gradería, el perfil va anclado en sus extremos a las vigas principales con 4 pernos, introducir mínimo 10 cms y van asegurados con epóxico, el perfil por la parte superior debe llevar un neopreno delgado para que no haya choque entre los materiales acero y concreto.	M	1050	\$ 55.520	\$ 58.296.000

Tabla 9. (Continuación)

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	V/UNITARIO	V/TOTAL
3	CUBIERTAS				
3,1	Suministro e instalación de cercha metálica tipo triangular de longitud 6.40 metros (inicia en H= 1.20 y termina en H= 0.20 mts (su forma de acuerdo a diseño adjunto)	M	192	\$ 235.661	\$ 45.246.912
3,2	Suministro e instalación de correa metálica de sección constante triangular (cordón superior 2 Ø 5/8" y 1 Ø 5/8" inferior y diagonales en Ø 1/2", con altura de 30 cms	M	750	\$ 72.058	\$ 54.043.500
3,3	Suministro e instalación de teja termo acústica	M²	864	\$ 57.357	\$ 49.556.728
4	DRENAJES				
4,1	Suministro e instalación de tubería PVC-All en Ø 6", incluye uniones y soldadura líquida .	M	180	\$ 65.929	\$ 11.867.208
4,2	Construcción de caja de inspección en concreto reforzado de 80x80 cms, y de espesor sus muros, todas las caja sin excepción son tipo desarenador, e incluye malla electrosodada de huecos de 15x15 cms, de Ø 4 mm, y su tapa en concreto	UNIDAD	6	\$ 356.051	\$ 2.136.306
4,3	Suministro e instalación de agregado pétreo de Ø 1" y de 1/2" para relleno en la superficie, según planos.	M³	215	\$ 83.055	\$ 17.856.825
4,4	Suministro e instalación de material fino para relleno.	M³	215	\$ 33.759	\$ 7.258.151
5	SELLADO DE FISURAS				
5,1	Limpieza en fisuras	M²	320	\$ 1.500	\$ 480.000
5,2	Instalación Sikadur®-35 Hi Mod LV	M	320	\$ 6.000	\$ 1.920.000
5,3	Sikadur®Crack Weld (Kit)	M	320	\$ 14.000	\$ 4.480.000
COSTO DIRECTO					\$ 444.632.567
AIU DEL 25%					\$ 555.790.708
U 5%					\$ 22.231.628
IVA 19%					\$ 4.224.009
VALOR TOTAL					\$ 560.014.718

