



Estudio Patológico al Puente sobre el Caño Parrado - Villavicencio, Meta

Juan S. Velandia Alba

Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Santo Tomas de Aquino

Especialización en Patología de la Construcción

Ingeniero Oscar Julián Cardozo

julio de 2023

Tabla de contenido

Tabla de contenido	ii
Introducción	1
Justificación Del Proyecto	4
Objetivos	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos.....	6
Marco Referencial.....	7
Marco Referencial Teórico	7
Definición de Puente	7
Sectores de un Puente	7
Clasificación de los Puentes en Concreto	10
Diseño Estructural de los Puentes.....	13
Lesiones y Síntomas en Elementos de Concreto Reforzado.....	16
Causas de las Lesiones.....	23
Criterios y Normas para la Reparación y Rehabilitación de las Patologías en Construcciones en Concreto Reforzado.....	27
Inspección Visual.....	27
Marco Referencial Legal.....	33
Marco Referencial Histórico.....	35
Alcances y Limitaciones	37

Metodología	40
Descripción de la Selección del Paciente.....	40
Preparación y Planteamiento del Estudio	41
Inspección preliminar del Paciente	42
Recopilación de Información Necesaria para el Estudio.	42
Permisos y Autorizaciones para Abordar Estudio al Paciente.	42
Definición de los Medios para Realizar la Exploración.	43
Historia Clínica	44
Responsables del Estudio.....	44
Fecha de Realización del Estudio	44
<i>Datos Generales del Paciente</i>	44
Nombre. Puente sobre Caño Parrado (Carrera 31).	44
En la Edificación y/o Construcción Civil	53
Aplicación Patológica	54
Datos Generales del Entorno.	55
Arquitectura	60
Estructura	61
Diagnostico	62
Datos Específicos de las Lesiones	62
Descripción de la Patología más Relevante en el Paciente.....	73

Clasificación y Origen de las Patologías	74
Ensayos de laboratorio	77
Estudio de Vulnerabilidad Sísmica.....	83
Alcance del Estudio de Vulnerabilidad Sísmica.....	83
Caracterización del Área de Localización del Paciente	83
Geología del Municipio	83
Amenazas por remoción de masa	85
Amenaza por Sismos.....	86
Propuesta de intervención	94
Programación y presupuesto	97
Conclusiones	98
Bibliografía	100
ANEXOS	109

Índice de Figuras

Figura 1.	<i>Esquema de los componentes de un puente, incluida su cimentación.....</i>	7
Figura 2.	<i>Puente Gailiang, Puente en concreto simple.....</i>	10
Figura 3.	<i>Puente en concreto reforzado</i>	11
Figura 4.	<i>Puente en construcción con hormigón postensado.....</i>	12
Figura 5.	<i>Lesión por Humedades en un muro de contención ubicado en el sótano.....</i>	17
Figura 6.	<i>Erosión hormigón</i>	18
Figura 7.	<i>Fachada sucia</i>	19
Figura 8.	<i>Fatiga en columna en concreto</i>	20
Figura 9.	<i>Corrosión en estructuras de concreto reforzado.....</i>	21
Figura 10.	<i>Carbonatación en puerto marítimo</i>	22
Figura 11.	<i>Eflorescencias en muro de contención</i>	23
Figura 12.	<i>Localización del Puente, imagen satelital</i>	45
Figura 13.	<i>Localización del puente, imagen esquemática</i>	46
Figura 14.	<i>Temperaturas en la ciudad de Villavicencio</i>	56
Figura 15.	<i>Precipitaciones en la ciudad de Villavicencio.....</i>	57
Figura 16.	<i>Velocidad promedio del viento</i>	59
Figura 17.	<i>Humedad Relativa en Villavicencio.....</i>	60
Figura 18.	<i>Falla 1. Desprendimiento del material de relleno sobre el estribo del puente</i>	
	63	
Figura 19.	<i>Falla 2. Fracturación del muro de contención del estribo que permite el</i>	
	<i>paso del agua a través de este elemento</i>	64
Figura 20.	<i>Falla 3. Fracturación de la zarpa debido a la socavación en el estribo.....</i>	65
Figura 21.	<i>Falla 4. Material orgánico sobre las estructuras de protección.</i>	66

Figura 22.	<i>Falla 5. Fatiga y fracturación del estribo</i>	67
Figura 23.	<i>Falla 6. Suciedad en vigas del tablero</i>	68
Figura 24.	<i>Viga de soporte de oleoducto colapsada</i>	69
Figura 25.	<i>Desprendimiento de losas prefabricadas en los andenes cerca al puente. ..</i>	70
Figura 26.	<i>Lesión mecánica en la viga de soporte del oleoducto</i>	71
Figura 27.	<i>Erosión en el puente</i>	72
Figura 28.	<i>Detector de metal.....</i>	81
Figura 29.	<i>Trazado de refuerzo sobre el tablero del puente</i>	82
Figura 30.	<i>Fallas geológicas en la ciudad de Villavicencio</i>	84
Figura 31.	<i>Unidades Cronoestratigráficas en Villavicencio.....</i>	85
Figura 32.	<i>Remoción de masas en el puente Caño Parrado</i>	86
Figura 33.	<i>Caracterización sísmica de la ciudad de Villavicencio</i>	87
Figura 34.	<i>Zonificación sísmica de la ciudad de Villavicencio.....</i>	88
Figura 35.	<i>Grafica de intensidades registrada en la ciudad de Villavicencio, Fuente:</i>	89
Figura 36.	<i>Valores de aceleración pico efectiva y velocidad pico efectiva para la ciudad de Villavicencio</i>	90
Figura 37.	<i>Separación en la carpeta asfáltica sobre el tablero del puente</i>	145
Figura 38.	<i>Movilización de tierra en el estribo hacia la Glorieta de La Grama</i>	145
Figura 39.	<i>Perdida de la vía al lado del puente que conduce a la Glorieta de La Grama</i>	146
Figura 40.	<i>Socavación de la vía y perdida de la carpeta asfáltica ubicado cerca del estribo que esta orientado al norte de la ciudad</i>	146

Figura 41. Presencia de material orgánico en los peraltes de las vigas de la superestructura del puente Caño Parrado	147
Figura 42. Suciedad y presencia de vegetación en el estribo hacia La Glorieta La Grama, también se observa fragmentación en el estribo.	147
Figura 43. Estructura de soporte para oleoducto incrustado en el estribo hacia la Glorieta La Grama, sentido norte sur por el costado izquierdo de la calzada, cerca al Estribo hacia La Glorieta de la Grama.....	148
Figura 44. Estructura de soporte para oleoducto incrustado en el estribo hacia la Glorieta La Grama, sentido norte sur por el costado izquierdo de la calzada, cerca al Estribo hacia El Parque Infantil.....	148
Figura 45. Peralte del tablero a la vista luego de la pérdida de material de relleno sobre el estribo hacia La Glorieta de La Grama.....	149
Figura 46. Porción del muro ala colapsado en el costado sobre el estribo hacia el Parque Infantil	149
Figura 47. Riesgo de colapso del muro de contención adjunto al puente	150
Figura 48. Adoquines desprendidos en el bordillo para el paso de peatones	150
Figura 49. Ensayo de detección del refuerzo en tablero del puente.....	151
Figura 50. Ensayo de detección del refuerzo en tablero del puente	151
Figura 51. Desprendimiento de acabados en una vivienda sobre el relleno que contiene el estribo cerca al Parque Infantil	152
Figura 52. Fisuración del pavimento debido al movimiento de la banca debido al movimiento	152
Figura 53. Ensayo de esclerometría sobre los elementos del puente	153

<i>Figura 54. Presencia de filtraciones de agua que pasan a través del estribo que cercano a la Glorieta de La Grama.....</i>	153
<i>Figura 55. Vista lateral del puente que cruza el Caño Parrado.....</i>	154
<i>Figura 56. Socavación de las zarpas del muro de contención y estribo del puente</i>	154

Índice de Tablas

Tabla 1.	<i>Historia sísmica del municipio Villavicencio, Meta</i>	89
Tabla 2.	<i>Parámetros sísmicos de la ciudad de Villavicencio</i>	90
Tabla 3.	<i>Resultados de ensayo de esclerometría</i>	109

Introducción

El puente que cruza el Caño Parrado, cerca al Parque Infantil, en la ciudad de Villavicencio, es una estructura vial que data de hace aproximadamente 40 años y que sirve como una vía alternativa para comunicar el norte con el centro de la capital del Meta. Sin embargo, esta estructura sufrió graves daños en marzo de 2021 debido a las fuertes lluvias que provocaron el desbordamiento del caño y la socavación de sus cimientos. Estos daños comprometieron la estabilidad e integridad del puente, poniendo en riesgo la seguridad y la movilidad de los usuarios.

Ante esta situación, surge la necesidad de realizar un diagnóstico patológico del puente, es decir, un estudio que permita identificar las causas y los efectos en la estructura, así como evaluar su capacidad resistente frente a las sollicitaciones externas. El diagnóstico patológico es una herramienta fundamental para la conservación y el mantenimiento de las obras civiles, pues permite proponer soluciones adecuadas para su recuperación o reemplazo.

El objetivo de este trabajo es realizar un diagnóstico patológico del puente del Caño Parrado, utilizando una metodología basada en el levantamiento de la geometría y las características de los materiales del puente, el análisis de las cargas que actúan sobre él y la aplicación de criterios normativos vigentes en Colombia. Se consideran tanto las cargas vivas móviles que transitan por el tablero del puente.

Este trabajo se divide en cuatro capítulos. En el primer capítulo se presenta la introducción, donde se plantea el problema, se formula la pregunta de investigación, se establece el objetivo general y los objetivos específicos, se justifica la relevancia del estudio y se describe la estructura del documento. En el segundo capítulo se realiza una revisión bibliográfica sobre los conceptos teóricos relacionados con el diagnóstico patológico, las patologías más comunes en

puentes de concreto armado, los métodos y técnicas para su identificación y evaluación, y las normas aplicables al caso de estudio. En el tercer capítulo se describe la metodología empleada para realizar el diagnóstico patológico del puente del Caño Parrado, explicando los pasos y procedimientos seguidos para obtener y analizar los datos. En el cuarto capítulo se presentan y discuten los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología, mostrando las patologías detectadas, su grado de severidad y su incidencia en el comportamiento estructural del puente. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio realizado.

La hipótesis que se plantea en este trabajo es que el puente del Caño Parrado presenta patologías severas que afectan su capacidad resistente y funcional, debido a que no fue diseñado siguiendo los criterios normativos actuales ni contó con un adecuado mantenimiento preventivo durante su vida útil. Esta hipótesis se contrastará con los resultados obtenidos a partir del diagnóstico patológico.

Este trabajo pretende contribuir al conocimiento científico y técnico sobre el estado actual y el comportamiento estructural del puente del Caño Parrado, así como aportar elementos para la toma de decisiones sobre su intervención o sustitución. Además, busca generar conciencia sobre la importancia de realizar diagnósticos patológicos periódicos en las obras civiles, especialmente en aquellas que presentan un alto riesgo o una alta demanda social.

Justificación del Proyecto

El puente que cruza el Caño Parrado a la altura del Parque Infantil de la ciudad de Villavicencio es una obra pública que presenta características similares a otras estructuras viales en la ciudad, como el puente que cruza el mismo caño en el sector de Villa Julia (Carrera 31). Estas estructuras no contaron con estudios técnicos independientes que se ajustaran al sitio de construcción ni a las solicitaciones de carga provenientes del tránsito vehicular, al menos al nivel actual de la capital de los llanos.

El puente sobre el Caño Parrado es que facilita la movilidad y la conectividad entre dos zonas importantes de Villavicencio, como son La Grama y el centro empresarial de Villavicencio.

Además, contribuye al desarrollo económico y social de la ciudad, al mejorar el acceso a los servicios públicos, comerciales, sociales y culturales, lo que mantiene la calidad de vida de los habitantes de Villavicencio.

Esta situación genera una alarma en momentos críticos como los sismos, teniendo en cuenta que la ciudad se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta, según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente del 2010 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010). También se genera una alarma en las temporadas de lluvia, cuando los ríos Guayuriba, Ocoa y Guatiquia, junto con los caños Maizaro y Parrado, inundan los terrenos cercanos y afectan a cientos de familias villavicenses.

Además, debido a la antigüedad del puente y a la normativa con la que fue construido, basada en las cartillas del Ministerio de Obras Públicas y en los antiguos estándares de la AASHTO de 1931, no se tuvo en cuenta el mantenimiento preventivo ni correctivo que se le debía hacer a esta estructura. Por lo tanto, se generaron procesos erosivos en la subestructura del

puente, especialmente en los estribos, que no contaban con sistemas de protección adecuados frente a la acción hidráulica del caño. Estos procesos erosivos debilitaron la capacidad resistente y funcional del puente, provocando fallas estructurales que comprometieron su seguridad y su servicio.

Ante este escenario, surge la necesidad de realizar un diagnóstico patológico del puente del Caño Parrado cerca al Parque Infantil, que permita identificar las causas y los efectos de las anomalías o deterioros que presenta la estructura, así como evaluar su capacidad resistente frente a las sollicitaciones externas. Este diagnóstico patológico servirá como un punto de partida para los futuros estudios e intervenciones que se requieran para recuperar o reemplazar el puente.

Este trabajo profesional integrado tiene una gran relevancia para la ciudad de Villavicencio, pues contribuye al conocimiento científico y técnico sobre el estado actual y el comportamiento estructural del puente del Caño Parrado, así como aporta elementos para la toma de decisiones sobre su conservación o sustitución. Además, busca generar conciencia sobre la importancia de realizar diagnósticos patológicos periódicos en las obras civiles geriátricas que sirven para la movilidad de los pobladores de Villavicencio, evitando futuras interrupciones y posibles afectaciones a la población civil.

Objetivos

Objetivo General

Realizar un diagnóstico patológico del puente viga sobre el Caño Parrado en la Comuna 2 de la ciudad de Villavicencio, identificando las causas y los efectos de las anomalías o deterioros presentes en la estructura, evaluando el grado de severidad para proponer alternativas de intervención que garanticen un nivel óptimo de seguridad para los usuarios y funcionalidad de la obra.

Objetivos Específicos

- Realizar una inspección visual del puente para conocer el estado actual de sus componentes estructurales (tablero, vigas, pilas y estribos).
- Identificar y clasificar las patologías que se presentan en cada componente estructural, según su tipo, ubicación y extensión.
- Analizar las patologías y su contexto espacial y ambiental para determinar las causas que las originaron y los efectos que producen en el comportamiento del puente.
- Determinar las propiedades mecánicas y físicas de los materiales del puente mediante ensayos no destructivos.

Marco Referencial

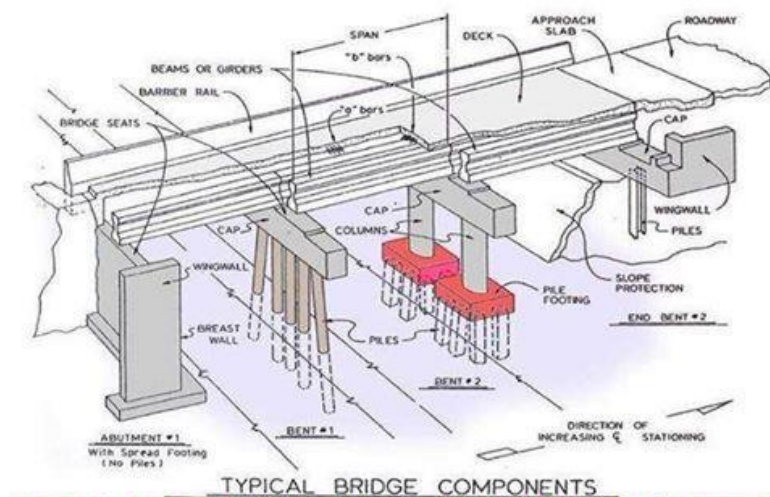
Marco Referencial Teórico

Definición de Puente

Un puente es una estructura que se construye para salvar un obstáculo físico (como un cuerpo de agua, un valle, una carretera o un ferrocarril) sin bloquear el paso por debajo. Su propósito es proporcionar un paso sobre el obstáculo, que suele ser algo que es difícil o imposible de cruzar de otra manera (Bridge - Wikipedia, s. f.; Bridge Definition & Meaning - Merriam-Webster, s. f.; Bridge History, Design, Types, Parts, & Facts Britannica, 2023).

Figura 1.

Esquema de los componentes de un puente, incluida su cimentación



Nota. Adaptado de Euroden SL [Esquema], por Euroden SL, 2017, Sketch Up 3D (<https://www.sketchup3dconstruction.com/const/typical-component-of-bridge.html>)

Sectores de un Puente

Un puente es una estructura que se compone de dos conjuntos principales: la superestructura y la infraestructura. Estos conjuntos dependen de su posición y función en la estructura global del puente.

La Superestructura. Es la parte localizada en la zona superior del puente y es el conjunto de elementos que soportan las cargas vivas (vehículos, peatones, etc.) y las cargas muertas (peso propio del puente, viento, etc.) y las transmiten a la infraestructura. La superestructura incluye los siguientes elementos:

El Tablero. Es la superficie del puente por donde circulan los vehículos o los peatones. Está cubierto por una capa de asfalto, hormigón u otro tipo de pavimento. El tablero puede ser de diferentes tipos según su forma y material, como losas, vigas prefabricadas, cajones, etc. (Main Parts of a Bridge - Explained - EngineeringClicks, 2017).

Las Vigas o Elementos Principales. Son los elementos estructurales que sostienen el tablero y le dan rigidez al puente. Pueden ser de diferentes formas y materiales, como vigas rectas o curvas, metálicas o de concreto armado o pretensado, etc. (Main Parts of a Bridge - Explained - EngineeringClicks, 2017).

Los Diafragmas. Son los elementos transversales que unen las vigas principales entre sí y les dan estabilidad frente a las cargas laterales o transversales, como el viento o el impacto. También sirven para distribuir las cargas entre las vigas principales (Parts of a Bridge Structure - ADOT, s.f.).

Las Juntas de Dilatación. Son los dispositivos que permiten el movimiento relativo entre dos partes del puente debido a los cambios de temperatura, las cargas dinámicas o los asentamientos diferenciales. Evitan que se produzcan tensiones excesivas o deformaciones permanentes en el puente (Parts of a Bridge Structure - ADOT, s.f.).

Los Sistemas de Drenaje. Son los dispositivos que recogen y evacúan el agua de lluvia o de riego que cae sobre el tablero del puente, evitando que se acumule o que se filtre a la

infraestructura. Pueden ser canaletas, sumideros, tuberías, etc. (Parts of a Bridge Structure - ADOT, s.f.).

Las Protecciones Laterales. Son los elementos que se colocan en los bordes del tablero del puente para evitar que los vehículos o los peatones se salgan de la vía o caigan al vacío. Pueden ser barandas metálicas, muros de concreto, barandillas, etc. (Main Parts of a Bridge - Explained - EngineeringClicks, 2017).

La Infraestructura. Es la parte localizada en la zona inferior del puente y es el conjunto de elementos que soportan las cargas transmitidas por la superestructura y las transfieren al terreno de cimentación. La infraestructura incluye los siguientes elementos:

Los Estribos. Son los elementos situados en los extremos del puente que sirven para apoyar la superestructura y para contener el terreno de los accesos al puente. Pueden ser de diferentes tipos según su forma y material, como muros, pilares, arcos, etc. (Components Of Bridges With Details - Civiconcepts, s.f.).

Las Pilas. Son los elementos situados entre los estribos que sirven para apoyar la superestructura y para dividir el vano del puente en varios tramos más cortos. Pueden ser de diferentes formas y materiales, como columnas, arcos, ménsulas, etc. (Components Of Bridges With Details - Civiconcepts, s.f.).

Los Muros de Ala. Son los elementos situados en los extremos de los estribos que sirven para protegerlos de la erosión del agua o del viento y para mejorar el aspecto estético del puente. Pueden ser rectos o curvos, según el ángulo que formen con el eje del puente (Components Of Bridges With Details - Civiconcepts, s.f.).

Los Sistemas de Apoyo. Son los dispositivos que permiten el apoyo entre la superestructura y la infraestructura, transmitiendo las cargas verticales y horizontales y

permitiendo ciertos movimientos relativos entre ambas partes. Pueden ser fijos o móviles, según su grado de libertad, y pueden ser de diferentes tipos según su forma y material, como neopreno, metal-goma, cojinetes, etc.

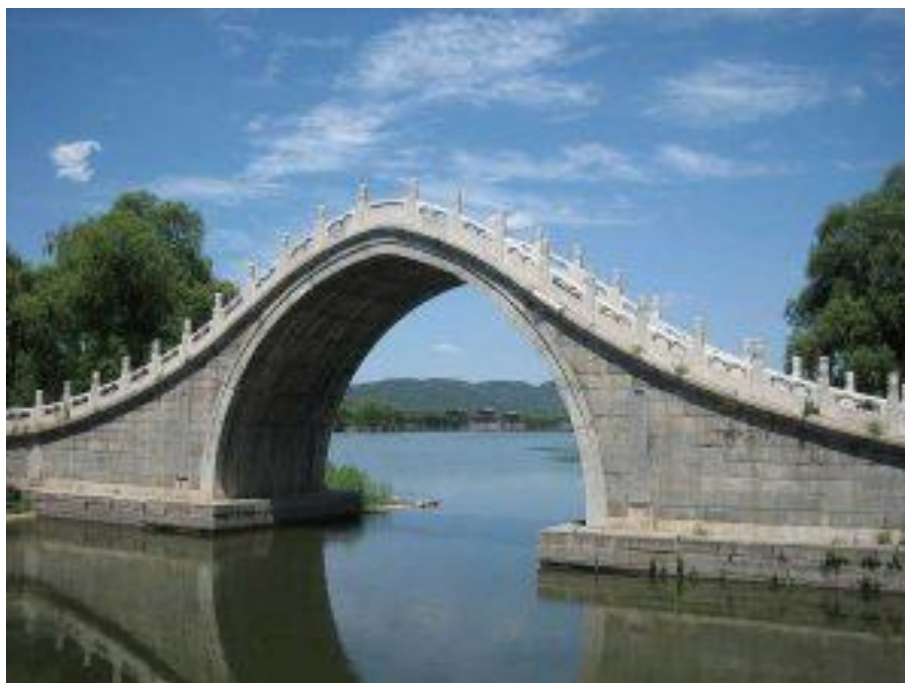
Los Sistemas de Drenaje. Son los dispositivos que recogen y evacuan el agua subterránea o superficial que pueda afectar a la infraestructura del puente, evitando su deterioro o su inestabilidad. Pueden ser drenes horizontales o verticales, pozos de bombeo, tuberías perforadas, etc.

Clasificación de los Puentes en Concreto

Puentes de concreto simple. Son aquellos que usan concreto sin refuerzo de acero. Estos puentes son adecuados para soportar cargas de compresión, pero no de tracción o flexión. Por eso, se usan principalmente en puentes de arco o de bóveda (Classification of Bridges | Different Types Of Bridges, s.f.).

Figura 2.

Puente Gailiang, Puente en concreto simple



Nota. Adaptado de Reconstrucción Puente Porcesito [Fotografía], por Hennessy, 2015, Wikimedia Commons ([https:// commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=601984](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=601984)).

Puentes de Concreto Reforzado. Son aquellos que usan concreto con barras de acero embebidas en su interior. Estos puentes pueden soportar cargas de compresión y de tracción o flexión, lo que los hace más versátiles y resistentes que los de concreto simple. Se usan principalmente en puentes de viga o losa (Classification of Bridges | Different Types Of Bridges, s.f.).

Figura 3.

Puente en concreto reforzado



Nota. Adaptado de Reconstrucción del puente en el kilómetro 20+950, vía Porcesito [Fotografía]. *Nota.* Adaptado de Reconstrucción Puente Porcesito - El Mango [Fotografía], por Explanaciones del Sur S.A., s.f., <http://www.explasur.com/proyectos.html>.

Puentes de Concreto Pretensado. Son aquellos que usan concreto con cables o barras de acero sometidos a una fuerza previa que los tensa. Estos puentes tienen la ventaja de reducir las fisuras y las deformaciones del concreto, así como de optimizar el uso del material y el espacio. Se usan principalmente en puentes de viga o losa de gran luz (Concrete Bridges - an overview | ScienceDirect Topics, s.f.).

Figura 4.

Puente en construcción con hormigón postensado



Nota. Adaptado de Hormigón postensado. Breve explicación y ejemplos [Fotografía], por Hormigon.eu, 2020, <https://hormigon.eu/hormigon-postensado/>

Con respecto a los puentes construidos en concreto armado (Manterola, 1984) menciona lo siguiente:

No solo la estructura metálica es un logro del siglo XIX. En su cuarto final aparece otro aporte tan importante con el primero, el concreto armado. A Jhon Smeaton se le atribuye la

invención del hormigón, en la construcción del famoso faro de Eddystone en 1774 y a Joseh Aspadin la regulación de los componentes de cemento Portland en el año de 1824.

El hormigón armado se atribuye a varios progenitores, pero lo cierto es que este sistema no se extiende hasta finales del siglo con los trabajos de Francois Hennebique y E. Coignet en Francia. También lo usó en EE. UU. Ward.

Este material heterogéneo introdujo la posibilidad de conseguir un producto moldeable de aspecto pétreo, la piedra artificial, que con la adición de armadura, le proporcionaba cualidades necesarias para resistir a flexión. Así, la viga de madera y el perfil metálico podían ser sustituidos por un material mucho más duradero y resistente a los efectos atmosféricos; además tenía la propiedad de parecerse a la piedra, material que estaba perfectamente asumido culturalmente por la población. El desarrollo del hormigón armado fue muy rápido tanto en edificaciones comunes, como en los puentes y dio soluciones razonables. Pero este nuevo material tenía un inconveniente principal, el fisuramiento que debería en la deformación, cuando se tenía luces importantes en flexión. Por esto, su uso se limitó a luces pequeñas para el caso del tablero recto. Así, a principios de siglo XX, el uso del hormigón armado en luces importantes estaba asociado con la tipología arco y es la época de los grandes constructores de arcos de hormigón como Ribera, Torroja y Fernández Casado en España; Freissinet y Esquillan en Francia, Maillart en Suiza, etc. (pg. 25).

Diseño Estructural de los Puentes

Desde principios del siglo pasado, la mayoría de las estructuras, de cualquier material, se diseñaban mediante el método de esfuerzos admisibles o de trabajo (WSD, por sus siglas en inglés), también conocido como diseño lineal. Este método consiste en calcular las cargas de

servicio (cargas muertas y vivas) que actúan sobre la estructura y determinar las secciones que cumplen con ciertos valores límites o permisibles de los esfuerzos internos generados por las cargas externas (McCormac & Brown, 2017).

A partir de 1963, el método WSD inició un proceso de evaluación para reflejar la variabilidad de ciertos tipos de carga, como las cargas vehiculares, las fuerzas sísmicas y el viento. Así surgió el diseño por factores de carga (LFD, por sus siglas en inglés), donde todas las cargas reales se multiplican por coeficientes de carga (que equivalen a factores de seguridad) y los resultados se conocen como cargas mayoradas. Los miembros se diseñan para que, teóricamente, fallen justo bajo las cargas mayoradas. Ambos métodos de diseño, WSD y LFD, estaban contenidos en las ediciones de las especificaciones estándar AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges (AASHTO, 1980).

Las ventajas que ofrece el diseño por resistencia límite (LRFD, por sus siglas en inglés) son las siguientes:

- Usa un enfoque más racional que el método WSD.
- Usa una consideración más realista del concepto de seguridad.
- Conduce a diseños más económicos.

La LRFD – CCP – 14 fue diseñada por la AIS, en convenio con el Instituto Nacional de Vías INVIAS, basándose en las especificaciones AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 6ª edición del 2012 y AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 7ª edición del 2014. Estas especificaciones están fundamentadas en los principios del LRFD, que actualmente se utiliza en muchos países para el diseño de todo tipo de estructuras (Invias, 2014).

Patología en la Construcción en Concreto Armado

La patología en la construcción es una disciplina que se ocupa de estudiar los daños que afectan a las edificaciones de concreto reforzado, así como sus causas, consecuencias y soluciones. Estos daños pueden comprometer la integridad estructural, la funcionalidad y la durabilidad de las obras, y pueden tener un origen físico, químico o biológico. La patología en la construcción requiere de un enfoque sistemático y multidisciplinar que permita realizar un diagnóstico adecuado y proponer medidas correctivas o preventivas. Según Rodríguez (2014), el estudio patológico se basa en el análisis de los patrones de deterioro que presenta un edificio, mediante el cual se establece un estado de conservación de la construcción y se realizan las recomendaciones correspondientes

Como señalan algunos autores, la patología en la construcción tiene una gran importancia para asegurar la calidad y la sostenibilidad de las edificaciones de concreto reforzado. Su objetivo es detectar, analizar y solucionar los problemas constructivos que pueden surgir en cualquier etapa de la vida de las obras, desde su diseño hasta su servicio. Asimismo, la patología en la construcción busca prevenir la aparición de nuevos daños, mediante el cumplimiento de criterios de calidad, normas técnicas y buenas prácticas constructivas.

Una de las posibles soluciones que puede proponer el ingeniero patólogo ante un daño severo en una edificación u obra es la demolición completa de la estructura actual y la reconstrucción de una nueva. Esta alternativa se puede considerar cuando el costo de la reparación o el refuerzo del existente sea mayor que el de la construcción de uno nuevo, o cuando la estructura debilitada presente un riesgo inminente para la seguridad de los usuarios y el medio ambiente.

Lesiones y Síntomas en Elementos de Concreto Reforzado

Según Basset (2019) las lesiones son daños que sufren los materiales y las estructuras de las edificaciones, y pueden ser causados por factores directos o indirectos. Estos daños se revelan en forma de deformaciones, roturas o alteraciones que afectan al comportamiento y a las prestaciones de la estructura o de otros elementos constructivos, como fachadas, particiones, solados, cubiertas, etc. Según el tipo y la naturaleza del proceso patológico que origina las lesiones, se pueden clasificar en tres categorías: físicas, mecánicas y químicas (Pag 2).

Estas lesiones pueden ser detectadas por aquellos contextos sobre la misma estructura en sus elementos constructivos, a estas evidencias se llaman síntomas.

Lesiones Físicas. Las lesiones físicas por lo general se presentan al exterior de una obra por variables físicos externos, que producen cambios tanto estéticos como estructurales, como cambios de apariencia o una determinada disminución en la resistencia del elemento, estas lesiones físicas también afectan otros materiales aparte del concreto, como el acero o la madera.

Según Basset (2019) hay tres tipos de lesiones físicas: Humedad, erosión física y suciedad.

La humedad es la existencia de agua o de vapor de este en la superficie porosa del elemento en concreto, la cual puede provenir del suelo, gracias al clima donde este emplazada la obra, y también del agua utilizada para la generación de la mezcla. Su presencia es la causa de varios fenómenos que pueden ocurrirle al material como la carbonatación, la corrosión en el acero de refuerzo, o la eflorescencia.

Figura 5.

Lesión por Humedades en un muro de contención ubicado en el sótano



Nota. [Imagen]. Recuperado de <https://www.esecon.es/wp-content/uploads/2020/12/img-patologia-humedades-sotanos.jpg>

La erosión física, es el nombre a la pérdida de concreto en un elemento estructural, causado por agentes externos como el viento, el agua, el hielo o las cargas dinámicas, esto afecta de maneras inmediatas o a largo plazo, como la pérdida de resistencia en caso de erosiones considerables, o pérdida de la protección del recubrimiento generando otras patologías como la corrosión en el acero de los elementos de concreto de reforzado.

Figura 6.

Erosión hormigón



Nota. [Imagen]. Recuperado de <https://estructurando.net/wp-content/uploads/2014/05/erosion-hormigc3b3n.jpg>

La suciedad es la acumulación de materiales extraños a las propias de la mezcla de concreto, tales como, polvo, grasa, hollín o material orgánico. Su efecto en el hormigón va desde el cambio de color y aspecto, reducir su adherencia transpirabilidad, o facilitar las lesiones de otro tipo como la humedad al haber microorganismos adheridos a los elementos de concreto.

Figura 7.

Fachada sucia



Nota. [Imagen]. Recuperado de https://www.urbipedia.org/hoja/Archivo:Fachada_sucia2.jpg

Lesiones Mecánicas. Los elementos de una estructura están sometidos a varios tipos de esfuerzos internos, tales como corte, flexión, torsión, compresión y tensión, que se pueden combinar entre sí. Estos esfuerzos afectan de manera más intensa a la obra a medida que esta envejece, debido al agotamiento o fatiga del concreto y el acero estructural. Cuando el agotamiento genera una disminución de la resistencia tan alta que las solicitaciones son mayores, se producen grietas, fisuras, desprendimientos o deformaciones mayores a las calculadas inicialmente. Estas lesiones mecánicas pueden comprometer la seguridad y la estabilidad de la estructura, y si no se atienden a tiempo podrían generar colapsos parciales o totales.

Figura 8.

Fatiga en columna en concreto



Nota. Adaptado de Ingenieros Asesores. (s.f.). Lesiones más comunes en edificación y Obra Civil [Imagen]. Recuperado de <https://ingenierosasesores.com/wp-content/uploads/fly-images/6314/patologia-hormigon-puente-pilar-870x400-c.jpg>

Lesiones Químicas. El concreto reforzado puede sufrir lesiones químicas debido a la acción de agentes químicos o biológicos que alteran su composición, su estructura o su superficie. Estos agentes pueden provocar el deterioro del material y reducir su vida útil. Algunas de las lesiones químicas más comunes son la corrosión, la carbonatación, la erosión química y las eflorescencias.

La corrosión es el proceso por el cual los metales se oxidan o se disuelven al reaccionar con el oxígeno o con otros elementos del medio ambiente. La corrosión puede afectar tanto a las estructuras metálicas como a las armaduras que refuerzan el concreto, debilitando su resistencia y comprometiendo su seguridad. La corrosión suele manifestarse en forma de manchas, picaduras o grietas en la superficie metálica.

Figura 9.

Corrosión en estructuras de concreto reforzado



Nota. Adaptado de Grupo MAC. (2018). Corrosión en estructuras de concreto reforzado

[Imagen]. Recuperado de <https://tinyurl.com/5xtkvxer>

La carbonatación es el fenómeno por el cual el hidróxido de calcio que forma parte del concreto reforzado se combina con el dióxido de carbono del aire, formando carbonato de calcio (Guardiola, 2020). Este proceso disminuye la alcalinidad del concreto reforzado y crea una red porosa que facilita la penetración de otros agentes agresivos. La carbonatación no afecta directamente al concreto reforzado, pero sí a las armaduras que lo refuerzan, ya que las deja expuestas a la corrosión.

Figura 10.

Carbonatación en puerto marítimo



Nota. Adoptado de Carbonatación en puerto marítimo [Imagen]. (s.f.). Recuperado

[https://4.bp.blogspot.com/--](https://4.bp.blogspot.com/--2uir63VsiY/UNZiEi4WZ5I/AAAAAAAAADE/CGdyIi1PmnU/s320/10.JPG)

[2uir63VsiY/UNZiEi4WZ5I/AAAAAAAAADE/CGdyIi1PmnU/s320/10.JPG](https://4.bp.blogspot.com/--2uir63VsiY/UNZiEi4WZ5I/AAAAAAAAADE/CGdyIi1PmnU/s320/10.JPG)

Las eflorescencias son los depósitos blanquecinos o cristalinos que aparecen en la superficie del concreto reforzado debido a la cristalización de sales minerales solubles que se encuentran en el propio material o en el sustrato. Estas sales son arrastradas por el agua hacia la superficie exterior del material, donde se evaporan y se solidifican. Las eflorescencias no afectan a la resistencia del concreto reforzado, pero sí a su estética y a su transpirabilidad.

Figura 11.

Eflorescencias en muro de contención



Nota. Adaptado de IngCivil.org. (2012). Prevenir las Eflorescencias en el Hormigón [Imagen].

Recuperado de <https://ingcivil.org/wp-content/uploads/2012/11/eflorescencia-hormigon.jpg>

Causas de las Lesiones

Inicialmente se pueden tipificar las causas endógenas: directas e indirectas. Las causas directas son aquellas que causan la lesión de manera inmediata. Por ejemplo, la causa directa a una lesión mecánica es el impacto de una carga aplicada a la estructura que no fue calculada inicialmente, generando lesiones a uno o varios elementos estructurales. Las causas indirectas son aquellos contextos que favorecen a que se produzca la patología. Siguiendo el ejemplo de la lesión mecánica, un mal cálculo estructural puede favorecer a la presencia de grietas o fisuras de manera más común (Figueroa y Palacio, 2022).

Errores de Diseño. Durante la fase de diseño estructural de una edificación u obra en concreto reforzado, así como de cualquier otro material, se definen las secciones y materiales apropiados para ser utilizados en obra que permitan con su resistencia soportar los esfuerzos internos generados por las cargas externas propias del peso propio de los materiales y del uso que tendrá la estructura. En resumen, la importancia en este punto de la obra es fundamental para garantizar el tiempo de vida útil de una obra (González et al., 2019).

Sin embargo, estos errores son poco habituales, se han visto casos como el del edificio Space en la ciudad de Medellín, Colombia, donde luego de una inspección post-colapso se determinó que la causa principal fue un error en diseño y cálculo, con cuantías mínimas en las columnas o dimensiones que no rebasan las mínimas exigidas por la normatividad de ese país (El Espectador, 2020).

Asimismo, se puede considerar fallas a la hora del cálculo de la estructura la subestimación de las fuerzas que van a ser aplicadas durante su uso, o las características sísmicas del terreno donde estará ubicado. Al momento de aplicarse las cargas reales superarán o estarán más cerca de la resistencia del diseño, reduciendo el factor de seguridad que se tiene en cuenta en las normas internacionales de diseño (FEMA, 2018).

A veces estos errores provienen de un error de documentación, y es la definición equivocada de las características tanto del proyecto como del lugar donde será construido y con esos datos previstos se realiza un buen diseño estructural pero que no corresponde con la realidad de lo que se necesita para cumplir de manera cabal su función (González et al., 2019).

Defectos en los Materiales. Según Basset (2019), esta causa “influirá en una resistencia menor a la prevista o una protección al refuerzo deficiente a la acción del ambiente o clima donde estará la estructura”. Esta causa puede ser clasificada indirecta, ya que un material deficiente en condiciones externas muy favorables permite la durabilidad de la estructura, pero en condiciones gradualmente críticas como atmosferas perjudiciales como una ciudad marítima o una industria química no permitiría combinarse con secciones estructuralmente adecuadas y seguras (Alpsten, 2017).

Errores de Ejecución y Control. Los defectos de los materiales pueden deberse a una mala calidad del concreto o del acero, a una mala dosificación o mezcla del concreto, a una mala colocación o compactación del concreto o a una mala curación o protección del concreto (González et al., 2019). Estos defectos pueden afectar tanto a las propiedades mecánicas como a las estéticas del concreto reforzado. Algunos ejemplos de defectos son: hormigueros, burbujas, grietas, fisuras, desprendimientos, manchas, variaciones de color, etc. (Don Concreto, 2021). Estos defectos pueden reducir la resistencia y la durabilidad del concreto reforzado, así como su apariencia y funcionalidad.

Así mismo, las actividades llevadas a cabo para la colocación del concreto en las formaletas son importante para brindar a la estructura una durabilidad de diseño esperada, errores de ejecución como vertido de concreto inadecuado, nulo vibrado o deficiente, o curado inadecuado provocan las condiciones para la aparición de lesiones.

Cambios de Uso o de entorno. El cambio de uso de una estructura consiste en modificar las condiciones iniciales con las cuales fue diseñada una obra, lo que puede afectar su comportamiento estructural y su funcionalidad. Según Arquitasa (2023), existen dos tipos de cambios de uso: favorables y desfavorables. Los primeros no generan inquietud cuando implican

una disminución de la carga viva; los segundos, en cambio, pueden comprometer la estabilidad de la estructura cuando suponen un aumento de las aplicaciones de sobrecarga mayores a las calculadas previamente.

Asimismo, el cambio del entorno de la edificación existente puede tener repercusiones sobre el suelo de fundación donde se encuentra cimentada la estructura. Modificaciones como excavaciones, rellenos o efectos dinámicos pueden generar diversas respuestas del suelo, como asentamientos diferenciales, que agregan tensiones y compresiones a los elementos estructurales, generando a su vez grietas y fisuras. Estos daños pueden afectar tanto a los elementos resistentes (vigas y columnas) como a los no resistentes (mampostería o cristalería) (González et al., 2019).

Situaciones Imprevistas. Entre las causas de las lesiones en los elementos de concreto, se encuentran las causas accidentales, que son aquellas que no se pueden prever ni controlar en la fase de diseño (a excepción del sismo, que tiene una ocurrencia poco probable, pero es una fuerza que rige el cálculo de la estructura de una edificación u obra). Estas causas accidentales pueden ser incendios, impactos o explosiones, que pueden causar daños severos como colapsos parciales o totales de la estructura, o daños menores como fisuras en elementos no estructurales (González et al., 2019). Estos daños pueden afectar tanto a la resistencia como a la funcionalidad de la estructura, comprometiendo su seguridad y su durabilidad (Claros et al., 2021).

Criterios y Normas para la Reparación y Rehabilitación de las Patologías en Construcciones en Concreto Reforzado

En este capítulo se presentan los criterios y normas para la reparación y rehabilitación de las patologías del concreto reforzado, que son fundamentales para garantizar la seguridad, la funcionalidad y la durabilidad de las estructuras afectadas por diversos agentes de deterioro (Broto, 2016). Se describen los aspectos que se deben considerar para realizar un diagnóstico adecuado de las patologías, así como para seleccionar y ejecutar el método y los materiales más convenientes para cada caso. También se indican las recomendaciones para el control y el seguimiento de las intervenciones realizadas.

Diagnóstico de las Patologías. El diagnóstico de las patologías consiste en identificar las causas y los mecanismos de deterioro del concreto y del acero de refuerzo, así como el grado de afectación de la estructura (Díaz, 2014). Para ello se debe realizar una inspección visual, una evaluación no destructiva y una caracterización física, química y mecánica de los materiales. Algunos de los métodos más utilizados son:

Inspección Visual. Consiste en observar el aspecto externo de la estructura, identificando las zonas dañadas, las fisuras, los desprendimientos, las manchas, las deformaciones y otros signos de deterioro. Se debe registrar la ubicación, la forma, el tamaño y la orientación de las anomalías, así como su posible relación con las cargas, las juntas, los apoyos y otros elementos estructurales (Pérez y Mejía, 2014).

Evaluación no Destructiva. Consiste en aplicar técnicas que no alteran ni dañan la estructura, pero que permiten obtener información sobre su estado interno. Algunas de estas técnicas son: el esclerómetro, que mide la dureza superficial del concreto; el ultrasonido, que mide la velocidad de propagación de ondas sonoras en el concreto; el potencial de corrosión, que mide la diferencia de potencial eléctrico entre el acero y una referencia externa; la carbonatación test, que mide la profundidad de penetración del dióxido de carbono en el concreto; y la prueba de cloratos, que mide la concentración de iones cloruro en el concreto (González et al., 2019).

Caracterización Física, Química y Mecánica. Consiste en extraer muestras representativas del concreto y del acero de refuerzo y someterlas a ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades. Algunos de estos ensayos son: la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad, la densidad, la porosidad, la absorción, el contenido de humedad, el pH, la alcalinidad, el contenido de cemento, el contenido de agregados y el grado de corrosión (Gilmartín, 2008).

Evaluación de la Capacidad Resistente y Funcional. La evaluación de la capacidad resistente y funcional consiste en determinar el nivel de intervención requerido para restaurar o mejorar el desempeño estructural de la construcción. Para ello se debe comparar la demanda (las cargas actuantes y las solicitaciones derivadas) con la capacidad (la resistencia y la rigidez disponibles) de los elementos afectados. Según el resultado de esta comparación se puede clasificar el nivel de intervención en:

Preventivo. Cuando la capacidad es mayor que la demanda y no hay riesgo inminente de colapso o pérdida de funcionalidad. En este caso se busca evitar o retardar el avance del deterioro mediante medidas como: limpieza, sellado, impermeabilización o protección superficial (Pérez y Mejía, 2014).

Correctivo. Cuando la capacidad es igual o ligeramente menor que la demanda y hay riesgo moderado de colapso o pérdida de funcionalidad. En este caso se busca reparar o reemplazar las zonas dañadas mediante medidas como: inyección, relleno, parcheo o recubrimiento ((360 en Concreto, 2019)).

Reforzamiento. Cuando la capacidad es mucho menor que la demanda y hay riesgo alto o crítico de colapso o pérdida de funcionalidad. En este caso se busca aumentar o recuperar la capacidad mediante medidas como: adición, sustitución o incorporación de elementos estructurales (Gilmartín, 2008)

Selección del Método y los Materiales. La selección del método y los materiales más adecuados para la reparación o el refuerzo depende del tipo y el grado de deterioro, del nivel de intervención requerido, del costo-beneficio esperado y del cumplimiento de los requisitos técnicos. Algunos de los aspectos que se deben considerar son:

Durabilidad. La capacidad del método y los materiales para resistir las condiciones ambientales a las que estará expuesta la estructura reparada o reforzada durante su vida útil (Pérez y Mejía, 2014).

Compatibilidad. La armonía entre el método y los materiales con las propiedades físicas, químicas y mecánicas del concreto original y del acero de refuerzo ((360 en Concreto, 2019)).

Adherencia. La capacidad del método y los materiales para formar una unión firme e íntegra con el sustrato existente (Gilmartín, 2008).

Estética. La apariencia visual del método y los materiales en relación con el entorno arquitectónico.

Algunos ejemplos de métodos y materiales son:

Inyección. Consiste en introducir bajo presión un material fluido (generalmente epóxicos o cementicio) en las fisuras o cavidades del concreto para rellenarlas y sellarlas. Se utiliza para reparar fisuras activas o pasivas que afectan la integridad o la estanqueidad del elemento (Pérez y Mejía, 2014).

Relleno. Consiste en aplicar manualmente un material pastoso (generalmente mortero o concreto) en las fisuras o cavidades del concreto para rellenarlas y nivelarlas. Se utiliza para reparar fisuras pasivas o desprendimientos superficiales que afectan la apariencia o la protección del elemento ((360 en Concreto, 2019)).