Fuente: elaboración propia

Programación

A continuación, en la Figura 40 se puede observar la programación del proyecto

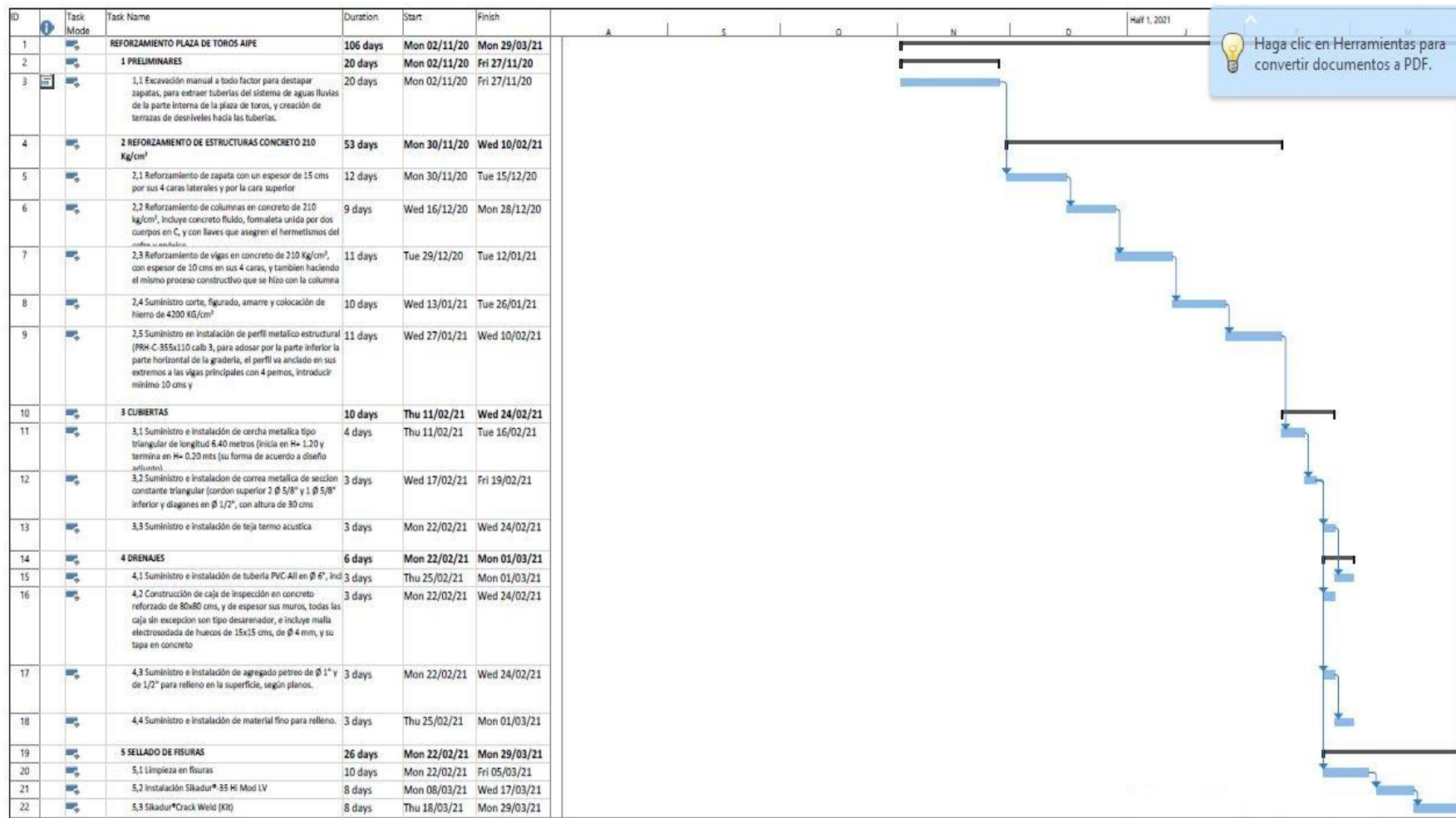


Figura 40. Programación Reforzamiento de la Plaza de Toros de Aipe Huila. Fuente: elaboración propia

Conclusiones

➤ Se realizó el levantamiento de información preliminar de la plaza de toros Aipe, el cual permitió reafirmar la teoría planteada por el Alcalde municipal referente al eventual deterioro de la estructura.

➤ Se elaboró el levantamiento de lesiones presentes en la estructura, determinando sus posibles agentes causantes

➤ Se realizó valoración de la condición actual de la estructura y su estado de seguridad.

➤ A través de la utilización del programa de elementos finitos Cypecad se logró determinar la evaluación estructural de la plaza de toros de Aipe, encontrando que alrededor del 60% de la estructura se encuentra comprometida, dado que no cumple con lo establecido en la Normativa Colombiana Sismo Resistente 2010.

➤ Se realizaron propuestas de intervención estructural para los elementos que se analizaron, los cuales necesitan reforzamiento, tales como las vigas inclinadas del pórtico, columnas y zapatas.

Si bien es cierto en la actualidad se cuentan con grandes avances tecnológicos que permiten una mayor maniobra para la ejecución de reforzamientos estructurales, no resultan económicamente viables para este tipo de municipio, donde las regalías municipales son pocas al igual que sus recursos propios, de acuerdo a lo anterior se determinó realizar el presupuesto utilizando el método convencional de encamisado para las columnas y vigas, dejando de lado la intervención con recubrimiento en fibra de carbón.