Parcheo. Consiste en retirar el concreto deteriorado hasta llegar al acero sano y luego aplicar un material pastoso (generalmente mortero o concreto) sobre el área expuesta para restaurar su forma original. Se utiliza para reparar desprendimientos profundos que afectan la adherencia o la resistencia del elemento (Gilmartín, 2008).

Recubrimiento. Consiste en aplicar una capa adicional (generalmente polimérica o cementicia) sobre toda o parte de la superficie del elemento para protegerlo o mejorar su aspecto. Se utiliza para prevenir o retardar el deterioro por agentes externos como cloruros, carbonatación o abrasión (Pérez y Mejía, 2014).

Adición. Consiste en agregar nuevos elementos estructurales (generalmente vigas, columnas o placas) al sistema existente para aumentar su capacidad resistente o funcional. Se utiliza para reforzar elementos insuficientes o dañados por sobrecargas o cambios en el uso ((360 en Concreto, 2019)).

Sustitución. Consiste en reemplazar total o parcialmente los elementos estructurales existentes por otros nuevos con mayor capacidad resistente o funcional. Se utiliza para reforzar elementos irrecuperables o colapsados por fallas severas o sismos (Gilmartín, 2008).

Incorporación. Consiste en adherir o anclar materiales adicionales (generalmente fibras sintéticas o metálicas) a los elementos existentes para mejorar su resistencia o rigidez. Se utiliza para reforzar elementos fisurados o flexionados por cargas estáticas o dinámicas (Pérez y Mejía, 2014).

Ejecución. La ejecución consiste en llevar a cabo el método seleccionado siguiendo las especificaciones técnicas y las normas de seguridad y calidad. Para ello se debe realizar una planificación previa, una preparación adecuada del área de trabajo, una aplicación correcta del método y una limpieza final del sitio. Algunas recomendaciones generales son:

Planificación Previa. Consiste en definir los recursos humanos, materiales y equipos necesarios para realizar la intervención; establecer un cronograma de actividades; coordinar con las autoridades y los usuarios involucrados; obtener los permisos y licencias requeridos; e implementar medidas de protección ambiental (Pérez y Mejía, 2014).

Preparación Adecuada. Consiste en aislar y señalizar el área de trabajo; retirar los elementos no estructurales que puedan interferir; limpiar y humedecer el sustrato; eliminar el concreto deteriorado y el acero corroído; reparar las armaduras y colocar los refuerzos; y preparar los materiales según las indicaciones del fabricante (360 en Concreto, 2019).

Aplicación Correcta. Consiste en seguir las instrucciones del método elegido, respetando los tiempos, las cantidades, las herramientas y las condiciones ambientales requeridas. Se debe verificar la correcta colocación, nivelación, compactación, curado y protección de los materiales aplicados. Se debe evitar la contaminación o la alteración de estos por agentes externos (Gilmartín, 2008).

Limpieza Final. Consiste en retirar los residuos, los equipos y los materiales sobrantes del área de trabajo; restaurar el aspecto original de la superficie intervenida; retirar la

señalización y el aislamiento; y entregar la obra al usuario o al responsable (Pérez y Mejía, 2014).

Marco Referencial Legal

El marco legal que rige el diseño y la construcción de estructuras sismo resistentes en Colombia está compuesto por las siguientes normas y guías técnicas, que establecen los criterios, requisitos y procedimientos para garantizar la seguridad y el desempeño adecuado de las edificaciones ante los efectos de los sismos:

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10. Norma Colombiana vigente de sismo resistencia (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010).
- Guía técnica para la inspección después del sismo del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE) y Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), que define los aspectos que determinan la vulnerabilidad en una edificación, como la geometría de la estructura, los aspectos constructivos y los aspectos estructurales (FOPAE & AIS, 2011).
- Norma Colombiana de Diseño de Puentes (CCP-14), que es una actualización del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCP 95), basada en los lineamientos establecidos por la AASHTO 6° edición e incluye el método de construcción por carga y resistencia (LRFD) (Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2014).
- Norma ASTM-D1293 o ensayo de carbonatación, que determina el nivel de alcalinidad del concreto mediante muestras extraídas con agua destilada y evalúa si esta alcalinidad afecta al acero de refuerzo (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2018).
- Norma ASTM C805 o ensayo de esclerometría, que determina la resistencia superficial del concreto a cargas mediante rebotes con un martillo de acero accionado por un resorte (esclerómetro) (ASTM, 2013).

Estas normas y guías se relacionan de la siguiente manera:

La NSR-10 define los parámetros de diseño sísmico para las diferentes categorías de edificaciones, así como las especificaciones de los materiales y los sistemas estructurales a emplear (AIS, 2010).

La guía técnica del FOPAE y AIS proporciona las pautas para evaluar el estado de las estructuras existentes después de un sismo y determinar las acciones correctivas o preventivas necesarias (FOPAE & AIS, 2011).

La CCP-14 establece los criterios de diseño sísmico específicos para los puentes, considerando las características geométricas, funcionales y ambientales de estos elementos (INVIAS, 2014).

Las normas ASTM-D1293 y ASTM C805 son métodos de ensayo no destructivos que permiten estimar la calidad y la resistencia del concreto en las estructuras, así como identificar posibles factores de deterioro o corrosión (ASTM, 2018; ASTM, 2013).

Marco Referencial Histórico

El estudio patológico de puentes es una actividad que consiste en la evaluación del estado de conservación y funcionamiento de las estructuras de los puentes, mediante la identificación y análisis de las lesiones o anomalías que presentan, así como la determinación de sus causas y consecuencias. El objetivo del estudio patológico es proponer las medidas correctivas o preventivas necesarias para garantizar la seguridad, la durabilidad y el desempeño adecuado de los puentes (Gómez & Gómez, 2015).

En Colombia, el estudio patológico de puentes ha cobrado relevancia en los últimos años debido a los múltiples casos de fallas o colapsos que se han registrado en la infraestructura vial del país, los cuales han afectado la movilidad, la conectividad y la calidad de vida de las poblaciones. Algunos de los factores que han contribuido a estas situaciones son: el deterioro por el paso del tiempo, la falta de mantenimiento periódico, el incremento del tráfico y las cargas vehiculares, las condiciones ambientales adversas y los eventos sísmicos (García et al., 2018).

Según un estudio realizado por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (2011), entre 1986 y 2010 se registraron 63 casos de fallas o colapsos en puentes en Colombia, siendo las causas principales: el diseño inadecuado (32%), la construcción deficiente (25%), el mantenimiento insuficiente (19%), el sismo (14%) y el vandalismo (10%). Algunos ejemplos de estos casos son: el puente sobre el río Cauca en Santander (1999), el puente sobre el río Magdalena en Honda (2008), el puente sobre el río Charte en Casanare (2016) y el puente sobre la quebrada Chirajara en Cundinamarca (2018) (El Tiempo, 2018).

Ante esta situación, se hace necesario realizar estudios patológicos a los puentes existentes y a los que se proyectan construir, con el fin de verificar su estado actual y prevenir posibles fallas o colapsos. Para ello, se deben seguir las normas y metodologías vigentes que

establecen los criterios, procedimientos y técnicas para realizar una inspección visual, una exploración no destructiva y una evaluación estructural de los puentes. Algunas de estas normas y metodologías son: la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14 (INVIAS, 2014), la Guía Técnica para la Inspección después del Sismo del FOPAE y AIS (FOPAE & AIS, 2011), la Norma ASTM-D1293 o ensayo de carbonatación (ASTM, 2018), la Norma ASTM C805 o ensayo de esclerometría (ASTM, 2013) y el Manual para Inspección Visual de Puentes Vehiculares del INVIAS (INVIAS, 2007).

Alcances y Limitaciones

El presente estudio patológico estructural al puente que salva el Caño Parrado, cerca al Parque Infantil, en la ciudad de Villavicencio, busca establecer el estado actual de la infraestructura y la superestructura, identificando los síntomas que padece este paciente y detectando sus causas, para concluir con las recomendaciones más apropiadas que ayudarán a ampliar el servicio de la estructura a los usuarios que hoy día no cruzan el viaducto.

Para la obtención de este objetivo se desarrollarán tres etapas primordiales: la historia clínica, el diagnóstico y la intervención a la obra. La primera etapa consiste en la obtención de información sobre la construcción de la obra, tales como planos estructurales o localización realizada en estudios anteriores, memoria de cálculo de diseño estructural y/o estudios técnicos previos (geotécnicos, hidráulicos, ambientales). Además, se realizará una inspección visual en campo que ayudará a identificar, clasificar y ubicar las lesiones o anomalías presentes en la estructura, elaborando así la historia clínica del puente.

La segunda etapa corresponde al diagnóstico patológico del paciente, basado en los datos obtenidos en la historia clínica y en los ensayos realizados sobre los elementos de la estructura para determinar las propiedades mecánicas y químicas de los materiales. Estos ensayos pueden ser en laboratorio o in situ, según el tipo de prueba y el grado de invasión. La interpretación de los resultados de las pruebas permitirá establecer las causas y consecuencias de las lesiones o anomalías encontradas en el puente.

La tercera etapa se refiere a la intervención a la obra según los análisis de los diagnósticos. En esta etapa se propondrán las medidas correctivas o preventivas necesarias para garantizar la seguridad, la durabilidad y el desempeño adecuado del puente. Estas medidas pueden incluir reparaciones, refuerzos o sustituciones parciales o totales de los elementos

afectados. También se estimarán los costos y los tiempos requeridos para ejecutar las intervenciones propuestas.

De acuerdo con el levantamiento realizado a la zona donde se localiza el puente sobre el caño Parrado, la estructura del puente hace parte de un conglomerado de varias otras que dan contención al suelo y a su vez conducción al caño Parrado sin llegar a cambiar el trayecto de este afluente del río Guatiquía. Por esta razón se hallan los muros de contención aguas arriba del puente.

Dentro de las limitaciones del estudio patológico podemos incluir la incidencia que tienen estas estructuras en el caudal del caño y cómo este afecta a la infraestructura del puente, así como los efectos de la erosión de este caño a los elementos de contención y su evaluación. Se resalta el colapso del muro de contención aguas abajo, estructura que no tendrá un estudio patológico.

Por otra parte, debido al carácter académico de este trabajo, la información y calidad de esta se verá afectada por el hecho de que solo se contará con la información de los ensayos realizados por los participantes y únicamente estos. Por lo tanto, las estimaciones y lineamientos que se plantearán en este documento solo tendrán en cuenta los ensayos realizados por sus participantes.

Debido a la antigüedad del puente no fue posible conseguir las memorias de cálculo de los diseños originales pertinentes al proyecto de estudio ni tampoco los estudios de suelos e hidrográficos de la zona que se utilizaron.

La Secretaría de Infraestructura de la ciudad de Villavicencio no permitió la realización de ensayos destructivos en ninguno de los elementos componentes de la construcción. Por lo que las actividades realizadas por el grupo de estudio se enfocaron en inspecciones visuales y

ensayos no destructivos, que tienen una finalidad más descriptiva que determinante. Por lo que las conclusiones y recomendaciones serán basadas en los resultados obtenidos junto con la inspección visual de la estructura y su entorno, así como las declaraciones de los residentes del sector.

No hace parte del alcance del proyecto la evaluación sísmica del puente ni estudios geotécnicos e hidráulicos.

Metodología

El estudio patológico del paciente seguirá los siguientes pasos para garantizar su eficacia y veracidad.

- Búsqueda, recopilación y análisis de la información existente del paciente como planos, memorias de cálculo, estudios, ensayos e inspecciones.
- Inspección visual del paciente para registrar las diferentes patologías que este esté sufriendo, y así analizarlas.
- Comparativa de las dimensiones con los planos originales
- Realización de ensayos no destructivos
- Analizar los resultados de los ensayos y demás información que se obtenga, para hacer el diagnostico general de la estructura
- Realizar las diferentes propuestas que se debe tener para la intervención en el paciente
- Presupuestos y costos de las posibles propuestas
- Conclusiones y recomendaciones (Diaz, 2014)

Descripción de la Selección del Paciente

El contexto en el que se ubica el puente es el de la ciudad de Villavicencio, capital del departamento del Meta, que se caracteriza por tener una alta pluviosidad y una red hidrográfica compuesta por ríos y caños que atraviesan varios sectores urbanos. Estas condiciones hacen que la ciudad sea vulnerable a las inundaciones y los deslizamientos, especialmente en épocas de lluvia intensa. Según Infobae (2021), en marzo de 2021 se presentaron fuertes lluvias que causaron inundaciones en más de una docena de barrios de la ciudad, afectando a más de 400 familias.

La problemática específica que afecta al puente sobre el caño Parrado es el hundimiento en la capa asfáltica y el separador de la vía principal, que pone en riesgo la estabilidad y la seguridad de la estructura. Además, el caño Parrado ha presentado constantes deslizamientos que afectan tanto al puente como a las viviendas cercanas. Estos daños se han agravado por la falta de mantenimiento y de intervención oportuna por parte de las autoridades. Punto de giro (2020) reportó que el puente llevaba más de cuatro meses con un hueco que se había rellenado varias veces sin éxito, y que se había solicitado un permiso para realizar una obra de mejoramiento que no se había otorgado.”

Los criterios de selección del puente sobre el caño Parrado como caso de estudio fueron los siguientes: primero, se trata de una obra pública que presta un servicio vital para la movilidad y la conectividad de la ciudad, ya que está ubicado sobre una vía principal del centro de Villavicencio, por donde circula gran parte del transporte público y privado. Segundo, se trata de un ejemplo representativo de varias construcciones en la ciudad que cuentan con el mismo contexto y problemática, como el puente en el barrio Bochica que cruza el caño La Cuerera, o el puente entre el barrio Emporio y el centro comercial Villa Julia que pasa por el mismo caño Parrado. Tercero, se trata de una oportunidad para contribuir al conocimiento y a la solución de una situación crítica que puede generar una catástrofe si no se trata a tiempo.

Preparación y Planteamiento del Estudio

Para el inicio del estudio del caso patológico en del caño Parrado de la avenida carrera 29 en Villavicencio, es necesario preparar la documentación de construcción del predio e investigar sobre los antecedentes, para ello se realiza una inspección preliminar y la recopilación de la información necesaria para el desarrollo del estudio.

Inspección preliminar del Paciente

Se realiza una inspección preliminar del puente que cruza el Caño Parrado cerca al Parque Infantil en el centro de Villavicencio. Se consulto con la Secretaría de Infraestructura de la ciudad cuya colaboración se permitió consultar a los vecinos del sector sobre el estado y la historia del puente. Además, se tomó un registro fotográfico de posibles lesiones, se analizó el daño que las pudo causar, la ubicación de estas y se hizo un prediagnóstico visual de las fallas.

Recopilación de Información Necesaria para el Estudio.

Se realizó una investigación para obtener la documentación completa necesaria para la construcción de la obra; contratos, planos, estudios de suelos, bitácora de obras, entrega de proyecto a la comunidad, actividades de mantenimiento. Sin embargo, debido a la antigüedad de la obra, no se pudo adquirir dicha documentación. Por lo tanto, la única información disponible para el equipo de investigación son los planos estructurales del puente según como se requería construir en ese momento, las directrices estaban dadas por las cartillas del Ministerio de Obras Públicas.

A pesar de no contar con toda la documentación deseada, el equipo de investigación pudo acceder a los planos estructurales del puente según como se requería construir en ese momento, las directrices estaban dadas por las cartillas del Ministerio de Obras Públicas. Estas fuentes primarias y oficiales permitieron conocer el contexto en el que fue construida la obra y los criterios técnicos que se aplicaron.

Permisos y Autorizaciones para Abordar Estudio al Paciente.

Esta obra fue construida hace más de 30 años y presenta signos de deterioro y daño estructural. Para realizar las inspecciones e intervenciones para encontrar las lesiones y realizar ensayos tanto no destructivos como destructivos, se requirió obtener el visto bueno por parte del

propietario, apoderado o encargado de la obra. Se obtuvo una autorización verbal por parte del ingeniero Jhony Ojeda, asesor técnico de la Secretaría de Infraestructura de Villavicencio, quien facilitó el acceso al puente y proporcionó los planos estructurales según como se requería construir en ese momento. Sin embargo, por parte del secretario general, el arquitecto Harold Barreto, se recomendó no realizar inspecciones destructivas a la estructura para evitar caer en detrimento patrimonial, así como evitar gestionar procesos burocráticos que aplazaran el tiempo para la revisión. Por lo tanto, el equipo de investigación tuvo que limitarse a realizar inspecciones visuales y ensayos no destructivos, siguiendo las directrices dadas por las cartillas del Ministerio de Obras Públicas.”

Definición de los Medios para Realizar la Exploración.

Las inspecciones que se realizaron al puente que cruza al Caño Parrado, se realizaron con un conjunto de recursos y herramientas para definir, cuantificar y cualificar las lesiones a la estructura del paciente, se clasifican en dos tipos de medios

Medios primarios. Son aquellos que se obtienen directamente de la fuente original, tales como: entrevistas a vecinos del sector, funcionarios de la Secretaría de Infraestructura de Villavicencio, usuarios del puente; ensayos no destructivos; e inspecciones visuales con registros fotográficos.

Medios secundarios. Son aquellos que se obtienen indirectamente de otras fuentes, tales como: la cartilla de Obras Públicas; las normas y protocolos para las inspecciones de estructuras en concreto, compartidas por la Universidad Santo Tomás durante las clases de la Especialización en Patología de la Construcción; fotografías que permitieran identificar las lesiones halladas en sitio; y normas técnicas.

Las limitaciones de estos medios son que no permiten conocer la totalidad de la situación del puente, como su nivel de porosidad en los elementos de concreto; el estado de conductividad de los

refuerzos que permitan conocer si hay corrosión en ellos; los espesores de recubrimiento que se están cumpliendo con las especificaciones técnicas. Sin embargo, alcanzan a lograr el objetivo principal del estudio patológico, que es definir el grado de severidad de las lesiones observadas por el grupo de investigación."

Historia Clínica

Para llegar a hacer el diagnóstico de las enfermedades que afectan al paciente, es necesario construir una historia clínica que tenga como propósito observar, analizar y diagnosticar las fallas y diferentes síntomas que puede presentar el paciente debido a ya se al ambiente, su construcción o la actividad antropomórfica de la zona y así determinar qué procedimiento seguir a la hora de tratarlo.

Responsables del Estudio

Los responsables del estudio son los siguientes profesionales:

Ingeniero Juan Sebastián Velandia Alba. Ingeniero Civil de la Universidad Cooperativa de Colombia - Villavicencio, actualmente estudiante de la especialización de patología en la construcción.

Fecha de Realización del Estudio

El estudio fue realizado de abril de 2021 a marzo de 2022, incluyendo las fases de investigación, localización del paciente, definición de historia clínica, determinación de lesiones, causas y diagnóstico patológico

Datos Generales del Paciente

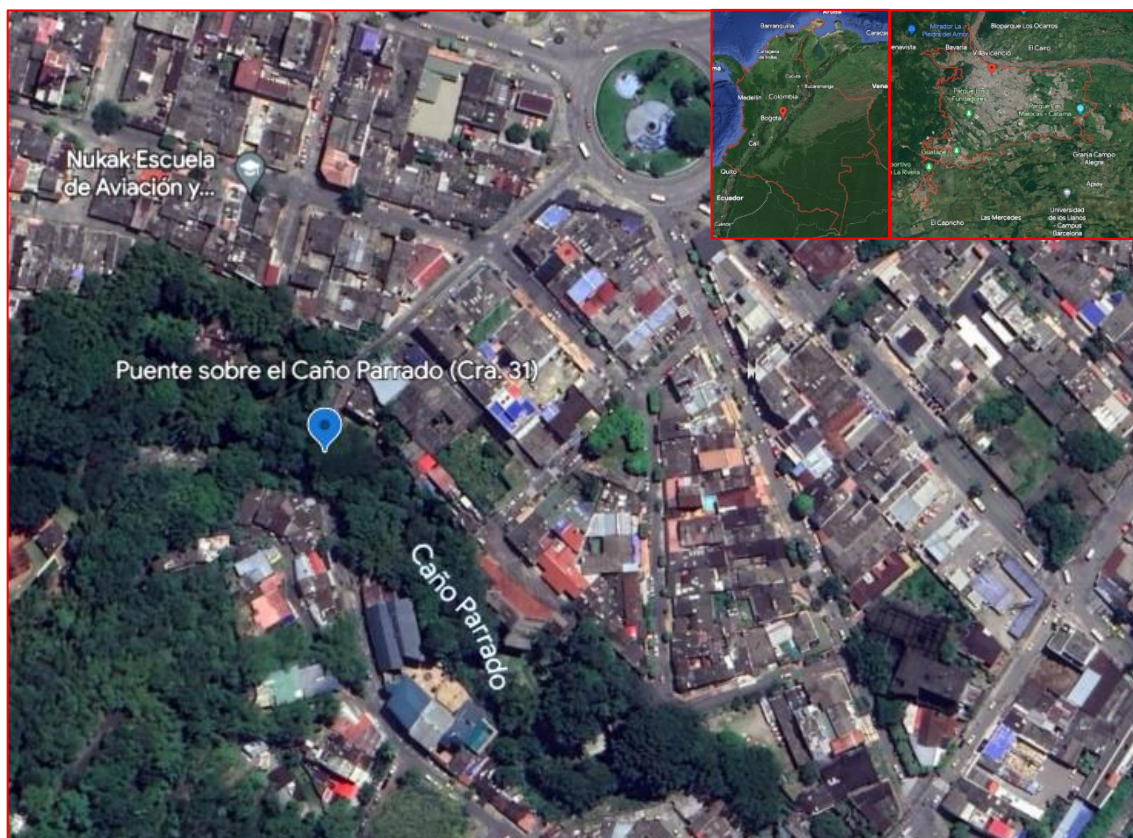
Nombre. Puente sobre Caño Parrado (Carrera 31).

Localización. Dentro del centro de la ciudad de Villavicencio, en la comuna 2, sobre la Carrera 31, entre el Parque Infantil y la Glorieta de La Grama, se localiza el puente que cruza el

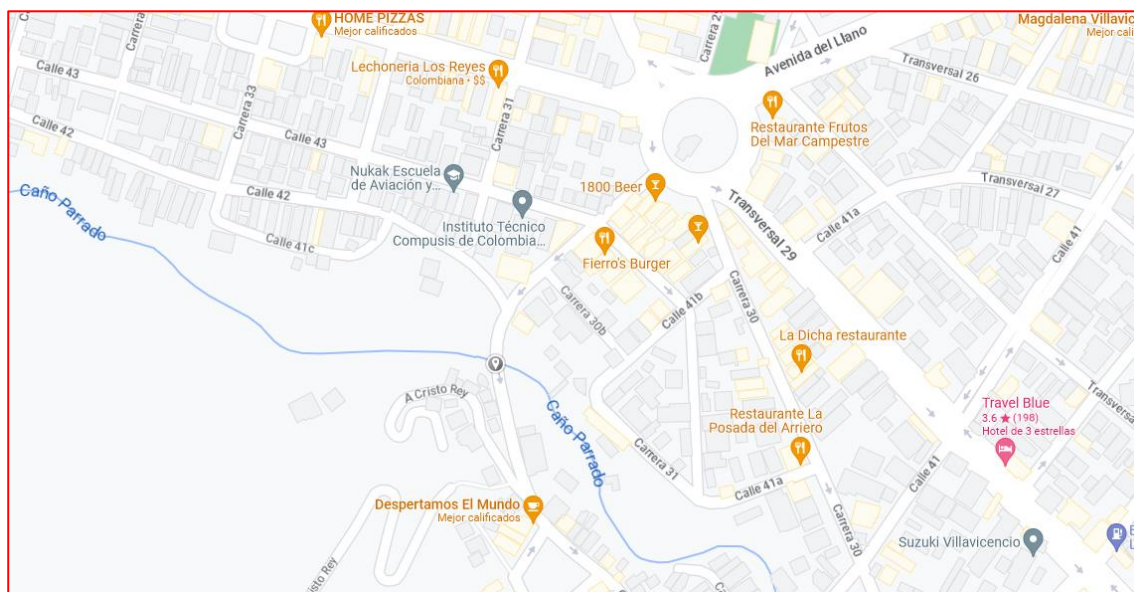
Caño Parrado, en la Figura 1. se muestra la posición geográfica sobre una imagen satelital y la Figura 2. sobre una imagen esquemática de la zona.