➤ Después de haber realizado el diagnóstico de la plaza de toros, se comprueba la necesidad de realizar una intervención inmediata, enfocada en recuperar este importante monumento.

El diagnóstico nos permitió mostrar un nivel de detección de problemas bien sea físicos, químicos o mecánicos, el 90% de las lesiones identificadas se presentan por causas de mal

diseño, no se han realizado mantenimientos preventivos, no se conoce, específicamente los cálculos estructurales.

➤ Se concluye que con el reforzamiento se incrementa la resistencia y/o rigidez de la estructura.

➤ Gracias a la ciencia y a la tecnología hoy en día podemos darles larga vida a las estructuras de concreto reforzado, aumentando, su capacidad de resistencia, porque que previene sus colapsos, disminuyendo la vulnerabilidad de los elementos de las estructuras.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar apuntalamientos directos sobre las columnas y vigas principales.
- Se recomienda realizar ensayos destructivos con el fin de ahondar en la calidad de los materiales utilizados en la construcción, lo anterior teniendo en cuenta que para fines académicos y debido a la pandemia del Covid- 19 no se pudieron realizar.

Referencias Bibliográficas

- CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Subprograma XV Corrosión/Impacto Ambiental sobre materiales. (1997). Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado. Maracaibo, Venezuela.: Red DURAR.
- Bonett Díaz, R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. Trabajo Doctoral. Cataluña, España: Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica.
- Broto, C. (2005). *Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción*. Barcelona: Higiene y Seguridadlaboral CVS.
- Cámara Colombiana de la Construcción CAMACOL. (2012). *Proyecto de investigación del sector de la construcción de edificaciones en Colombia*. Bogotá: SENA. Obtenido de <https://camacol.co/sites/default/files/documentos/Proyecto%20Investigativo%20del%20Sector%20de%20la%20Construccion.pdf>
- Castro Aguirre, S., & Castro Tovar, J. (2016). *Influencia de los procesos constructivos y la temperatura sobre las fuerzas internas (momentos máximos) y deflexiones máximas instantáneas en placas unidireccionales vaciadas en sitio*. Trabajo de Maestría en Ingeniería Civil. Bogotá: Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana.
- Celigueta, J. (2008). *Método de los elementos finitos para análisis de estructuras*. San Sebastián. (3 ed.). Navarra: Universidad de Navarra.

Cerna Vásquez , M., & Galicia Guarniz , W. (2010). *Vida útil en estructuras de concreto armado desde el punto de vista de comportamiento del material*. trabajo de Grado. Trujillo:

Facultad de Ingeniería. Universidad Privada Antenor Orrego.

Concejo Municipal del Aipe. (2012). *Caracterización del Municipio* . Obtenido de

<http://sirhuila.gov.co/files/aipehuila2012-2015.pdf>

Construaprende. (7 de Enero de 2014). *Reforzamiento estructural con fibra de carbono*.

Obtenido de <https://www.construaprende.com/com/blogs/reforzamiento-estructural-con-fibra-de-carbono>

Cubo Pérez, J. M. (2010). *Aplicación del análisis por elementos finitos en la ingeniería naval*.

Trabajo de Grado. Cadiz: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval. Universidad de Cádiz .

DURAR. (1997). *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado*. CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Subprograma XV Corrosión/Impacto Ambiental sobre materiales.

Maracaibo: Red DURAR.

Echeverrimontes Arquitectos. (8 de Febrero de 2019). *Patología de la Construcción:*

Intervención y Restauración de Edificios. Obtenido de

<https://www.echeverrimontes.com.co/blog/patologia-de-la-construccion-intervencion-y-restauracion-de-edificios/>

Geomatrix. (2018). *Guía de uso e instalación de geodrén Permadrain* . Obtenido de [http://g-](http://g-tech.geomatrix.co/uploads/1470758293_Gua_de_uso_e_instalacin_del_Geodrn_Permadrain.pdf)