Figura 12.

Localización del Puente, imagen satelital



Nota. Adaptado de Google Earth. [Captura de pantalla]. (2020). Imágenes satelitales de la ubicación del Puente Caño Parrado, Villavicencio, Colombia [Captura de Pantalla]. Google Earth. <https://tinyurl.com/y7k5pe7n>

Figura 13.*Localización del puente, imagen esquemática*

Nota. Adaptado de Google Maps. (2020). Imágenes esquemáticas de la ubicación del Puente Caño Parrado, Villavicencio, Colombia [Captura de Pantalla]. Google Maps.

<https://tinyurl.com/3tu5rtwv>

Uso Actual y Previsto del Sector. El uso del puente actualmente es el de comunicar el sector de la Grama y el centro de la ciudad de Villavicencio, pasando el accidente geográfico como lo es el caño parrado.

Fecha de Construcción. Según datos de la Secretaría de Infraestructura la obra tiene aproximadamente más de 40 años, remontándose a la década de 1970 -1980.

Uso Actual y Previsto del Sector. El uso actual sigue siendo el mismo con el que fue planeado, por otra, parte el sector es una zona residencial de trascendencia histórica ya que ese sector fue uno de los primeros asentamientos de la ciudad.

Importancia del Paciente. El puente sobre el Caño Parrado es que facilita la movilidad y la conectividad entre dos zonas importantes de Villavicencio, como son La Grama y el centro empresarial de Villavicencio.

Además, contribuye al desarrollo económico y social de la ciudad, al mejorar el acceso a los servicios públicos, comerciales, sociales y culturales, lo que mantiene la calidad de vida de los habitantes de Villavicencio.

Sistema Constructivo. El sistema constructivo de puente es basado de las cartillas del ministerio colombiano de obras públicas las cuales están basadas en Standard Specifications for Highway Bridges and Incidental Structures (AASHO) de 1931, el cual el método de construcción era por el método ASD o diseño por esfuerzos permisibles y por lo tanto los sistemas constructivos fueron in situ y prefabricado.

Técnica constructiva. El sistema constructivo in situ, consiste en “la ejecución de la estructura colando el hormigón fresco sobre un encofrado que aloja las armaduras, activas o pasivas que han sido previamente dispuestas. Es el método constructivo de estructuras de hormigón más antiguo. Desde el punto de vista de la ejecución de un puente, no siempre es aplicable, teniendo en cuenta los requerimientos de apuntalamiento del encofrado (cimbra) que dependen del emplazamiento y de la geometría del puente. Hoy en día se cuenta con sistemas de encofrados y cimbras metálicos que permiten lograr notables reducciones en los tiempos de montaje y amortización de los equipos al posibilitarse reutilizaciones de estos” (Daniel P. F., 2006, pág. 4). Mientras que el sistema constructivo prefabricado es donde “Partes estructurales o la estructura completa son elaboradas en un lugar distinto al de emplazamiento del puente. Se pueden eliminar costosos apuntalamientos y cimbras y sortear obstáculos para la obra. Como contrapartida, se requieren equipamientos auxiliares para transporte, izaje y colocación. En la

actualidad, la tecnología aplicada a estos equipos ha permitido lograr notables avances en cuanto a las magnitudes de premoldeado.” (Daniel P. F., 2006, pág. 4)

Sistema Estructural y Constructivo. A continuación, se incluyen las notas generales impresas en el manual de puentes, documento entregado a cada una de las secretarías de Obras Públicas de las ciudades capitales de los departamentos de Colombia en el año 1980:

“Los puentes se diseñaron para una carga viva de HS 20 de la AASHTO.

Todos los puentes se construirán con una contra flecha en la media luz igual a 1/300 de la luz.

Los guarda-ruedas se harán de un concreto de la misma calidad usadas en las otras partes de la obra.

Toda la formaleta usada para el vaciado deberá producir superficies uniformes y sin alabeos, depresiones o protuberancias.

Todas las formaletas serán tratadas con una capa de aceite que evite la adherencia entre esta y el concreto.

El aceite que se usa para este fin debe ser aceite mineral que no produzca coloraciones en el concreto. No se permitirá el uso de aceite quemado de motor.

El esfuerzo será de alta resistencia y corrugado. Deberá admitir un punto de cedencia mínimo de 4.200 Kg/cm² (60.000 lb/pul²).

El refuerzo estará libre de escamas o grasas. El interventor rechazara las varillas que tengan puntos débiles, sin que esto de lugar a ningún tipo de indemnización al Contratista.

El espaciamiento libre entre barras de refuerzo, así como el espaciamiento libre entre capas, en ningún punto deberá ser inferior a una media (1.5) veces el diámetro de las barras.

El recubrimiento medido desde la superficie de concreto a la cara de las barras de refuerzo será:

Parte superior de las losas: 3.5 cm

Parte inferior de las losas: 2.5 cm

Estribos: 25 cm

Los extremos de las barras, para los puentes de losa únicamente deberán tener ganchos, a menos que se indique lo contrario en los mismos planos.

El diámetro del gancho será seis (6) veces el diámetro de la barra, exceptuando solamente las barras con diámetro mayor a una (1) pulgada, para las cuales será de ocho (8) veces el diámetro de la barra.

Normalmente las varillas se doblarán en frío. El Interventor sin embargo podrá autorizar dobladuras en caliente, pero diámetros grandes, siempre y cuando se eviten los calentamientos o enfriamientos bruscos que puedan alterar la estructura propia del acero.

Algunas varillas de refuerzo de longitud mayor que las comerciales se muestran en estos planos sin indicar un punto obligado de traslapo, con lo cual el Contratista tiene opción de utilizar diferentes combinaciones de varillas. En todos los casos la longitud de traslapo será treinta y seis (36) veces el diámetro de la varilla. Los traslapos se deberán escalonar de tal manera que no se presente en una misma sección más de un 20 o/o de varillas traslapadas.

Solo en casos excepcionales el interventor podrá autorizar uniones soldadas, las cuales deberán tener un cordón corrido de soldadura de por lo menos diez (10) veces el diámetro de las varillas. La soldadura deberá ser hecha por un soldador experto, deberá presentar buena penetración y en general, deberá cumplir con los requisitos de la Norma D 12.1 de la AWS.

Las uniones traslapadas deberán ser preferidas a las uniones soldadas.

En ningún caso se permitirá puntear el refuerzo con soldadura, ya que esto puede debilitar considerablemente las barras.

Los traslapes deberán evitarse en los puntos de máximo esfuerzo.

Todo el concreto de las obras será de una cantidad que, de una resistencia, en cilindros normales de 211 Kg/cm² (3000 lb/pulg²) a los 28 días, con condiciones de curado de laboratorio.

El cemento usado en la obra deberá ser adecuadamente almacenado bajo cubierta y colocado sobre un entablado de madera.

El interventor rechazara el cemento que haya empezado a endurecer.

El agregado grueso tendrá como máxima dimensión 3.5 cm, el Interventor rechazará el material que no cumpla con este requisito.

El agregado grueso consistirá en piedra triturada o gravas naturales o combinaciones de ambos que tengan piezas duras, fuertes, durables, libres de revestimientos adherentes y sin terrones de arcilla, fragmentos blandos, productos de origen orgánico, o cualquier tipo de impureza.

El agregado fino consistirá en arena natural o de otros materiales inertes de características similares, que en general tengan partículas duras, fuertes y durables.

Deberá estar libre de terrones de arcilla, residuos orgánicos, pizarra y escamas.

El agregado fino deberá estar gradado y cuando se ensaye por medio de tamices de laboratorio deberá cumplir con los siguientes requisitos.

Pasa tamiz No.4	95 a 100 %
Pasa tamiz No. 16	45 a 80 %
Pasa tamiz No. 50	10 a 30%

Pasa tamiz No.100 2 a 10%

El concreto deberá ser preparado en una mezcladora mecánica.

Se recomienda que el Interventor exija que su dosificación sea hecha por peso, para evitar los errores que da una dosificación por volumen.

La relación de agua cemento, por peso, deberá ser inferior a 0.65, a menos que se indique otra cosa con un cuidadoso diseño de mezcla.

En términos generales, el concreto debe tener la consistencia de menos “slump” posible, que permita su colocación normal en la formaleta, sin peligro de presentar hormigueros o deficiente consolidación.

Habrà que ejercer especial cuidado en el vaciado del concreto para que no ocurra segregación de los materiales ni movimiento del refuerzo.

El concreto deberá ser compactado en todas partes, al tiempo que se coloca, por medio de un equipo mecánico de vibradores.

Los vibradores deberán poder transmitir al concreto una vibración con una frecuencia no inferior a los 4500 ciclos por segundo.

El concreto deberá ser colocado en capas horizontales de un espesor no mayor a 30 cm. Cada capa debe ser colocada antes de que la barcada anterior haya empezado a fraguar.

Todas las juntas de construcción deberán ser tratadas con cepillo de alambre y chorro de agua, hasta remover completamente la lechada superficial y la arena fina y dejar expuesto el agregado grueso.

Para vaciar concreto sobre superficies ya endurecidas y convenientemente tratadas, habrá que colocar primero unos 4 o 5 cm de mortero con la misma relación agua/cemento del concreto

que se está usando. Esto con el fin de evitar la formación de hormigueros en las juntas de construcción por el asentamiento del agregado grueso.

Las superficies de las losas serán acabadas con regla. Se deberá evitar que se palettee excesivamente la superficie, con el fin de no producir una capa de lechada libre.

Siempre y cuando sean convenientemente tratadas las juntas de construcción, el interventor podrá autorizar la interrupción de vaciado entre las losas y el cuerpo de las vigas.

Las partes que presentaren hormigueros deberán ser reparadas con un mortero de la misma relación agua cemento del concreto usado en el vaciado. Esta norma no exime al contratista de evitar hasta donde sea posible la formación de hormigueros mediante un vibrado cuidadoso.

Cuando haya que hacer juntas de construcción en paredes verticales se tendrá que colocar un bisel horizontal de 2 cm de lado”.

De las anteriores notas generales que aplican para cualquiera de los modelos de puentes presentados en la cartilla de Obras Públicas (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, s.f.), se deduce que los ingenieros que las redactaron tenían dentro de sus objetivos lograr un desempeño óptimo de las construcciones durante su periodo de funcionamiento; y recomendaciones como el estado del agregado, limpio de materiales orgánicos, iban dirigidas para que el acero de refuerzo no tuviera problemas de corrosión durante los 20 o 30 años. Asimismo, la cartilla encarga al Interventor de la obra suspender cualquier actividad que sea en detrimento de la vida útil del puente (INVIAS, 2019); lo cual daba garantía en la calidad de la obra terminada y su integridad durante gran parte de su periodo óptimo.

El sistema estructural con el que está construido el puente es un sistema isostático: Según EADIC (2017): “*se denomina puente isostático a aquel cuyos tableros son estáticamente*

independientes uno de otro y, a su vez, independientes, desde el punto de vista de flexión, de los apoyos que los sostienen”. Aunque esto nunca será cierto al menos que se quisiera lograr con mucho empeño, todos los elementos de un puente no podrán ser isostáticos, ya que por ejemplo un tablero apoyado de un puente está formado por un conjunto altamente hiperestático de losa de calzada, vigas y diafragmas transversales (separadores), cuyo análisis estático es complicado de realizar’ (Agudelo, 2017, p. 23). Y conforme a su anclaje es considerado un puente fijo.

Normativa Actual que lo Rige. El puente que del caño Parrado esta normalizado actualmente con el código colombiano de puente (CCP14, 2014).

En la Edificación y/o Construcción Civil

Según el Ministerio de Obras Públicas, se plantea los criterios de construcción del puente que se exponen a continuación:

Tipos de Cimentación. El tipo de cimentación es una zapata de 80 cm de altura en ambos estribos del puente, de acuerdo con la inspección visual y con rastros de partes que han colapsado cerca del puente objeto de estudio, el material de la cimentación es concreto ciclópeo.

Altura. La altura del puente en total de 6 metros de alto

Área. El área del puente visto en planta es de 84m².

Estado General de Construcción. El estado actual de la construcción del puente se considera que esta en un estado severo, debido a que incluso se ha prohibido el tránsito por este, por el riesgo de colapso.

Información Existente. Actualmente solo contamos con los planos que nos brindan las cartillas del ministerio colombiano de obras públicas, las cuales nos detallan los planos del puente y los estribos en los que este está apoyado.

Fidelidad de los Planos. Se observaron cambios en los planos del puente sobre caño Parrado debido a que se adecuó un sendero peatonal en ambos lados de las calzadas; y se eliminaron los tubos de drenaje. Asimismo, se le redujeron vigas reforzadas en el sistema losa vigas; donde el modelo de puentes del manual muestra cuatro vigas longitudinales y en el registro fotográfico adjunto al artículo se ve que el puente del Caño Parrado tiene tres ejes de vigas.

A los costados del puente se encuentran unas vigas en concreto reforzado como soportes en el paso de una tubería de agua en la zona y una cercha metálica para otra tubería. Por otra parte, hay dos juegos de vigas; conforme a lo indicado por el secretario de infraestructura, las vigas iniciales tuvieron que ser reemplazadas debido a un cambio de altura de la vía.

Como prueba de esto se ven las vigas al nivel +5.50 m sobre el nivel medio del río.

Constatación del Estado del Paciente. El puente se ha visto afectado por la socavación que provoca el proceso erosivo del caño en los costados, generando diferentes lesiones por humedad. Además, la falta de mantenimiento aceleró los daños que estos procesos de socavación y erosión provocaron en la estructura.

Aplicación Patológica

La aplicación patológica para considerar en este paciente es forense, ya que el paciente presenta síntomas de un inminente colapso, debido a los daños que tiene y a su difícil recuperación. Según Echeverri Montes (2021), una patología de la construcción es uno o varios problemas constructivos presentes en una edificación o en alguno de sus elementos, que pueden aparecer por cambios en las condiciones contextuales.

Estos problemas pueden ser causados por presencia de agua, movimientos de los materiales o acciones físicas, químicas o biológicas (Construmática, s.f.). En el caso del puente

que cruza el caño Parrado, se podría realizar un estudio patológico para analizar los patrones de deterioro que presenta y establecer un estado de conservación de la construcción (Rodríguez, 2007).

Datos Generales del Entorno.

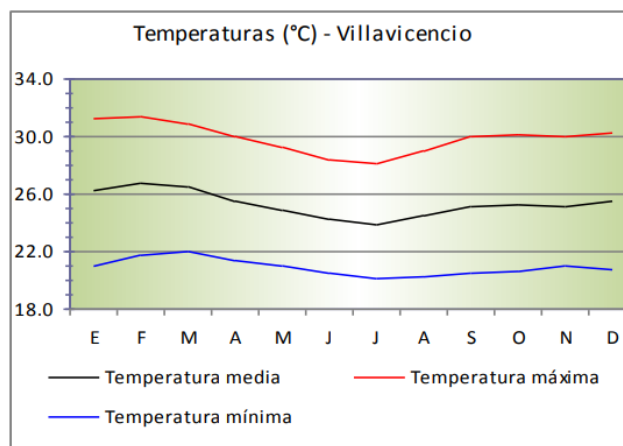
Se ubica el paciente y se analiza su entorno como criterio importante para el diagnóstico de la lesión.

Edificaciones u obras vecinas. Al norte del puente tenemos el barrio la Grama y al sur tenemos el barrio la Azotea, al Oriente y Occidente se encuentra el caño de atravesía que es el Parrado.

Medio ambiente. En Villavicencio, los veranos son cortos, muy caliente y nublados y los inviernos son cortos, caliente, mojados y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 20 °C a 32 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 34 °C (IDEAM, 2016).

Temperatura. La temporada calurosa dura 2,9 meses, del 4 de enero al 1 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 31 °C. El día más caluroso del año es el 7 de febrero, con una temperatura máxima promedio de 32 °C y una temperatura mínima promedio de 20 °C.

La temporada fresca dura 2,5 meses, del 13 de junio al 29 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 29 °C. El día más frío del año es el 16 de enero, con una temperatura mínima promedio de 20 °C y máxima promedio de 31 °C. (IDEAM, 2016).

Figura 14.*Temperaturas en la ciudad de Villavicencio*

Nota. Adaptado de Características Climatológicas de Ciudades Principales y Municipios Turísticos. IDEAM. (2016). Características de Ciudades Principales y Municipios Turísticos. [Imagen]. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

Precipitaciones. Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Villavicencio varía muy considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 8,6 meses, de 19 de marzo a 7 de diciembre, con una probabilidad de más del 43 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 71 % el 2 de mayo.

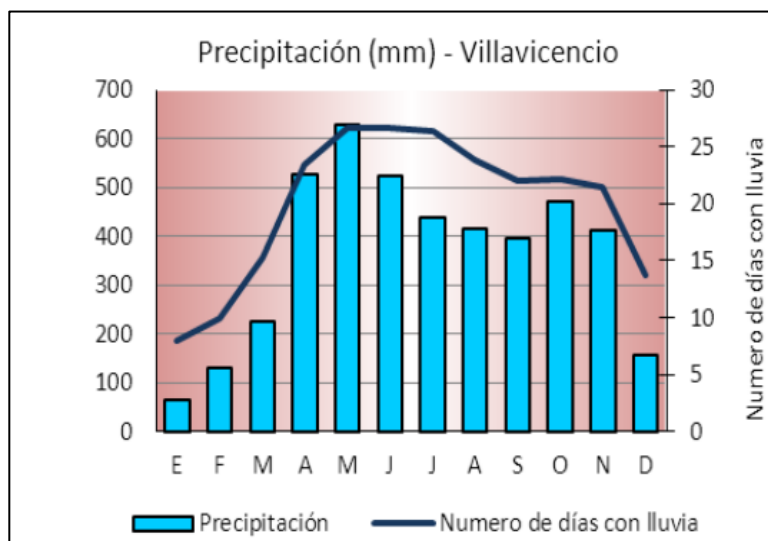
La temporada más seca dura 3,4 meses, del 7 de diciembre al 19 de marzo. La probabilidad mínima de un día mojado es del 15 % el 16 de enero.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solo lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación

durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 71 % el 2 de mayo. (IDEAM, 2016).

Figura 15.

Precipitaciones en la ciudad de Villavicencio



Nota. Adaptado de Características Climatológicas de Ciudades Principales y Municipios Turísticos. IDEAM. (2016). Características de Ciudades Principales y Municipios Turísticos. [Imagen]. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

Nivel freático y escorrentías. Debido a la falta de información no conocemos el nivel freático de la zona y para las escorrentías se sabe que Villavicencio se encuentra ubicado en la cuenca hidrográfica del Río Guatiquia, por lo tanto, se tendrá en cuenta factores como la lluvia, el viento y la humedad de la zona.

Lluvia: Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado

alrededor de cada día del año. Villavicencio tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación.

Llueve durante el año en Villavicencio. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 8 de mayo, con una acumulación total promedio de 273 milímetros.

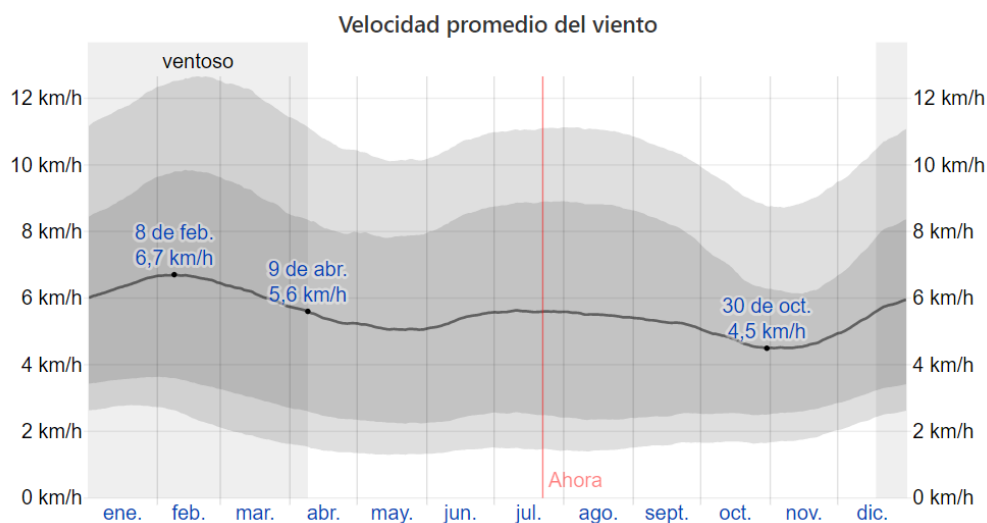
La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 16 de enero, con una acumulación total promedio de 35 milímetros. (IDEAM, 2016).

Viento: Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Villavicencio tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 3,7 meses, del 18 de diciembre al 9 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 5,6 kilómetros por hora. El día más ventoso del año en el 8 de febrero, con una velocidad promedio del viento de 6,7 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 8,3 meses, del 9 de abril al 18 de diciembre. El día más calmado del año es el 30 de octubre, con una velocidad promedio del viento de 4,5 kilómetros por hora. (IDEAM, 2016).

Figura 16.*Velocidad promedio del viento*

Nota. Adaptado de Características Climatológicas de Ciudades Principales y Municipios

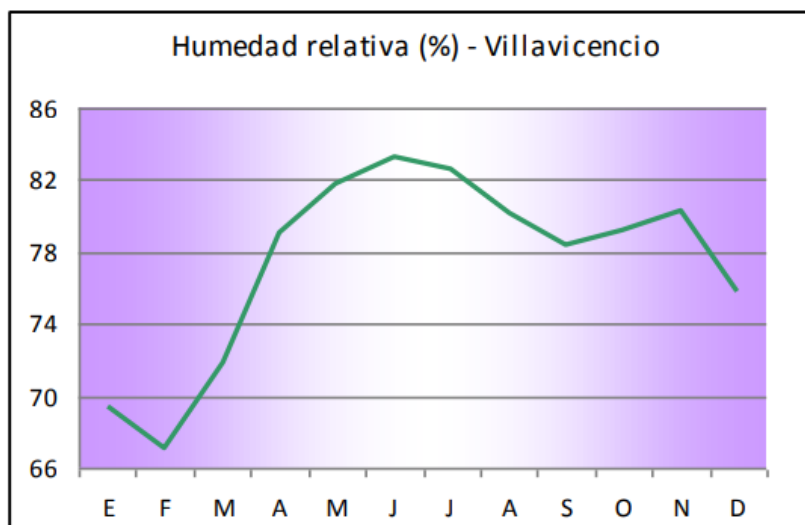
Turísticos. IDEAM. (2016). Características de Ciudades Principales y Municipios Turísticos.

[Imagen]. Recuperado de

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

Humedad: Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de humedad percibido en Villavicencio, debido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece entre el 4 % del 6 % (IDEAM, 2016).

Figura 17.*Humedad Relativa en Villavicencio.*

Nota. Adaptado de Características Climatológicas de Ciudades Principales y Municipios Turísticos. IDEAM. (2016). Características de Ciudades Principales y Municipios Turísticos. [Imagen]. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

Arquitectura

El puente que pasa sobre le caño Parrado sobre la carrera 31, está ubicado en los límites del barrio la Grama y la Azotea. Es un puente de 12 metros de luz, que comunica el norte con el centro de la ciudad de Villavicencio, también es una de las entradas a unos de los centros históricos de la ciudad.

Calificación. Las características arquitectónicas del proyecto es que es un puente en viga recta, ejecutado de manera simple.

Estilo arquitectónico. Los puentes de vigas rectas son el tipo de puente que es probablemente el más primitivo realizado por el hombre, en su versión de una loza o un tronco

tendido a través de un arroyo. Estos serían los antepasados de los puentes de piedras amontonadas que aún se encuentran en las cercanías de Dartmoor, Inglaterra, o de los puentes de madera de la región sudeste de Cornwall, también en Inglaterra. (Daniel I. , 2008)

Estructura

El paciente fue construido con un sistema de construcción in-situ y prefabricado, donde la parte prefabricadas fueron las placas del puente e *in situ* lo demás, según las declaraciones del director operativo, el ingeniero Jhonny Ojeda.

Construcción y Diseño. La clasificación de la estructura se basa en tres aspectos: el diseño y la construcción, el estado actual y la evaluación general. Respecto al diseño y la construcción, se puede afirmar que fueron adecuados, ya que el puente ha cumplido la mitad de su vida útil. Sin embargo, lo que es perjudicial es la falta de mantenimiento que ha tenido a lo largo de los años. Además, al comparar los planos del ministerio de obras públicas con la realidad, se evidencian anexioniones no previstas en el diseño original que pudieron afectar su desempeño.

Por estado de la estructura. De acuerdo con los lineamientos el estado de la estructura es pésimo, debido prácticamente se ha ido socavando los apoyos del puente, esto generando que la estructura de los estribos falle por este fenómeno y llegando a generar un socavón en la parte que une el puente con la carrera 31.

Evaluación de la estructura en general. La estructura actualmente se encuentra en riesgo de colapso, debido a la falta de mantenimiento, además la vía que comunica este se encuentra cerrada y teniendo en cuenta la inspección realizada se recomendaría intervenir de manera urgente ya que a medida que pasan los días la estructura va demostrando un deterioro mayor, debido a la acción de las aguas.

Diagnostico

Datos Específicos de las Lesiones

Se detallarán las diferentes afectaciones que sufre el paciente con su respectivo registro fotográfico.

Afectaciones. Se detectaron afectaciones físicas por humedad y por suciedad. También se detectaron afectaciones por socavación y erosión, además de afectaciones mecánicas por fisuras y para finalizar, afectaciones químicas por eflorescencias y organismos vegetales.

Localización y levantamiento de daños

Falla 1:

Ubicación de la lesión: Se encuentra en la entrada del puente del lado del barrio la grama, más que todo en la superficie de aproximación de esta.

Descripción de la lesión: En la inspección visual realizada se encontró una socavación con una profundidad entre 0.5m - 1m, esta socavación abarca la mayoría de las dos calzadas, causando que prácticamente el cierre de este, debido al mal estado para transitar

Figura 18.

Falla 1. Desprendimiento del material de relleno sobre el estribo del puente



Nota. Fuente: Propia

Falla 2:

Ubicación de la lesión: Se encuentra ubicada en el estribo del barrio la grama de lado derecho del puente, al lado derecho se encuentra un muro de contención.

Descripción de la lesión: En la inspección visual realizada se encontró que el agua ya está filtrando el estribo del estribo, generando escorrentía dentro de este. Todo esto originado por la socavación y las grietas que se han ido generando.

Figura 19.

Falla 2. Fracturación del muro de contención del estribo que permite el paso del agua a través de este elemento



Nota. Fuente: Propia

Falla 3:

Ubicación de la lesión: Esta lesión se encuentra en el costado izquierdo del puente, sobre el estribo del barrio la Grama, en toda la parte inferior del mismo.

Descripción de la lesión: La lesión es una grieta considerablemente grande y profunda, debido a que además levanto los cimientos del estribo, todo esto generando que fallaran debido al acción del agua y generando un daño grave.

Figura 20.

Falla 3. Fracturación de la zarpa debido a la socavación en el estribo



Nota. Fuente: Propia

Falla 4:

Ubicación de la lesión: En todas las barandas del puente (ambos lados)

Descripción de la lesión: Se presentan daños por hongos en las barandas del puente, así como pérdida de color y posible oxidación causada por lo anterior.

Figura 21.

Falla 4. Material orgánico sobre las estructuras de protección.



Nota. Fuente: Propia

Falla 5:

Ubicación de la lesión: Se encuentra localizada en el estribo del barrio la Grama, ubicada en la parte superior de esta, y llegando hasta la superestructura del puente

Descripción de la lesión: La lesión es una grieta de más de 10cm, que está en la parte superior del estribo, y debilita la estructura de este, además se puede evidenciar que este estado desprendiendo material del estribo al caño.

Figura 22.

Falla 5. Fatiga y fracturación del estribo



Nota. Fuente: Propia

Falla 6:

Ubicación de la lesión: Se encuentra en la mitad del propio puente, por la parte debajo de las vigas que lo portan.

Descripción de la lesión: Se presenta suciedad generalizada en la mayoría de la placa que conforma el puente, causadas principalmente por la humedad que maneja la zona.

Figura 23.

Falla 6. Suciedad en vigas del tablero



Nota. Fuente: Propia

Falla 7:

Ubicación de la lesión: Esta ubicada debajo del puente, al lado del estribo del barrio la Azotea

Descripción de la lesión: Se observa una de la viga que suportaban la tubería de agua que pasaba por ambos lados del puente caída, solo dejando la cercha metálica como punto de apoyo para esta, causada por la falla en el estribo, lo cual genero la perdida de resistencia de esta haciéndola colapsar.

Figura 24.

Viga de soporte de oleoducto colapsada



Nota. Fuente: Propia

Falla 8:

Ubicación de la lesión: Andenes peatonales, en la zona de aproximación en el barrio de la grama.

Descripción de la lesión: se observa una un desnivel en los andenes junto con desprendimiento de mampostería de estos, además de grietas y eflorescencia. Posiblemente causado por la humedad de la zona.

Figura 25.

Desprendimiento de losas prefabricadas en los andenes cerca al puente.



Nota. Fuente: Propia

Falla 9:

Ubicación de la lesión: Viga que sostiene la tubería de agua a lado derecho del puente

Descripción de la lesión: Se puede observar cómo poco a poco los esfuerzos que generan la viga están generando fisuras en los estribos, debido a la gran cantidad de material vegetal que se encuentra en esta.

Figura 26.

Lesión mecánica en la viga de soporte del oleoducto



Nota. Fuente: Propia

Falla 10:

Ubicación de la lesión: Se encuentra en la parte inferior del estribo del barrio la Azotea, en lo que sería el contacto con el terreno y la estructura.

Descripción de la lesión: Se observa una erosión bastante extensa en la zona de unión del terreno con los estribos, generando la separación de estos y, por lo tanto, pérdida de soporte del estribo, esto pudo ser causado por la falta de mantenimiento del puente junto a años de erosión generados por el puente y más que todo en las épocas de lluvia en la ciudad.

Figura 27.

Erosión en el puente



Nota. Fuente: Propia

Evaluación física, mecánica y composición y estructura del concreto y/o materiales.

Una de las causas físicas directas más importante en la generación de lesiones en este paciente es la erosión y la socavación que generan los cuerpos de agua en las estribos y zonas contiguas a estos, generando todo tipo de grietas y humedades que afectan al comportamiento y resistencias del concreto ciclópeo con el cual fueron contruidos los estribos.

Las lesiones físicas generadas se han llevado a cabo principalmente por filtraciones, pérdida de materia y resistencia del concreto en el lecho de los estribos, generando capilaridad y más que todo la falta de mantenimiento generando eflorescencias y acumulación de material orgánico, lo cual también desgasta el concreto. En las lesiones mecánicas, se puede observar que, con la pérdida de resistencia del concreto, sumando las vigas contruidas para el paso de las tuberías de agua, provocaron esfuerzos no calculados en el diseño, lo cual genero la caída de una de estas vigas y una lesión debido a esto.

Por otra parte, la resistencia con la cual se diseñó el concreto de los estribos fue de entre 13 - 14 MPA, por lo tanto, es insuficiente, sumándole la falta de refuerzo en estos, ya que en esta zona del país ocurren demasiadas precipitaciones, generando un caudal del caño mucho más grande.

Descripción de la Patología más Relevante en el Paciente

La patología más relevante en este paciente es la erosión y socavación generadas por las escorrentías del caño, generando humedad y filtración de agua en lugares donde no debería, todo esto mezclado con lo siguiente:

- La falta de mantenimiento del puente, generando que el daño crezca de manera exponencial
- La erosión creada por el caño llevando material de las casas aledañas y generando cargas en los estribos que no estaban previstas.

- El desprendimiento de una de las vigas de las tuberías de agua, generando sobrecargas en los estribos
- Las grandes inundaciones, generadas por las épocas de lluvia en la zona, socavando el estribo hasta levantarlo.

Clasificación y Origen de las Patologías

A continuación, se dará una explicación de la clasificación y los posibles orígenes de las patologías en cada una de las fallas planteadas en este trabajo.

Falla 1.

Clasificación. Esta es una lesión de clasificación secundaria de índole físico de tipo erosivo

Origen. El origen de esta lesión se ubica en la falta de mantenimiento del puente, además del actuar de las lluvias y las corrientes del caño Parrado.

Falla 2.

Clasificación. Esta es una lesión de clasificación secundaria de índole mecánica de tipo erosivo.

Origen. El origen de esta lesión se determina en por la pérdida de resistencias en el estribo por la acción erosiva del caño Parrado, generando grietas, por donde se filtra el agua.

Falla 3.

Clasificación. Esta es una lesión de clasificación primaria de índole mecánica de tipo agrietamiento y erosivo.

Origen. El origen de esta lesión se determina en por la pérdida de resistencias en el estribo por la acción erosiva del caño Parrado, generando la gran grieta vista en la figura 9, esto a su vez generando las demás fallas en la estructura.

Falla 4.

Clasificación. Esta es una lesión de clasificación secundaria de índole física de tipo causado por la humedad.

Origen. El origen de esta lesión es la gran humedad que se maneja en la ciudad, junto con la presencia de lluvias la gran mayoría del año.

Falla 5.

Clasificación. Esta es una lesión de clasificación secundaria de índole físico de tipo grieta.

Origen. El origen de esta lesión se toma la perdida de resistencia en el estribo causado por la humedad y la erosión generada por el caño

Falla 6.

Clasificación. Esta es una lesión de clasificación secundaria de índole químico de tipo oxidación y organismos vegetales.

Origen. El origen de esa lesión se debe a la presencia de hongos, causado por la alta humedad que hay en la zona, y la falta de mantenimiento del puente.

Falla 7.

Clasificación. Esta es una lesión de clasificación secundaria de índole mecánica de tipo desprendimiento

Origen. El origen de esta lesión se debe a la pérdida de propiedades mecánicas del estribo, a la generación de grietas de este y a la humedad de la zona, generando que una de las vigas colapsase y agregando sobreesfuerzos a la estructura.

Falla 8.

Clasificación. Esta es una lesión de clasificación secundaria de índole mecánica de tipo fisura y erosivas.

Origen. El origen de esta lesión es la falta de mantenimiento, la humedad y la capilaridad del suelo, generando un desnivel en el paso peatonal

Falla 9.

Clasificación. Esta es una lesión de clasificación secundaria de índole química de tipo organismos vegetales

Origen. El origen de esta lesión se debe a la falta de mantenimiento del puente junto con la acumulación de material vegetal en la viga, junto con suciedad.

Falla 10.

Clasificación. Esta es una lesión de clasificación secundaria de índole mecánica de tipo erosivo.

Origen. El origen de esta lesión es causado por la erosión del agua y sus crecientes, generando pérdida de material en las bases de los estribos.

Ensayos de laboratorio

Ensayos no destructivos.

Adicional al reconocimiento se la geometría del puente se realizan pruebas de laboratorio de orden que no afecte la estructura, ya que la secretaria de transporte de la ciudad de Villavicencio en representación del municipio no permitió ensayos de tipo destructivo como la extracción de núcleos al tablero y al estribo del puente, por lo tanto, los únicos ensayos fueron de tipo no destructivos: ensayo de esclerometría, ensayo de carbonatación y la determinación de la posición del acero de refuerzo del componente de losa con el pachometro, (ICONTEC, 2012)

“Ensayo esclerometrico para la evaluación de la resistencia del concreto

La norma de referencia colombiana para este ensayo no destructivo es la NTC-3692 Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido.

Este ensayo es regulado por la NTC 3692, consiste en que un martillo de acero golpea, con determinada cantidad de energía, un embolo metálico en contacto con una superficie de concreto. Se mide la distancia que el martillo rebota o a la velocidad del martillo antes y después del impacto y el resultado del ensayo es informado como un número de rebote adimensional.

De acuerdo con la NTC 3692, mediante este ensayo es posible evaluar la uniformidad del concreto colocado en el sitio, para delimitar variaciones en la calidad del concreto a lo largo de una estructura, y para estimar la resistencia en sitio, siempre y cuando se haya desarrollado una correlación.

Para emplear este método de ensayos con el fin de estimar la resistencia, es necesario establecer una relación entre la resistencia y el número de rebote, para un concreto y equipo

dados. La relación se establece correlacionando los números de rebote medidos en la estructura con las resistencias medidas en los núcleos tomados en los lugares correspondientes.

El equipo para emplear, como se mencionó anteriormente, consiste en un martillo de rebote de acero accionado mediante un resorte, que cuando es liberado golpea un embolo de acero en contacto con la superficie de concreto. El martillo accionado mediante el resorte debe viajar a una velocidad consistente y reproducible. El número de rebote se basa en la distancia de rebote del martillo después de impactar el émbolo, o en la relación entre la velocidad del martillo después del impacto y la velocidad antes del impacto.

Adicionalmente el equipo cuenta con una piedra abrasiva que corresponde a un carburo de silicio de contextura de grano medio o un material equivalente y un yunque de verificación, usado para comprobar la operación del martillo de rebote.

Los miembros de concreto a ser ensayados deben ser al menos de 100mm de espesor y estar fijos dentro de una estructura. Los especímenes más pequeños deben estar soportados rígidamente. -deben evitarse las áreas que exhiban hormigueros, escamado, o alta porosidad (INCONTEC, 1998).”

Las áreas de ensayo deben ser de al menos 150mm de diámetro. La superficie de ensayo debe estar libre de cualquier abolladura, deformación o rugosidad, que pueda impedir la buena ubicación del émbolo del equipo de ensayo sobre la superficie. Las superficies de textura gruesa, blanda o con mortero suelto deben ser pulidas con la piedra abrasiva. No se debe comparar superficies pulidas con no pulidas. Si hay agua superficial presente se debe remover antes del ensayo.

Los resultados del ensayo en campo demuestran que la resistencia en el elemento de losa del puente no cuenta con materiales que no cumplan con los materiales requeridos mencionados

en las notas generales del manual técnico de puentes, utilizado para el diseño de la estructura del Caño Parrado, al contrario, se observa que la resistencia está por encima de los 2500 psi solicitados, lo cual demuestra que la unidad estructural cumpliría, en el caso del concreto, con los esfuerzos internos generados por las solicitaciones de carga.

Sin embargo, hay que aclarar que las fallas presentadas en la losa y que son mostradas en el Anexo XX no contempla patologías causadas por una falta de resistencia en este material, ya que el objetivo principal es determinar la uniformidad del concreto en sitio, para delinear zonas o regiones de pobre calidad de concreto deteriorado en estructuras, y para indicar cambios con el tiempo de las características del concreto tales como las causadas por la hidratación del concreto del cemento.

No obstante, cabe resaltar que los siguientes factores pueden haber afectado los resultados cuando se realizaron las pruebas:

- La textura de la superficie de concreto
- La humedad relativa del concreto
- El espesor de los recubrimientos de los elementos ensayados.
- La calidad de los agregados empleados en la elaboración del concreto
- La relación agua-cemento empleada en la elaboración del concreto
- La edad del concreto

Este valor se obtiene de la de correlación establecida entre el rebote promedio en un elemento patrón con una resistencia mecánica conocida, (información suministrada en obra); y el rebote promedio en un elemento con duda en su resistencia mecánica. Sin embargo, se debe tener en cuenta los siguientes parámetros de acuerdo a las normas relacionadas:

Los ensayos no destructivos del concreto en obra, tales como: penetración de sonda, martillo de rebote (esclerómetro), velocidad de pulso ultrasónico, o arrancamiento, pueden ser útiles para determinar si una porción de la estructura realmente contiene o no concreto de baja resistencia. Dichos ensayos son valiosos principalmente si se realizan para hacer comparaciones dentro de la misma obra, más que como mediciones cuantitativas de resistencia (AIS, 2010)

Como conclusión a este resultado de ensayo no destructivo, los resultados no suponen un criterio de aceptación o rechazo del material utilizado para la edificación de los componentes del puente.

Escaneo de refuerzo en el puente

Se utiliza un pachometro que es un instrumento que detecta metales que están por debajo de una superficie no ferrosa, en nuestro caso el objetivo de la utilización de este dispositivo es detectar y corroborar la posición de las varillas de acuerdo con lo mostrado en los planos dados por el documento de modelos de puentes

El pachometro utilizado ese Metal Detector M12 de Milwaukee, que muestra la profundidad del metal revelado y el usuario mediante sondeos manuales determinara cual es la dirección de esta vara dentro del elemento estructural, para el caso de este estudio patológico el objeto de estudio es la losa de tránsito, puesto que es el único elemento cuyo material es el concreto reforzado.

Figura 28.

Detector de metal



Nota. Adaptado de [Fotografía de un detector de metal y madera de Milwaukee], por Amazon.com.mx, s.f., https://m.media-amazon.com/images/I/61hEgeT2bFL.AC_SX425.jpg

De acuerdo a los planos de obras públicas, el refuerzo longitudinal (aquella que va en dirección al sentido del tránsito de la vía) la conforma una barra de 5/8" de diámetro a cada 0.40m, de acuerdo a los trazados sobre la carpeta asfáltica, producto de los sondeos con el pachometro, las distancias demuestras una longitud aproximada, esta distancia es la misma para el refuerzo transversal de losa, pero su diámetro es de 1/2" lo cual confirma que las distancias entre el refuerzo en acero de la losa en concreto transversal cumple con las especificaciones técnicas dictadas en los manuales de los modelos de puentes dadas por el ministerio de obras públicas.

Figura 29.

Trazado de refuerzo sobre el tablero del puente



Nota. Fuente: Propia

No obstante, como se menciona en las limitaciones del estudio patológico, no es posible verificar que los tamaños de los refuerzos sean los mismo que se recomiendan por parte de los planos estructurales, aunque como se concluyó en el ensayo de esclerometría, el componente de losa y vigas no presenta patologías de severidad grave o media provocada por la falta de resistencia del elemento.

Estudio de Vulnerabilidad Sísmica

Alcance del Estudio de Vulnerabilidad Sísmica

El alcance para el presente estudio de vulnerabilidad sísmica corresponde a análisis y evaluación de las condiciones geológicas y sísmicas que atraviesa la zona del puente de que atraviesa el caño Parrado, construido en concreto ciclópeo de luz de 12 metros, por medio de las fallas vistas en este, determinar el riesgo exposición ante un evento sísmico.

Caracterización del Área de Localización del Paciente

Geología del Municipio

La geología del municipio de Villavicencio en su área urbana se asienta en su mayoría sobre un gran abanico aluvial desarrollado durante el lapso Plioceno- Pleistoceno. Bajo el abanico, el cual está delimitado y cruzado por varias fallas pertenecientes al SFFFCO, se presentan rocas sedimentarias y metamórficas. Este subsuelo en parte aflora en el flanco oriental de la cordillera Oriental en vecindades al área urbana. Las rocas más antiguas de esta región pertenecen al Complejo Quetame, el cual se compone de rocas metamórficas de bajo grado con edades que corresponden al lapso Neoproterozoico-Cámbrico. (Chicangana, 2009).

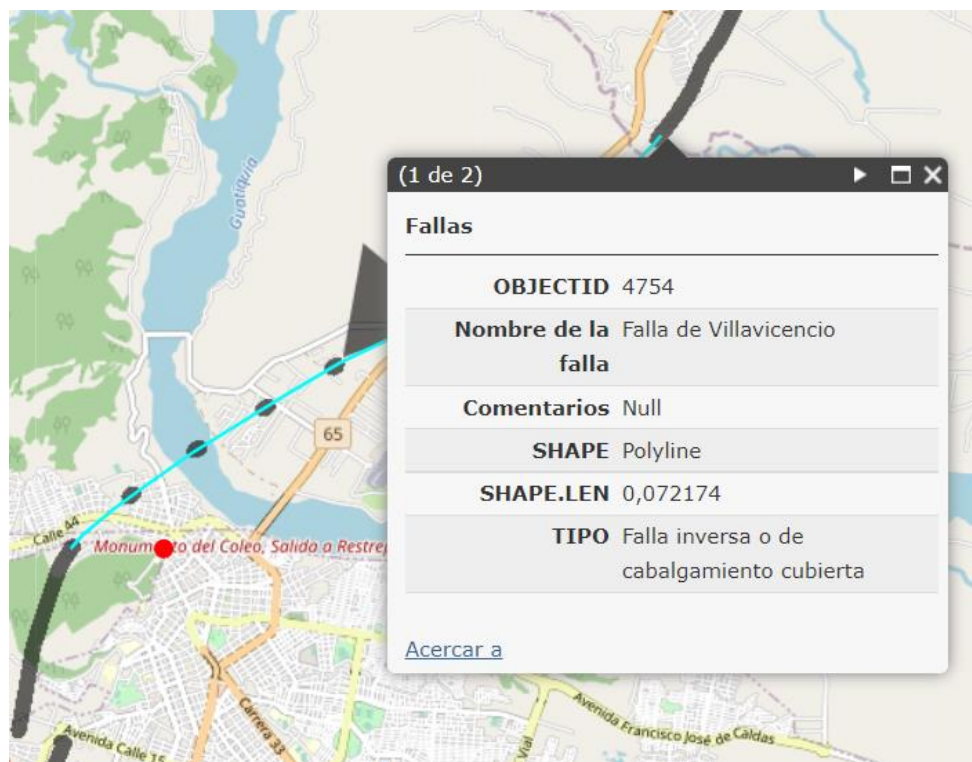
Pero la zona en la que se localiza el puente se encuentra en el límite de este abanico aluvial, ya que esta se encuentra en una zona de edad cuaternaria (Q-al) (SGS, 2021), donde en esta predominan los depósitos aluviales y depósitos de llanuras aluviales, por lo tanto, lo que predomina son las rocas sedimentarias, pero también hay rastro de arenas.