[tech.geomatrix.co/uploads/1470758293_Gua_de_uso_e_instalacin_del_Geodrn_Permadrain.pdf](http://g-tech.geomatrix.co/uploads/1470758293_Gua_de_uso_e_instalacin_del_Geodrn_Permadrain.pdf)

Grupo Crónica. (20 de Enero de 2020). *Cuarenta años de la mayor tragedia en una plaza de toros: 400 muertos y 2.000 heridos*. Obtenido de <https://www.cronica.com.ar/mundo/La-mayor-tragedia-en-una-plaza-de-toros-ocurrio-hace-40-anos-500-muertos-20200120-0108.html#:~:text=Se%20cumplieron%2040%20a%C3%B1os%20de,ocurri%C3%B3%20durante%20las%20cl%C3%A1sicas%20corridas>.

HOSSER QUINTERO NAGHLES, L. F. (2018). ESTUDIO PATOLÓGICO Y PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN DE LA ZONA SUR. bogotá.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2012). Título A -Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente. En *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. A1 - A174). Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2012). Título C - Concreto Estructural. En *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. C1 - C565). Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Nilson, A. (2001). *Diseño de estructuras de concreto* (12 ed.). Bogotá: Mc Graw Hill.

Oviedo, J. A. (17 de Mayo de 2018). *Reforzamiento sísmico estructural: ¿cuándo y cómo hacerlo?* Obtenido de Efeprimace: <https://www.efepimace.co/reforzamiento-sismico-estructural/>

PDF Slide. (s.f.). *Reparación de puentes y edificaciones*. Obtenido de <https://pdfslide.net/documents/reparacion-de-puentes-y-edificaciones.html>

Periódico El Tiempo . (6 de Octubre de 2006). *Investigan caída de toros en el Tolima*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-2225186>

Portal Carreteros. (2016). *Instrucción de Hormigón Estructural*. Obtenido de

<http://www.carreteros.org/normativa/ehe/apartados/22.htm>

Portal Santo Domingo. (2015). *Cubierta liviana estructura metálica*. Obtenido de

<https://www.santodomingo.gob.ec/?p=16677>

Presidencia de Colombia. (1984). *Decreto 1400 (7 de junio de 1984). Por el cual se adopta el*

Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes. Bogotá : DO 36.704.

Quintero Naghles , H., & González, L. (2018). *Estudio patológico y propuestas de intervención*

de la zona sur oeste de la Plaza de Toros Pepe Cáceres de la ciudad de Ibagué Tolima.

Trabajo de Especialización Patología de la Construcción. Ibagué: Vicerrectoría De

Universidad Abierta Y A Distancia. Universidad Santo Tomás .

Sarja , A. (2000). Durability design of concrete structures—Committee report 130-CSL.

Materials and Structures, 33(4). doi:<https://doi.org/10.1007/BF02481691>

Servicio Geológico Colombiano . (2016). *Amenaza Sísmica* . Obtenido de

https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/

Sika. (2017). *Concreto Reforzamiento de Estructuras de Concreto. Técnicas y Materiales*.

Bogotá: Col.Sika. Obtenido de [https://col.sika.com/dms/getdocument.get/e28ca587-f9f9-3a7b-a7b8-](https://col.sika.com/dms/getdocument.get/e28ca587-f9f9-3a7b-a7b8-213d78a63fa9/Folleto%20Reforzamiento%20Estructuras%20de%20Concreto%202017-1.pdf)

[213d78a63fa9/Folleto%20Reforzamiento%20Estructuras%20de%20Concreto%202017-1.pdf](https://col.sika.com/dms/getdocument.get/e28ca587-f9f9-3a7b-a7b8-213d78a63fa9/Folleto%20Reforzamiento%20Estructuras%20de%20Concreto%202017-1.pdf)

Torres Acosta, A., & Martínez Madrid , M. (2001). *Diseño de estructuras de concreto con*

criterios de durabilidad. Publicación Técnica 181. Sanfandila: México.

Weather Spark. (2019). *El clima de Aipe*. Obtenido de

<https://es.weatherspark.com/y/22398/Clima-promedio-en-Aipe-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>