El puente que cruza el caño Parrado se encuentra en una zona de alta amenaza sísmica, debido a la presencia de varias fallas geológicas activas en el piedemonte llanero. Una de ellas es la Falla de Villavicencio, que según Chicangana et al. (2019) puede generar sismos de magnitud superior a 5,0 con predominio de mecanismo focal inverso y rumbo lateral derecho. Por lo tanto,

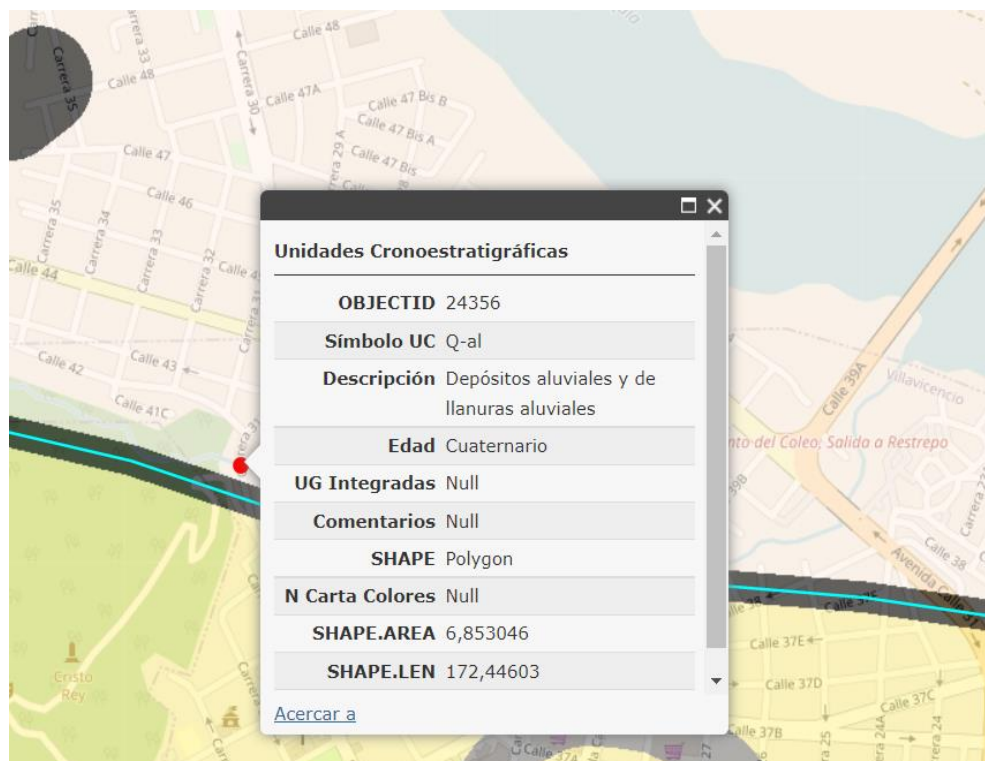
se debe realizar un análisis sísmico riguroso para garantizar la seguridad y el funcionamiento del puente.

Figura 30.

Fallas geológicas en la ciudad de Villavicencio



Nota. [Captura de pantalla] Falla de Villavicencio Fuente: Servicio Geológico Colombiano (SGC).

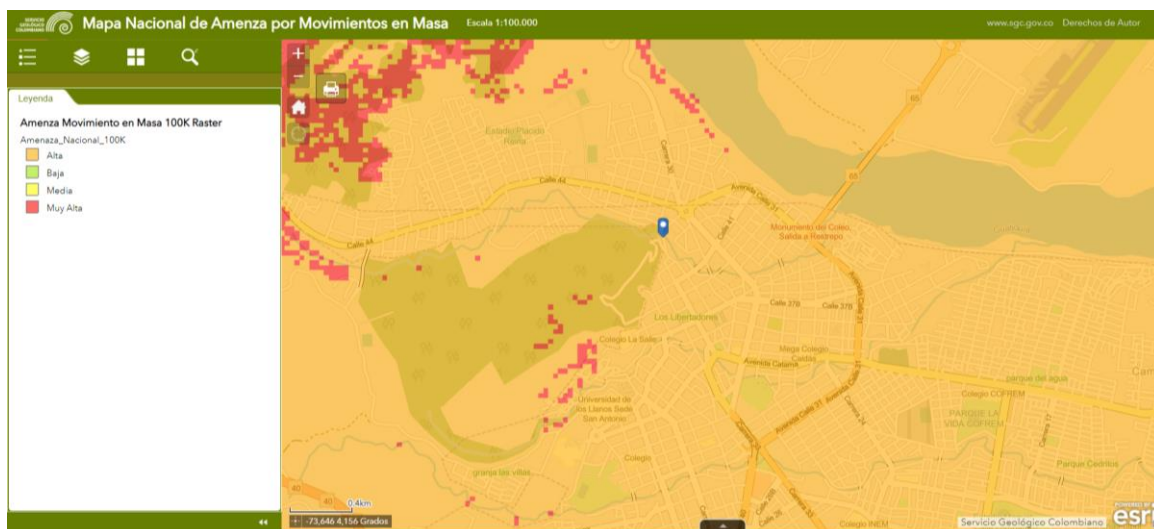
Figura 31.*Unidades Cronoestratigráficas en Villavicencio*

Nota. [Captura de pantalla] Unidades Cronoestratigráficas Fuente: Servicio Geológico Colombiano (SGC)

Amenazas por remoción de masa

La amenaza por remoción de masa en el municipio de Villavicencio, departamento del Meta, es en su mayoría Alta con unas zonas Muy Altas. En el mapa de remoción de masa, nos indica que la estructura del puente del Caño Parrado se encuentra en una zona de amenaza alta (AIS-2010), por lo que es posible, que fenómenos de este tipo hayan causado daños a lo largo del tiempo en el paciente.

Figura 32.

Remoción de masas en el puente Caño Parrado

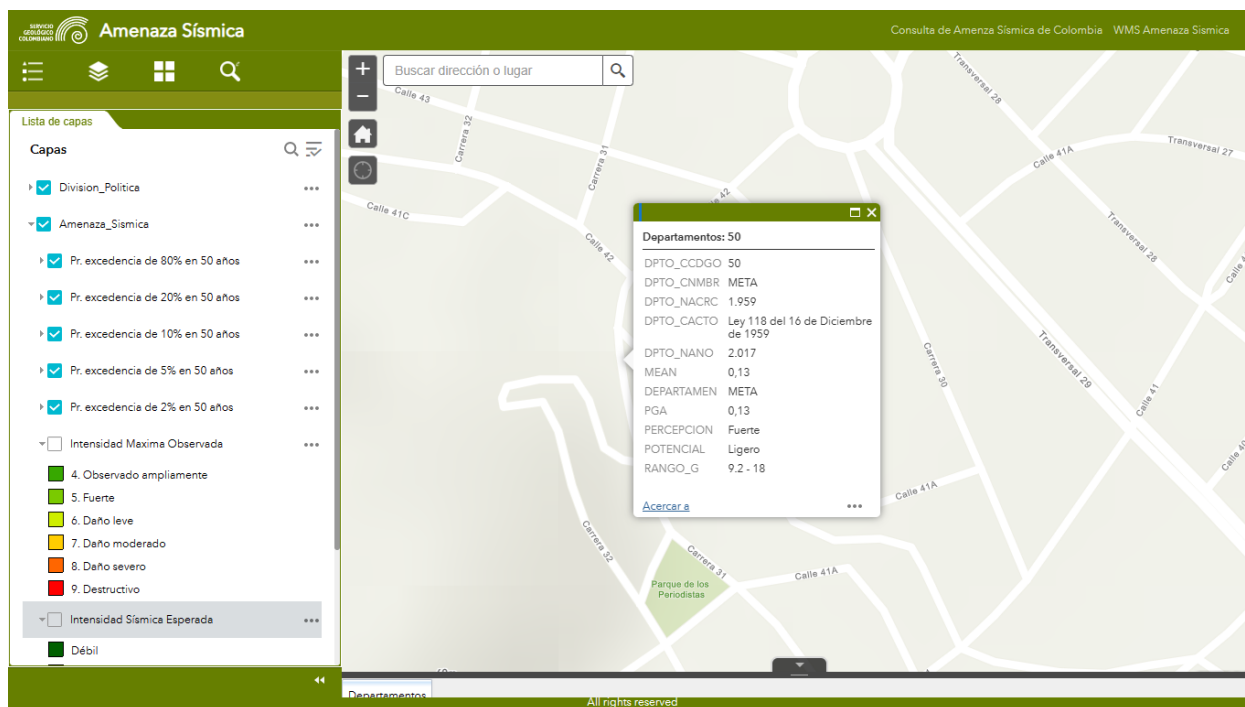
Nota. [Captura de pantalla]. Mapa Amenaza por Remoción de Masa Fuente: Servicio Geológico Colombiano (SGC)

Amenaza por Sismos

Conforme a la caracterización que presenta el Servicio Geológico Colombiano, para la zona de estudio este organismo otorga un valor para el coeficiente de Aceleración Pico del Terreno (PGA) de 0.13 g, esta característica define como el máximo valor absoluto de la aceleración del suelo registrada durante un sismo (Redalyc, 2020). La PGA se expresa en unidades de gravedad (g) y depende de varios factores, como la magnitud y la distancia del sismo, el tipo de suelo y la frecuencia de las ondas sísmicas. La PGA se utiliza para evaluar el riesgo sísmico y el diseño de estructuras sismorresistentes.

Figura 33.

Caracterización sísmica de la ciudad de Villavicencio

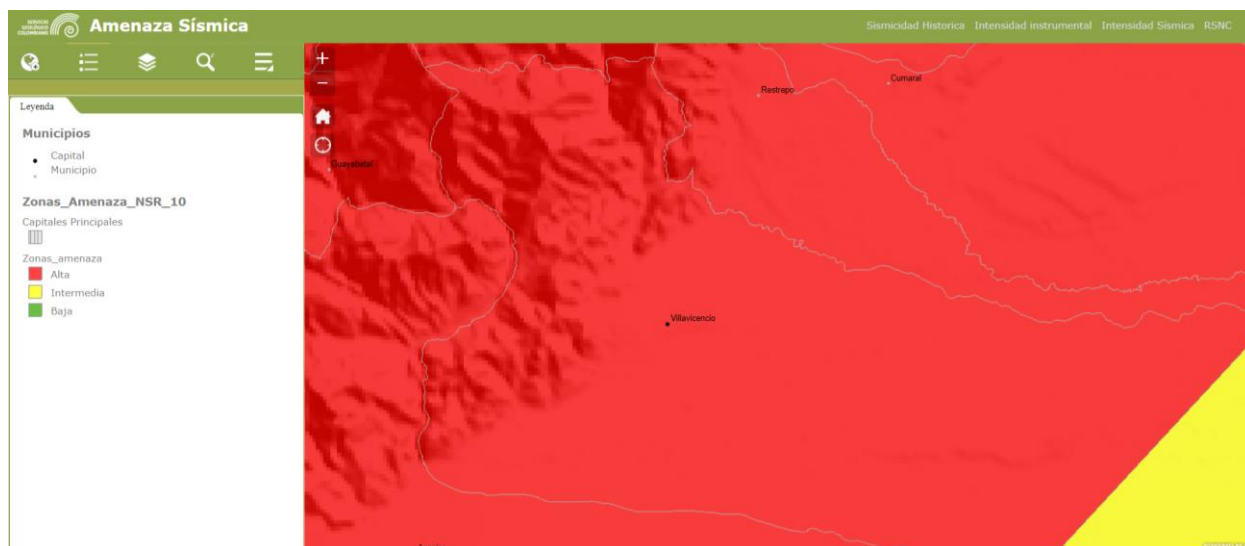


Nota. [Captura de pantalla]. Caracterización Sísmica del Puente Caño Parrado, Villavicencio.

En los últimos 21 años, se han registrado 47 sismos ocurrido en la zona de Villavicencio-Meta, Como se puede observar en la Figura 25, Villavicencio se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta, por lo tanto, estos pueden afectar la estructura del paciente en cuestión, debido a que este no tiene refuerzos.

Figura 34.

Zonificación sísmica de la ciudad de Villavicencio



Nota. [Captura de pantalla]. Zona de Amenaza Sísmica Fuente: Servicio Geológico Colombiano (SGC).

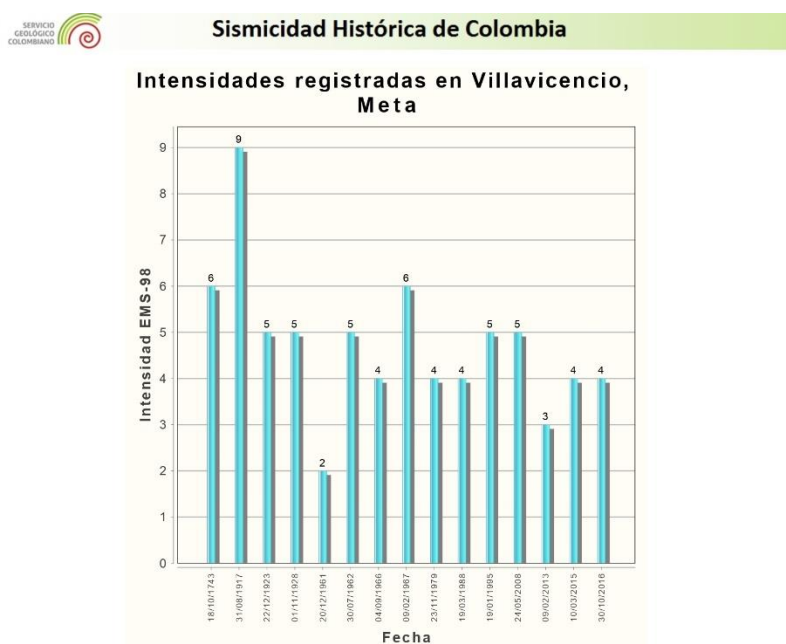
Además, a continuación, se hizo una tabla de los sismos ocurrido últimamente en la región de Villavicencio.

Tabla 1.

Historia sísmica del municipio Villavicencio, Meta

Historia sísmica del municipio Villavicencio, Meta								
No.	Fecha del sismo	Hora local	Latitud	Longitud	Magnitud	Tipo magnitud	Profundidad (km)	Área epicentral
1	1743/10/18	10:45	4.44	-73.83	6.2	MW	15	Fómeque, Cundinamarca
2	1917/08/31	06:36	3.78	-74	6.7	MW	15	Villavicencio, Meta
3	1923/12/22	04:56	4.56	-73.51	5.9	MW	15	Medina, Cundinamarca
4	1928/11/01	11:08	4.95	-73.097	5.9	MW	15	Chinavita, Boyacá
5	1961/12/20	08:25	4.49	-75.51	6.8	MS	163	Eje Cafetero, Colombia
6	1962/07/30	15:18	5.17	-76.35	6.5	MW	64	Eje Cafetero, Colombia
7	1966/09/04	17:15	4.62	-73.98	5.3	MW	15	Choachí, Cundinamarca
8	1967/02/09	10:24	2.9	-74.8	7	MW	35	Colombia, Huila
9	1979/11/23	18:40	4.73	-76.16	7.2	MW	110	Eje Cafetero, Colombia
10	1988/03/19	23:08	4.41	-73.67	5	MS	10	El Calvario, Meta
11	1995/01/19	10:05	5.1	-72.89	6.5	MW	15	Tauramena, Casanare
12	2008/05/24	14:20	4.44	-73.81	5.9	MW	10	Quetame, Cundinamarca
13	2013/02/09	09:16	1.113	-77.561	7	MW	162.8	Guaitarilla, Nariño
14	2015/03/10	15:55	6.825	-73.134	6.4	MW	157.7	Los Santos, Santander
15	2016/10/30	19:20	3.405	-74.636	5.3	MW	13.2	Colombia, Huila

Figura 35.

Grafica de intensidades registrada en la ciudad de Villavicencio, Fuente:

Nota. Adaptado del Servicio Geológico Colombiano. [Imagen]. (SGC)Microzonificación Sísmica.

De acuerdo con la información disponible en el Servicio Geológico Colombiano (SGC), el municipio de Villavicencio, en el departamento del Meta, se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta. Lo cual viéndolo en el geo visor nos arroja los siguientes datos:

Tabla 2.

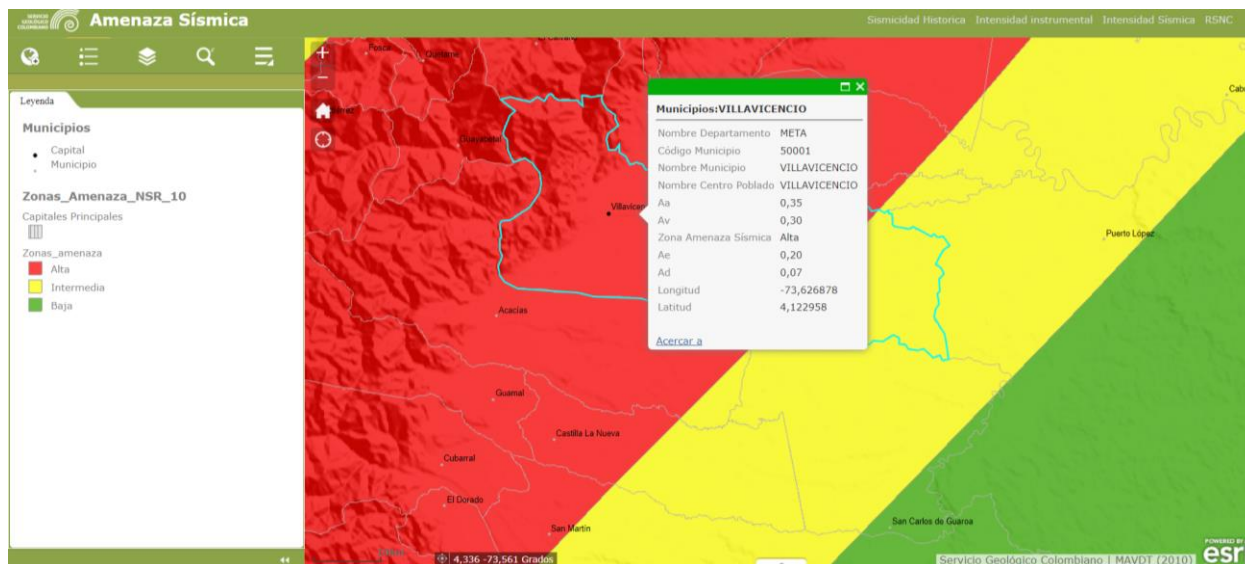
Parámetros sísmicos de la ciudad de Villavicencio

Municipio Villavicencio			
Aa	Av	Ae	Ad
0,35	0,3	0,2	0,07

Nota. Valores de Aa, Av, Ae y Ad Municipio de Villavicencio, Meta. Fuente: Adaptado de apéndice A-4, NSR-10

Figura 36.

Valores de aceleración pico efectiva y velocidad pico efectiva para la ciudad de Villavicencio



Nota. Microzonificación Sísmica. [Captura de Pantalla]. Fuente: Servicio Geológico Colombiano (SGC)

Matriz de Vulnerabilidad

Descripción	Falla	Estructura	Suelos	Materiales	Sismo	Agrietamiento	Proceso de remoción en masa	Inundación	Calificación	Color
Este estribo ubicado en la zona norte (barrio la grama), se encuentra socavado, y agrietado debido a las lluvias ocurridas con frecuencia en la región		Estribos de puente placa viga de 5 metros de ancho	Suelo tipo D, según la NSR-10. Zona erosionada por el paso de agua del sector, piedras de gran tamaño y pendiente pronunciada en el terreno que contiene el estribo	Estribos y alas: Concreto ciclopeo, Sistema placa-vigas: Concreto reforzado	Nivel de amenaza sísmica: Alta; los valores de aceleración y velocidad pico efectivos son de 0.30 y 0.35	Socavacion con una profundidad entre 0.5 m y 1 m, abarca gran parte de la zarpa del estribo generando una nueva distribución de esfuerzos en elemento que debilitan el elemento	Debido a la socavacion parece que sucede un proceso de volcamiento en una de las alas de los estribos, aunque las zonas circundantes no se ven afectadas, este se estabiliza son la necesidad de un muro de contención, en el otro extremo se observa como hay una socavacion en el terreno de la vía, producto de la socavacion en el estribo por acción de la corriente del río	Para la épocas de lluvias el nivel del caño aumentó, lo que genera mayor erosión a los elementos del puente.	1	
Este hundimiento fue provocado debido a la diferencia que hay en la altura debido a los estribos fracturados generando una desplazamiento y daño a la carpeta asfáltica y dañando lo.		Carpeta asfáltica	Suelo tipo D, según la NSR-10. Zona erosionada por el paso de agua del sector, piedras de gran tamaño y pendiente pronunciada en el terreno que contiene el estribo	Asfalto y subbase granulada	Nivel de amenaza sísmica: Alta; los valores de aceleración y velocidad pico efectivos son de 0.30 y 0.35	Socavacion con una profundidad entre 0.3 a 0.5, generando que la base del puente se este separando de los estribos.	Debido a la socavacion parece que el puente quedo intransitable para vehiculos	Para la épocas de lluvias el nivel del caño aumentó, lo que genera mayor erosión a los elementos del puente.	3	
Aquí se denota como al estar dañado el estribo este es propenso a la filtración de agua, y por lo tanto, como se puede observar se genero una escorrentia que ya es notable.		Estribo de puente	Suelo tipo D, según la NSR-10. Zona erosionada por el paso de agua del sector, piedras de gran tamaño y pendiente pronunciada en el terreno que contiene el estribo	Estribos y alas: Concreto ciclopeo, Sistema placa-vigas: Concreto reforzado	Nivel de amenaza sísmica: Alta; los valores de aceleración y velocidad pico efectivos son de 0.30 y 0.35	Grietas con una anchura de mas de 20 cm, generando filtracion del agua del río, ademas de generar esfuerzos dentro del estribo, causando que la grieta se extienda mas por el estribo	Debido a la socavacion parece que sucede un proceso de volcamiento en una de las alas de los estribos, aunque las zonas circundantes no se ven afectadas, este se estabiliza son la necesidad de un muro de contención, en el otro extremo se observa como hay una socavacion en el terreno de la vía, producto de la socavacion en el estribo por acción de la corriente del río	Para la épocas de lluvias el nivel del caño aumentó, lo que genera mayor erosión a los elementos del puente.	3	

Descripción	Falla	Estructura	Suelos	Materiales	Sismo	Agrietamiento	Proceso de remoción en masa	Inundación	Calificación	Color
Aquí se denota como al estar dañado el estribo este es propenso a la filtración de agua, y por lo tanto, como se puede observar se genero una escorrentia que ya es notable.		Estribo de puente	Suelo tipo D, según la NSR-10. Zona erosionada por el paso de agua del sector, piedras de gran tamaño y pendiente pronunciada en el terreno que contiene el estribo	Estribos y alas: Concreto ciclopeo. Sistema placa-vigas: Concreto reforzado	Nivel de amenaza sísmica: Alta; los valores de aceleración y velocidad pico efectivos son de 0.30 y 0.35	Grietas con una anchura de mas de 20 cm, generando filtración del agua del río, además de generar esfuerzos dentro del estribo, causando que la grieta se extienda mas por el estribo	Debido a la socavacion parece que sucede un proceso de volcamiento en una de las alas de los estribos, aunque las zonas afectadas, este se estabiliza son la necesidad de un muro de contencion, en el otro extremo se observa como hay una socavacion en el terreno de la via, producto de la socavacion en el estribo por accion de la corriente del río	Para la epocas de lluvias el nivel del caño aumenta, lo que genera mayor erosión a los elementos del puente.	3	
En este se puede observar como la socavacion hizo una grieta, generando que el tablero por donde pasa la via, generando una inseguridad y peligro de falla en la estructura.		Estribo de puente	Suelo tipo D, según la NSR-10. Zona erosionada por el paso de agua del sector, piedras de gran tamaño y pendiente pronunciada en el terreno que contiene el estribo	Estribos y alas: Concreto ciclopeo. Sistema placa-vigas: Concreto reforzado	Nivel de amenaza sísmica: Alta; los valores de aceleración y velocidad pico efectivos son de 0.30 y 0.35	Grieta enorme de mas de 50 cm, generando desprendimiento de la parte superior del estribo con su base, además de que se cayendo material del concreto ciclopeo.	Debido a la socavacion parece que sucede un proceso de volcamiento en una de las alas de los estribos, aunque las zonas afectadas, este se estabiliza son la necesidad de un muro de contencion, en el otro extremo se observa como hay una socavacion en el terreno de la via, producto de la socavacion en el estribo por accion de la corriente del río	Para la epocas de lluvias el nivel del caño aumenta, lo que genera mayor erosión a los elementos del puente.	2	
Debido a la perdida de firmeza y las grietas generadas en el estribo se puede ver como esta viga perteneciente a un viaducto de agua colapso debido a que no tenia en donde sostenerse.		Columna de viaducto	Suelo tipo D, según la NSR-10. Zona erosionada por el paso de agua del sector, piedras de gran tamaño y pendiente pronunciada en el terreno que contiene el estribo	Concreto reforzado con acero	Nivel de amenaza sísmica: Alta; los valores de aceleración y velocidad pico efectivos son de 0.30 y 0.35	Colapso de una viga del viaducto que pasa por el puente, generando que este derrame el agua y generando mas humedad y desgaste en las estructura del mismo.	Debido a la socavacion parece que sucede un proceso de volcamiento en una de las alas de los estribos, aunque las zonas afectadas, este se estabiliza son la necesidad de un muro de contencion, en el otro extremo se observa como hay una socavacion en el terreno de la via, producto de la socavacion en el estribo por accion de la corriente del río	Para la epocas de lluvias el nivel del caño aumenta, lo que genera mayor erosión a los elementos del puente.	2	

Descripción	Falla	Estructura	Suelos	Materiales	Sismo	Agrietamiento	Proceso de remoción en masa	Inundación	Calificación	Color
En esta imagen se puede observar como los desplazamientos han estado afectando las estructuras antes de llegar al puente, generando desplazamientos en estas.		Acera peatonal del puente	Suelo tipo D, según la NSR-10. Zona erosionada por el paso de agua del sector, piedras de gran tamaño y pendiente pronunciada en el terreno que contiene el estribo	Concreto y mampostería en concreto	Nivel de amenaza sísmica: Alta; los valores de aceleración y velocidad pico efectivas son de 0.30 y 0.35	Desnivel y inflación en la acera del puente, generando que la mampostería del mismo comience a chocar entre ella y a desprenderse.	Debido a la socavación parece que sucede un proceso de volcamiento en una de las alas de los estribos, aunque las zonas circundantes no se ven afectadas, este se estabiliza son la necesidad de un muro de contención, en el otro extremo se observa como hay una socavación en el terreno de la vía, producto de la socavación en el estribo por acción de la corriente del río	Para la épocas de lluvias el nivel del caño mazo aumenta, lo que genera mayor erosión a los elementos del puente.	4	
Se pueden observar como en el otro estribo (sur), también se está empezando a generar una socavación bastante considerable.		Base del estribo del puente	Suelo tipo D, según la NSR-10. Zona erosionada por el paso de agua del sector, piedras de gran tamaño y pendiente pronunciada en el terreno que contiene el estribo	Estribos y alas: Concreto ciclopeo. Sistema placa-vigas: Concreto reforzado	Nivel de amenaza sísmica: Alta; los valores de aceleración y velocidad pico efectivas son de 0.30 y 0.35	Desprendimiento o de la base del estribo, generando esfuerzo y asentamiento que pueden llegar a colapsar la estructura.	Debido a la socavación parece que sucede un proceso de volcamiento en una de las alas de los estribos, aunque las zonas circundantes no se ven afectadas, este se estabiliza son la necesidad de un muro de contención, en el otro extremo se observa como hay una socavación en el terreno de la vía, producto de la socavación en el estribo por acción de la corriente del río	Para la épocas de lluvias el nivel del caño mazo aumenta, lo que genera mayor erosión a los elementos del puente.	2	

Propuesta de intervención

En este capítulo se presentan las dos alternativas de intervención que se proponen para el puente sobre el caño Parrado en Villavicencio, que fue afectado por las fuertes lluvias en abril de 2021, causando la socavación de los estribos y el desplazamiento del tablero. Estas alternativas se basan en los resultados del diagnóstico realizado al puente mediante la inspección visual y los ensayos no destructivos de identificación del refuerzo y alcalinidad del concreto. Las alternativas se evalúan según criterios técnicos, económicos y ambientales, y se recomienda la más conveniente para garantizar la seguridad y funcionalidad del puente.

Alternativa 1: Sustitución del puente y construcción de una canalización

La primera alternativa consiste en sustituir el puente existente por uno nuevo, con una estructura más resistente y adecuada a las condiciones hidráulicas y geotécnicas del sitio. Además, se plantea la construcción de una canalización en la zona del puente que evite la socavación en los estribos y proteja las márgenes del caño Parrado.

Esta alternativa tiene las siguientes ventajas:

- Se elimina el riesgo de colapso del puente existente, que tiene más de 30 años de construcción y presenta lesiones graves por corrosión y grietas.
- Se mejora la capacidad hidráulica del cauce, evitando las inundaciones y erosiones que afectan al puente y a las viviendas cercanas.
- Se aumenta la capacidad vial del puente, ofreciendo un paso más amplio y seguro para los vehículos y peatones que transitan por la zona.
- Se optimiza el diseño estructural del puente, utilizando materiales y técnicas más modernas y duraderas.

Esta alternativa tiene las siguientes desventajas:

- Requiere una mayor inversión económica que la otra alternativa, ya que implica la demolición y remoción del puente existente y la construcción de uno nuevo.
- Genera una mayor afectación ambiental que la otra alternativa, ya que implica la tala de árboles, la excavación del suelo y el manejo de residuos.
- Implica una mayor duración de la obra que la otra alternativa, ya que implica varias etapas constructivas y el cierre temporal del paso vehicular y peatonal.

Para el diseño del nuevo puente se ha tomado como referencia la Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales del Instituto Nacional de Vías - INVIAS-1, que presenta varios modelos de puentes en el sistema losa-vigas y estribos. El modelo seleccionado se ajusta a las características geométricas, hidráulicas y geotécnicas del sitio, así como a los requerimientos funcionales y estéticos del proyecto.

Alternativa 2: Construcción de una canalización y labores correctivas

La segunda alternativa consiste en mantener el puente existente, realizando labores correctivas que permitan reubicar los estribos en su posición original y reforzar los elementos debilitados por la corrosión o las grietas. Además, se plantea la construcción de una canalización en la zona del puente que evite la socavación en los estribos y proteja las márgenes del caño Parrado.

Esta alternativa tiene las siguientes ventajas:

Requiere una menor inversión económica que la otra alternativa, ya que implica solo la reparación y rehabilitación del puente existente.

Genera una menor afectación ambiental que la otra alternativa, ya que implica menos tala de árboles, excavación de suelo y manejo de residuos.

Implica una menor duración de la obra que la otra alternativa, ya que implica menos etapas constructivas y el cierre parcial del paso vehicular y peatonal.

Esta alternativa tiene las siguientes desventajas:

No elimina el riesgo de colapso del puente existente, que tiene más de 30 años de construcción y presenta lesiones graves por corrosión y grietas.

No mejora la capacidad hidráulica del cauce, manteniendo las inundaciones y erosiones que afectan al puente y a las viviendas cercanas.

No aumenta la capacidad vial del puente, manteniendo un paso estrecho e inseguro para los vehículos y peatones que transitan por la zona.

No optimiza el diseño estructural del puente, utilizando materiales y técnicas obsoletas e insuficientes.

Según el estudio de patológico realizado, esta alternativa requiere realizar ensayos destructivos para determinar las zonas debilitadas por corrosión o grietas, recalzar la cimentación existente con pilotes cilíndricos hincados hasta el coluvial detectado, reubicar los estribos mediante movilización o ajuste mecánico, reforzar el suelo de cimentación con elementos que sostengan la zarpa para evitar su desplazamiento futuro e inyectar resina epóxica o mortero en las grietas del tablero. La canalización se basa en el uso de gaviones o muros flexibles rellenos con piedra para contener el cauce y evitar su erosión.

Programación y presupuesto

Según la información obtenida de los análisis del proyecto, la principal alternativa tiene un costo estimado de dos mil quinientos millones de pesos y un plazo de ejecución de 15 a 24 meses. El diseño del nuevo puente se basa en el proyecto adjudicado por la Alcaldía de Villavicencio al consorcio Ecogravas, que consiste en un puente con una longitud de 15 metros, un ancho de 6 metros, pasos peatonales de 1.5 metros en cada costado y pilotes cilíndricos de concreto reforzado hincados hasta el coluvial detectado. La canalización se basa en el uso de gaviones o muros flexibles rellenos con piedra para contener el cauce y evitar su erosión.

Para la alternativa de sustitución y adecuación de la estructura existente, se definió un presupuesto cercano a los mil quinientos millones de pesos, con un plazo mínimo de seis meses. Durante este periodo de tiempo, se llevarán a cabo las siguientes actividades: demolición de elementos estructurales deteriorados, sustitución de la carpeta asfáltica por una nueva capa de rodadura, cambio de las juntas elastoméricas y los apoyos en neopreno por unos más resistentes, recalce de vigas con mortero de reparación y restauración de las fisuras y manchas que afectan la apariencia del puente.

Se incluyen los análisis de presupuesto y cronogramas en el Anexo 6.

Conclusiones

Luego de realizar la inspección que forma parte del estudio patológico al Puente de Caño Parrado se observa que la lesión con más incidencia son las grietas que se encuentran en el estribo hacia La Glorieta de La Grama. Estas grietas se deben a la filtración de agua proveniente del material contenido por el estribo, que indica la ausencia de sistemas complementarios de drenaje en la vía que comunica el puente. Además, este fenómeno en el mencionado elemento es un efecto del agrietamiento producido por un debilitamiento.

De acuerdo con el análisis del contexto espacial y ambiental de la zona, las causas de este debilitamiento fueron la socavación que se puede observar en la zarpa de este elemento principal, lo que reduce su área de contacto. Esta reducción, al ser inversamente proporcional a la presión ejercida al suelo de fundación, genera esfuerzos concentrados en el estribo, esfuerzos principalmente de compresión y flexión. Aunque en el suelo de fundación no se observan asentamientos diferenciales, mecánicamente esta situación afecta la estabilidad del puente.

Los ensayos no destructivos arrojaron dos resultados: el ensayo de esclerometría demostró que el concreto utilizado cumple con los requisitos de diseño presentados en la cartilla del ministerio de obras públicas al día de hoy, pero no así la pasivación del acero, por lo que se permite la corrosión al acero de refuerzo, reduciendo las capacidades resistentes a los esfuerzos esperados al momento de la planeación. Sin embargo, la lesión por corrosión no podría venir únicamente de la carbonatación del concreto sino del ingreso de agua en las grietas, fisuras y poros que se observan en el estribo.

La seguridad estructural de los componentes del puente, evaluados individualmente, no tiene complicaciones. Sin embargo, no es relevante su uso si en conjunto la estabilidad de la obra está comprometida (Mojica, 2019). Esta situación demuestra la importancia del cálculo de

estabilidad en un análisis estructural de un proyecto, no solo en la fase de estudio y diseño, sino también en un estudio patológico. Este último permite determinar si luego de una intervención y reforzamiento el proyecto seguirá en pie. De lo contrario, se debe descartar cualquier tipo de operación específica, ya que terminaría en una dilapidación de esfuerzo y dinero.

Se recomienda realizar obras de drenaje y protección del estribo afectado por la socavación, así como reparar las grietas y fisuras del concreto y reemplazar el acero corroído. Estas medidas permitirán recuperar la capacidad resistente y la durabilidad del puente, así como prevenir futuros daños por la acción del agua.

Recomendación

Cierre temporal del puente

De acuerdo a las conclusiones presentadas, se evidencia que la gravedad de las lesiones del puente muestra que el tiempo de vida útil del mismo está llegando a su fin, por lo que su función de conectar ambos lados del Caño Parrado puede ser un riesgo que genere accidentes o lesiones. Por lo tanto, se recomienda mantener el cierre temporal de la vía que comunica el Parque Infantil con La Glorieta de La Grama, tal como era su situación al momento del estudio, donde los únicos que transitaban eran los peatones habitantes de las zonas cercanas al puente.

Así pues, se sugiere que la Secretaría de Tránsito y Transporte de la ciudad informe a automovilistas y motociclistas sobre vías alternas para que eviten cruzar el puente en su estado actual mediante noticias por medios institucionales o señalización en las zonas aledañas.

Gestión del tráfico

Durante las actividades de intervención también es necesario gestionar el tráfico garantizando que la construcción se lleve dentro de un cronograma planeado eficientemente y que garantice la seguridad de trabajadores y habitantes del sector. Para ello, la coordinación con la administración pública es esencial.

Manejo de residuos

El manejo de residuos es otra consideración importante al ejecutar cualquier alternativa de intervención al puente, puesto que algunos elementos deben ser demolidos, sea de manera parcial o total. Esto implica un impacto ambiental considerable, no solamente para el caso del puente en estudio, sino también para construcciones adjuntas como muros de contención que presentan colapsos parciales y que deben ser demolidos y reconstruidos de acuerdo con diseños técnicos previos.

Reubicación de familias

Sobre los costados del Caño Parrado se hallan asentamientos de familias que se han visto afectadas por los aumentos del cauce del cuerpo de agua y que han encontrado en el puente otro tipo de amenaza a la integridad de dichas familias. Por esta razón, la protección a dichas personas que viven allí, así como a los que recorren por el puente es fundamental. Por lo tanto, se recomienda la reubicación de estas familias a cargo de los entes encargados de la intervención del puente.

Recomendaciones para futuros estudios

La recomendación para los patólogos que realicen estudios sobre puentes es comunicar la importancia de su estudio con las autoridades que gestionen dichas prácticas, a nivel local, municipal o nacional, para que se obtengan los permisos necesarios para realizar varios estudios que demuestren con mayor claridad el comportamiento de las lesiones a todo el conjunto de la estructura. Dentro de estos estudios también es importante resaltar el grado significativo que puede traer a un diagnóstico el estudio del cauce del río que salva dicho puente para conocer el tipo de suelo, el tipo de flujo y condiciones de borde que permitan conocer el efecto, ya que esta puede ser, como lo fue en el caso del Caño Parrado, la principal causa de las lesiones mecánicas observadas.

Daños en otras estructuras

El puente del caño Parrado no es la única estructura afectada por cuenta de las fuertes lluvias que aumentan el cauce. También se han dañado muros de contención o muros ala en los puentes cercanos, que cumplen la función de proteger el lecho y las márgenes del río. Estos muros presentan lesiones como grietas, fisuras, desplazamientos y colapsos en el costado derecho cerca al estribo que está cerca al Parque Infantil, que reducen su capacidad resistente y

su estabilidad. Estas lesiones se deben al efecto erosivo del agua, que implican un riesgo para el puente y el cauce, ya que pueden provocar el desbordamiento del río o la socavación del lecho.

Estos daños son similares a los que presenta el puente del caño Parrado, que también ha sufrido por la acción del agua y por la falta de mantenimiento. Por lo tanto, se requiere una intervención urgente y adecuada para el puente y para los muros, que garantice su seguridad y funcionalidad.

Después de analizar las dos alternativas propuestas para intervenir el puente sobre el caño Parrado en Villavicencio, se recomienda optar por la primera alternativa: sustituir el puente existente por uno nuevo y construir una canalización en la zona del puente. Esta alternativa ofrece mayores beneficios técnicos, económicos y ambientales a largo plazo, ya que garantiza la seguridad y funcionalidad del puente por más tiempo, evita futuras inundaciones y erosiones en el cauce y mejora la movilidad vial y peatonal en la zona. Aunque esta alternativa requiere una mayor inversión inicial, se considera más rentable que mantener un puente deteriorado e inadecuado para las condiciones actuales.

Bibliografía

(Bridge - Wikipedia, s. f.; Bridge Definition & Meaning - Merriam-Webster, s. f.; Bridge | History, Design, Types, Parts, & Facts | Britannica, 2023).

3: Mojica J.M. (2019). Recuperación De Puentes Sobre El Arroyo Lambaré.
<http://www.civil.ist.utl.pt/~CP2015/Link/Papers/8317.pdf>

360 en Concreto. (2019). ¿Qué es la patología del concreto?
<https://360enconcreto.com/blog/detalle/la-patologia-del-concreto/>

A. A. (2010). Reglamento colombiano de construccion sismorresistente. Bogotá: Ministerio de Vivienda.

AASHTO. (1980). Standard Specifications for Highway Bridges. Washigton .

Agudelo, J. A. (18 de mayo de 2017). Tipologías estructurales en puentes. Madrid, Madrid, España.

Agudelo, J. A. (2017). Tipologías estructurales en puentes. Eadic. Recuperado de <https://eadic.com/blog/entrada/tipologias-estructurales-en-puentes/>

Alcaldía del municipio. (28 de mayo de 2015). Alcaldia Municipal de Villacencio. Obtenido de Informacion General:
http://villavicencio.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=98&Itemid=188

ASTM. (2013). Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete (ASTM C805 / C805M - 13a). Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/C805.htm>

ASTM. (2018). Standard Test Methods for pH of Water (ASTM D1293 - 18). Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/D1293.htm>

Awad, R. R. (2012). Análisis y Diseño Sísmico de Edificios. Lima: Universidad Eafit.

Basset, R. (2019). Patología del concreto reforzado. Editorial Limusa.

Bridge - Wikipedia. (s. f.). Recuperado el 22 de mayo de 2023, de <https://en.wikipedia.org/wiki/Bridge>

Bridge | History, Design, Types, Parts, & Facts | Britannica. (2023). En Encyclopædia Britannica. Recuperado el 22 de mayo de 2023, de <https://www.britannica.com/technology/bridge-engineering>.

Bridge Definition & Meaning - Merriam-Webster. (s. f.). Recuperado el 22 de mayo de 2023, de <https://www.merriam-webster.com/dictionary/bridge>

Chicangana, G. y. (2009). A un modo preliminar sobre la evolución tectónica de la Cordillera Oriental de Colombia: 1. Del Océano Iapeto a la Pangea.

Chicangana, G., Vargas, C. y Kammer, A. (2019). La amenaza sísmica de Villavicencio y el piedemonte llanero del centro de Colombia. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/330452466_LA_AMENAZA_SISMICA_DE_VILLAVICENCIO_Y_EL_PIEDEMONTE_LLANERO_DEL_CENTRO_DE_COLOMBIA_CORPORACION_UNIVERSITARIA_DEL_META

Claros, E., Toirac, J., & Pérez, L. (2021). Patología de la construcción: grietas y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención. Ciencia y Sociedad, 29(1), 72-114

Classification of Bridges | Different Types Of Bridges. (s.f.). Recuperado el 22 de mayo de 2023, de <https://roadandbridgedesign.blogspot.com/2021/06/classification-of-bridges-type-of.html>

Concrete Bridges - an overview | ScienceDirect Topics. (s.f.). Recuperado el 22 de mayo de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/concrete-bridges>

Construmática. (s.f.). Patología. Recuperado de <https://www.construmatica.com/construpedia/Patolog%C3%ADa>

Daniel, I. (26 de Septiembre de 2008). ING.DANIEL. Obtenido de ING.DANIEL:
<http://h-hconstrucciones.blogspot.com/>

Daniel, P. F. (2006). MÉTODOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE PUENTES DE HORMIGÓN DE RECIENTE UTILIZACIÓN EN LA REPÚBLICA ARGENTINA. II Simposio Ibero-Americano de "Concreto Estructura". Buenos Aires, Argentina.

Diaz, Patricia (2014) Protocolo para los estudios de patología en la construcción en edificaciones concreto reforzado en Colombia.

Don Concreto. (2021). Defectos superficiales del concreto y sus causas.
<https://www.donconcreto.com/defectos-superficiales-del-concreto-y-sus-causas>

Echeverri Montes, P. (2021). ¿Qué es una patología en la construcción? Recuperado de
<https://www.echeverrimontes.com/blog/que-es-patologia-construccion>

El Tiempo. (2018). ¿Qué pasó con el puente Chirajara? Recuperado de
<https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/que-paso-con-el-puente-chirajara-168980>

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2011). Estudio de las causas del colapso de algunos puentes. Recuperado de
https://tycho.escuelaing.edu.co/contenido/encuentros-suelosyestructuras/documentos/tercer_ent/estudio_causas_colapso_algunos_puentes.pdf

Figuerola, L. H. C. (2019). Degradación, daños, lesiones en la edificación: El estudio patológico (1st ed.). Universidad del Valle. <https://doi.org/10.2307/j.ctv16zjhnp>

FOPAE & AIS. (2011). Guía técnica para la inspección después del sismo. Recuperado de <https://www.sgc.gov.co/gestion-del-conocimiento/publicaciones-sgc/Documents/Guia%20tecnica%20para%20la%20inspeccion%20despues%20del%20sismo.pdf>
 f

García, A., Gómez, J., & Martínez, J. (2018). Evaluación del impacto social de los proyectos de infraestructura vial en Colombia: una revisión de la literatura. *Revista Ingeniería y Competitividad*, 20(1), 7-18.

Gómez, J. D., & Gómez, J. F. (2015). Nuevo Código Colombiano de diseño de puentes – LRFD. *Revista Ingeniería Sísmica*, (32), 1-16.

Gómez, J. D., & Gómez, J. F. (2015). Nuevo Código Colombiano de diseño de puentes – LRFD. *Revista Ingeniería Sísmica*, (32), 1-16.

González, A., Martínez, J., & Pérez, L. (2019). Propiedades de los materiales en secciones de concreto reforzado. Universidad

IDEAM. (Diciembre de 2016). IDEAM. Obtenido de IDEAM Web Site:
<https://es.weatherspark.com/y/24273/Clima-promedio-en-Villavicencio-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

INCONTEC. (1998). NTC-3692 Metodo de ensayo para medir el numero de rebote del concreto endurecido. Bogotá : INCONTEC.

Instituto Nacional De Vías (INVIAS). (2014). Código colombiano para el diseño de puentes CCP-14. <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-y-publicaciones/normatividad-tecnica/codigo-colombiano-de-puentes>

INVIAS. (2007). Manual para Inspección Visual de Puentes Vehiculares. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3710-manual-de-inspeccion-visual-de-puentes>

INVIAS. (2014). Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3709-norma-colombiana-de-diseno-de-puentes-ccp14>

INVIAS. (2014). Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3709-norma-colombiana-de-diseno-de-puentes-ccp14>

INVIAS. (2022). Cartilla Puentes Peatonales Tipo. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/14382-cartilla-puentes-peatonales-tipo>

Manterola, J. (1984). EVOLUCIÓN DE LOS PUENTES EN LA HISTORIA RECIENTE. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Mascia N.T., Sartorti A.L. (2011). Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales. Revista Ingeniería De Construcción 26(1), 5-24. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732011000100001

McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2017). Diseño de concreto reforzado. Ciudad de Mexico: Alfaomega.

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (s.f.). 09. Obras de paso: puentes y estructuras. Recuperado de <https://www.mitma.gob.es/carreteras/normativa-tecnica/09-obras-de-paso-puentes-y-estructuras>

Orozco, J. E. (1993). Diseño de Puentes de Concreto. Universidad Industrial de Santander.

Periodico del Meta. (12 de Abril de 2021). Más de 200 familias damnificadas en Villavicencio por fuertes lluvias. Periodico del Meta, pág. 2.

Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado en Colombia. (s.f.). Recuperado el 22 de mayo de 2023, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12694/DiazBarreiroPatricia2014.pdf>

Punto de giro. (2020, octubre 3). Caño Parrado un peligro inminente para habitantes de Villavicencio. <https://puntodegiro2020.wixsite.com/soypuntodegiro/post/ca%C3%B1o-parrado-un-peligro-inminente-para-habitantes-de-villavicencio>

Rodríguez, V. (2007). Manual de patología de la edificación. Recuperado de https://www.academia.edu/24411109/PATOLOG%C3%8DA_DE_LA_CONSTRUCCI%C3%93N

Rodríguez, V. (2014). Manual de patología de la edificación. Madrid: Ediciones Cátedra. Echeverri Montes, P. (2021). ¿Qué es una patología en la construcción? Recuperado de <https://www.echeverrimontes.com/blog/que-es-patologia-construccion>

S&P (2019). Patologías en edificaciones: cuáles son las más frecuentes y cómo se originan. Recuperado de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/patologias-edificaciones/>

Stereo Noticias. (30 de Abril de 2021). Daño estructural sufrió puente que comunica la Grama con el Centro de Villavicencio. Stereo Noticias, págs. 1-2.

Suarez, A. R. (2018). Componentes de una puente: Superestructura e Infraestructura. Puentes y Obras de arte (págs. 3-4). Lima: Facultad de Ingeniería.

Torres, E. (2013). Diseño de puentes: interpretacion del codigo AASHTO. Quito: Editorial Universitaria Abya-Yala.

Understanding, Selecting, and Integrating a Theoretical Framework in Dissertation Research: Creating the Blueprint for Your “House”. (2014). Recuperado el 22 de mayo de 2023, de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1058505.pdf>

Universidad Santo Tomas. Estudio de Patología del Puente sobre el Caño Menegua, Departamento del Meta. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/19088?show=ful>

ANEXOS

Ensayos Realizados

Ensayo de Esclerometría

Tabla 3.

Resultados de ensayo de esclerometría

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	ESTUDIO PATOLÓGICO ESTRUCTURAL AL PUENTE SOBRE EL CAÑO PARRADO - VILLAVICENCIO, META			
	METODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NUMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO			
	ESPECIFICACION/NORMA NTC 3692			
	PROYECTO:	Estudio Patológico Estructural al Puente sobre el Caño Parrado - Villavicencio, Meta		
	SECTOR O SITIO:	FECHA DEL ENSAYO	CIUDAD:	
	COLUMNAS Y VIGAS	20-jul-21	Villavicencio	
			Meta	
			Colombia	
CONSECUTIVO	1	2	3	4
UBICACIÓN O ELEMENTO	TABLERO	TABLERO.	TABLERO	TABLERO
POSICION	0°	0°	0°	0°
FECHA FUNDIDA	20-jul-80	20-jul-80	20-jul-80	20-jul-80
DIAS DE CURADO	14975	14975	14975	14975
RESISTENCIA DE DISEÑO	2500	2500	2500	2500
T.M. N	3.5 cm	3.5 cm	3.5 cm	3.5 cm
FUENTE A. FINO	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocido
FUENTE A. GRUESO	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocido
CEMENTO	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocido
1. LECTURA	30	31	26	28
2. LECTURA	30	24	28	31
3. LECTURA	28	32	30	30
4. LECTURA	31	30	28	31
5. LECTURA	26	36	27	28

6. LECTURA	32	26	32	26
7. LECTURA	28	29	30	28
8. LECTURA	31	27	32	29
9. LECTURA	28	29	27	28
10. LECTURA	29	31	31	31
PROMEDIO DEL INDICE ESCLEROMETRO	29.00	30.00	29.00	29.00
RESISTENCIA ESTIMADA EN (N/mm²)	21.8	23.3	21.8	21.8
RESISTENCIA ESTIMADA EN (Kg/cm²)	222	238	222	222
RESISTENCIA ESTIMADA EN (PSI)	3162	3379	3162	3162
PORCENTAJE RESISTENCIA	126 %	135 %	126 %	126 %
CUMPLE	SI	SI	SI	SI

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	ESTUDIO PATOLÓGICO ESTRUCTURAL AL PUENTE SOBRE EL CAÑO PARRADO - VILLAVICENCIO, META			
	METODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NUMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO			
	ESPECIFICACION/NORMA NTC 3692			
	PROYECTO:	Estudio Patológico Estructural al Puente sobre el Caño Parrado - Villavicencio, Meta		
	SECTOR O SITIO:	FECHA DEL ENSAYO	CIUDAD:	
	COLUMNAS Y VIGAS	20-jul-21	Villavicencio	
			Meta	
			Colombia	
CONSECUTIVO	5	6	7	8
UBICACIÓN O ELEMENTO	ESTRIBO IZQ.	ESTRIBO IZQ.	LOSA	LOSA
POSICION	0 °	0 °	0 °	0 °
FECHA FUNDIDA	20-jul-80	20-jul-80	20-jul-80	20-jul-80
DIAS DE CURADO	14975	14975	14975	14975
RESISTENCIA DE DISEÑO	2500	2500	2500	2500
T.M. N	3.5 cm	3.5 cm	3.5 cm	3.5 cm
FUENTE A. FINO	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocido
FUENTE A. GRUESO	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocido
CEMENTO	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocido
1. LECTURA	25	30	27	30
2. LECTURA	25	30	28	28
3. LECTURA	29	30	26	29
4. LECTURA	26	28	26	28
5. LECTURA	28	25	28	29
6. LECTURA	28	27	34	28
7. LECTURA	30	27	29	30
8. LECTURA	27	24	27	31
9. LECTURA	26	28	30	30
10. LECTURA	30	23	29	30
PROMEDIO DEL INDICE ESCLEROMETRO	27.00	27.00	28.00	29.00

RESISTENCIA ESTIMADA EN (N/mm²)	18.9	18.9	20.3	21.8
RESISTENCIA ESTIMADA EN (Kg/cm²)	193	193	207	222
RESISTENCIA ESTIMADA EN (PSI)	2741	2741	2944	3162
PORCENTAJE RESISTENCIA	110 %	110 %	118 %	126 %
CUMPLE	SI	SI	SI	SI

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	ESTUDIO PATOLÓGICO ESTRUCTURAL AL PUENTE SOBRE EL CAÑO PARRADO - VILLAVICENCIO, META			
	METODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NUMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO			
	ESPECIFICACION/NORMA NTC 3692			
	PROYECTO:	Estudio Patológico Estructural al Puente sobre el Caño Parrado - Villavicencio, Meta		
	SECTOR O SITIO:	FECHA DEL ENSAYO	CIUDAD:	
	COLUMNAS Y VIGAS	20-jul-21	Villavicencio	
			Meta	
			Colombia	
CONSECUTIVO	9	10		
UBICACIÓN O ELEMENTO	LOSA	LOSA		
POSICION	0 °	0 °		
FECHA FUNDIDA	20-jul-80	20-jul-80		
DIAS DE CURADO	14975	14975		
RESISTENCIA DE DISEÑO	2500	3000		
T.M. N	3.5 cm	3.5 cm		
FUENTE A. FINO	Desconocido	Desconocido		
FUENTE A. GRUESO	Desconocido	Desconocido		
CEMENTO	Desconocido	Desconocido		
1. LECTURA	28	31		
2. LECTURA	32	30		
3. LECTURA	29	30		
4. LECTURA	32	34		
5. LECTURA	29	25		
6. LECTURA	34	30		
7. LECTURA	30	30		
8. LECTURA	31	30		
9. LECTURA	30	29		
10. LECTURA	33	29		
PROMEDIO DEL INDICE ESCLEROMETRO	31.00	30.00		

RESISTENCIA ESTIMADA EN (N/mm²)	24.9	23.3		
RESISTENCIA ESTIMADA EN (Kg/cm²)	254	238		
RESISTENCIA ESTIMADA EN (PSI)	3611	3379		
PORCENTAJE RESISTENCIA	144 %	113 %		

Los resultados del ensayo en campo demuestran que la resistencia en el elemento de losa del puente no cuenta con materiales que no cumplan con los materiales requeridos mencionados en las notas generales del manual técnico de puentes, utilizado para el diseño de la estructura del Caño Parrado, al contrario, se observa que la resistencia está por encima de los 2500 psi solicitados, lo cual demuestra que la unidad estructural cumpliría, en el caso del concreto, con los esfuerzos internos generados por las solicitaciones de carga.

Sin embargo, hay que aclarar que las fallas presentadas en la losa y que son mostradas en el Anexo XX no contempla patologías causadas por una falta de resistencia en este material, ya que el objetivo principal es determinar la uniformidad del concreto en sitio, para delinear zonas o regiones de pobre calidad de concreto deteriorado en estructuras, y para indicar cambios con el tiempo de las características del concreto tales como las causadas por la hidratación del concreto del cemento.

No obstante, cabe resaltar que los siguientes factores pueden haber afectado los resultados cuando se realizaron las pruebas:

- La textura de la superficie de concreto
- La humedad relativa del concreto
- El espesor de los recubrimientos de los elementos ensayados.

- La calidad de los agregados empleados en la elaboración del concreto
- La relación agua-cemento empleada en la elaboración del concreto
- La edad del concreto

Este valor se obtiene de la de correlación establecida entre el rebote promedio en un elemento patrón con una resistencia mecánica conocida, (información suministrada en obra); y el rebote promedio en un elemento con duda en su resistencia mecánica. Sin embargo, se debe tener en cuenta los siguientes parámetros de acuerdo a las normas relacionadas:

“NSR-10, 2010. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

Título C, CR5.6.5. “Los ensayos no destructivos del concreto en obra, tales como: penetración de sonda, martillo de rebote (esclerómetro), velocidad de pulso ultrasónico, o arrancamiento, pueden ser útiles para determinar si una porción de la estructura realmente contiene o no concreto de baja resistencia. Dichos ensayos son valiosos principalmente si se realizan para hacer comparaciones dentro de la misma obra, más que como mediciones cuantitativas de resistencia.”

• NTC 3692-18, 2018. Método de Ensayo para Medir el Número de Rebote del Concreto Endurecido.

Numeral 5.4. “La relación se establece correlacionando los números de rebote medidos en la estructura, con las resistencias medidas en los núcleos tomados en los lugares correspondientes.”

Numeral 5.5. “Este método de ensayo no es adecuado como base para la aceptación o el rechazo de concreto.”

Detección Magnética del Refuerzo

Para este estudio se utiliza un pachometro, que es un instrumento que detecta metales que están por debajo de una superficie no ferrosa. El objetivo de la utilización de este dispositivo es detectar y corroborar la posición de las varillas de acuerdo a lo mostrado en los planos dados por el documento de modelos de puentes del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

El pachometro utilizado es el Metal Detector M12 de Milwaukee, que muestra la profundidad del metal revelado. El usuario, mediante sondeos manuales, determina cuál es la dirección de esta vara dentro del elemento estructural. Para el caso de este estudio patológico, el objeto de estudio es la losa de tránsito, puesto que es el único elemento cuyo material es el concreto reforzado.



De acuerdo a los planos del MOP, el refuerzo longitudinal (aquella que va en dirección al sentido del tránsito de la vía) lo conforma una barra de 5/8" de diámetro a cada 0.40m. Según los trazados sobre la carpeta asfáltica, producto de los sondeos con el pachometro, las distancias demuestran una longitud aproximada a esta medida. Esta distancia es la misma para el refuerzo transversal de losa, pero su diámetro es de 1/2". Esto confirma que las distancias entre el refuerzo en acero de la losa en concreto transversal cumplen con las especificaciones técnicas dictadas en los manuales de los modelos de puentes dados por el MOP.



No obstante, como se menciona en las limitaciones del estudio patológico, no es posible verificar que los tamaños de los refuerzos sean los mismos que se recomiendan por parte de los planos estructurales. Sin embargo, como se concluyó en el ensayo de esclerometría (que mide la dureza superficial del concreto), el componente de losa y vigas no presenta patologías de severidad grave o media provocada por la falta de resistencia del elemento.

Ensayo de Carbonatación

INFORME DE CORROSION EN ARMADURAS

Determinación de la carbonatación en concreto endurecidos para el proyecto;
Puente que cruza el Caño Parrado cerca al Parque Infantil en el centro de la ciudad de
Villavicencio, departamento del Meta

Por:

Juan Sebastian Velandia Alba

Estudiante Especialización Patología en la Construcción

Villavicencio

Julio de 2021

Informe sobre la determinación de la carbonatación en concreto reforzado

Objeto del ensayo

- Determinar el estado de alcalinidad del concreto endurecido que conforma los estribos del puente que cruza el Caño Parrado en la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta

Marco Teórico

La definición de carbonatación como la reacción química del dióxido de carbono con el hidróxido de calcio y el silicato de calcio hidratado presentes en el concreto, que produce una disminución del pH y una pérdida de la protección pasiva de las armaduras metálicas frente a la corrosión.

Los factores que influyen en la velocidad y la profundidad de la carbonatación, como la porosidad, la permeabilidad, la humedad, la temperatura, la presión parcial de dióxido de carbono y la relación agua/cemento del concreto.

Los métodos para medir la carbonatación, como el uso de indicadores químicos (fenolftaleína), el uso de sensores electroquímicos (electrodos de pH) o el uso de técnicas espectroscópicas (infrarrojo o rayos X).

Los efectos de la carbonatación en las propiedades físicas, mecánicas y durables del concreto, como la reducción de la permeabilidad, la disminución de la resistencia a compresión, la aparición de fisuras y grietas y el aumento del riesgo de corrosión.

Marco Legal

El marco legal colombiano del ensayo de carbonatación es el conjunto de normas, reglamentos y especificaciones técnicas que regulan la realización, el reporte y la interpretación

de este ensayo en el ámbito nacional. Algunos de los aspectos que se deben incluir en el marco legal son:

- La norma NTC 5500 (2015), que establece los requisitos generales para los laboratorios que realizan ensayos y calibraciones en materiales para construcción³.
- La norma NTC 673 (2016), que establece los métodos para determinar la profundidad de carbonatación en concreto endurecido mediante indicadores químicos o sensores electroquímicos⁴.
- La norma NTC 673-1 (2016), que establece los requisitos específicos para determinar la profundidad de carbonatación mediante indicadores químicos.
- La norma NTC 673-2 (2016), que establece los requisitos específicos para determinar la profundidad de carbonatación mediante sensores electroquímicos.
- El reglamento NSR-10 (2010), que establece las disposiciones y los criterios mínimos para el diseño, construcción, evaluación e intervención sísmo resistente de edificaciones en Colombia.

Instrumentos Necesarios

Disolución de fenolftaleína.

Realización del ensayo

Consiste en aplicar la solución de fenolftaleína sobre el concreto, la disolución adquiere un color rosa-púrpura es muerta de que la protección del acero de refuerzo aún persiste en el concreto endurecido, de no presentarse ningún color en la superficie del concreto se concluye que hay un proceso de carbonatación.

Registro Fotográfico



Figura 1. Ensayo de carbonatación, no hay cambio de color en la solución. Fuente: Propia.

Conclusiones

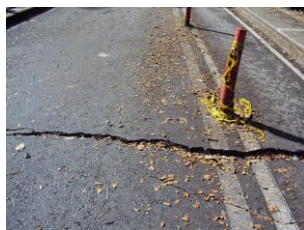
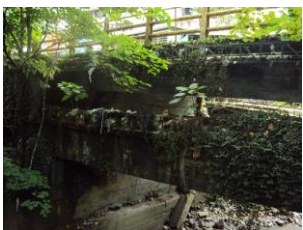
Luego de realizar el proceso de la prueba de carbonatación con la disolución de fenoftaleína, se observa que el material cementante usado para la construcción de los estribos del puente ya no tiene las características que mantengan al acero de refuerzo lejos de una celda galvaniza que permita que se genere y propague la corrosión en este material.

Fichas de Historia Clínica

Universidad Santo Tomas Abierta y a Distancia - Especialización en Patología de la Construcción

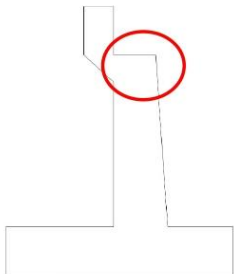
FICHA DESCRIPTIVA

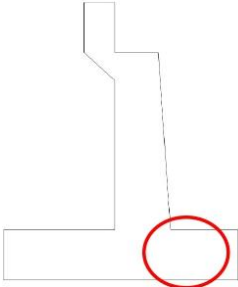
Elaborado por:		<u>Juan Sebastian Velandia Alba</u>					
Nombre del paciente:		<u>Estudio patológico del puente sobre el Caño Parrado, Departamento del Meta</u>					
Tipo de estructura:		Puente Vehicular		Tipología Estructural:		Puente en concreto reforzado sistema Vigas-Losa	
Localización:		Departamento:	Meta	Ciudad/Municipio:	Villavicencio	Temperatura:	27°C
Uso:	Puente vehicular	Fecha de construcción	1981	Tipo de cimentación:	Zapatas superficiales fundidos in situ		
Tipo de Lesiones Directas							Tipo de lesiones indirectas
Física	Mecánica	Química	Biológica	Origen			
Humedad	Deformación	×	Eflorescencia	Organismos animales	×	Desastres naturales	×
Suciedad	×	Pandeo	Corrosión	×	Organismos vegetales	×	Desastres tecnológicos
Erosión	×	Fractura/Grieta	×	Carbonatación	Otro		
Otro	Fisura	×	Reacción Álcali				
	Desprendimiento	×	Otro				
	Otro						
							Diseño estructural o arquitectónico
							Materiales
							Ejecución
							Cambio de uso
							Falta de mantenimiento
							×
Localización General de la Obra				Fotografía descriptiva del paciente			

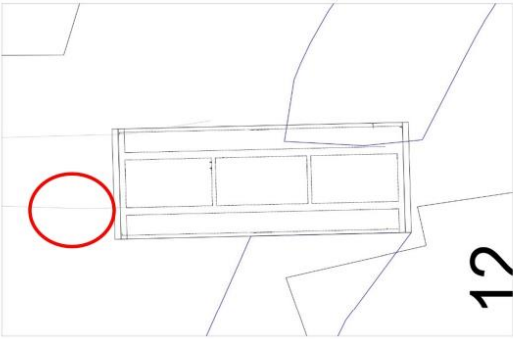
Registro Fotográfico				
				
Pavimento flexible sobre el tablero	Pavimento flexible sobre relleno sobre el estribo hacia la Glorieta de La Grama	Viga y losa del puente, con viga de soporte de concreto	Estribo hacia La Glorieta de La Grama	Estribo hacia El Parque Infantil
Lesiones observadas / sintomatología				
Mecánica: Discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la dirección perpendicular al tránsito.	Física: Hundimiento de la estructura del pavimento al costado del La Glorieta de La Grama	Biológica: Organismos Vegetales y probable presencia de aves e insectos	Mecánica: Fractura en una sección del estribo norte y desprendimiento parcial del elemento	Física: Erosión en el material del río al costado derecho del puente, sur-norte, en el estribo sur
Posibles Causas de las Lesiones				
Fisuras transversales: Los nuevos esfuerzos presentados en el puente generan tensiones en el pavimento mayores a la resistencia del material	Baches: La fragmentación del estribo sumado a los desplazamientos y lluvias generan pérdida del material del pavimento	Helechos y algas: Falta de mantenimiento y limpieza, genera porosidades y filtraciones de agua en el concreto.	Fractura: los esfuerzos entre el oleoducto y el estribo que ha sido desplazado ha generado fracturas en el concreto.	Erosión debida a la acción del agua del Caño Parrado ha provocado el traslado del material que esta debajo del puente para depositarlo al costado del estribo aguas abajo
Propuesta de intervención				
Estudiar el comportamiento del puente, para conocer si se siguen generando tensiones en la super estructura que genere fisuras al pavimento, si está controlado, reparchar.	Reforzar la cimentación del estribo, canalizar el cauce del Caño Parrado y reforzar la estructura del pavimento.	Retiro del material orgánico de los elementos estructurales y reparar la superficie de estos con mortero de reparación.	Retiro del material orgánico de los elementos estructurales y reparar la superficie de estos con mortero de reparación.	Reparación del suelo de cimentación, y canalización del cauce que permita un flujo fuera de los estribos.

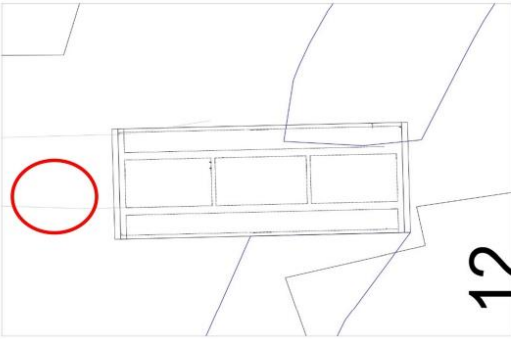
Registro Fotográfico				
				
Estribo hacia La Glorieta de La Grama	Zarpa en el estribo hacia La Glorieta de La Grama	Viga y losa del puente	Bordillos en el puente al costado derecho, sentido sur-norte	Pavimento flexible cerca de la junta entre puente y vía, al costado sur del puente
Lesiones observadas / sintomatología				
Mecánica: Fragmentación en el estribo que permite la filtración de agua entre el elemento	Física: Socavación de la zarpa.	Física: Suciedad	Física: Suciedad	Mecánica: Discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la dirección perpendicular al tránsito.
Posibles Causas de las Lesiones				
Filtración: Probablemente, los nuevos esfuerzos soportados por el estribo debido a la concentración de esfuerzos debilitó el estribo generando fisuras	Socavación: debido a la mecánica producida por el agua del cauce y el elemento estructural	Helechos y algas: Falta de mantenimiento y limpieza, genera porosidades y filtraciones de agua en el concreto.	Helechos y algas: Falta de mantenimiento y limpieza, genera porosidades y filtraciones de agua en el concreto.	Fisuras en media luna: Los nuevos esfuerzos presentados en el puente generan tensiones en el pavimento mayores a la resistencia del material
Propuesta de intervención				
Estabilizar el estribo y generar reparos en las grietas que devuelvan la característica monolítica al concreto	Reforzar la cimentación del estribo, canalizar el cauce del Caño Parrado	Retiro del material orgánico de los elementos estructurales y reparar la superficie de estos con mortero de reparación.	Retiro del material orgánico de los elementos estructurales y reparar la superficie de estos con mortero de reparación.	Estudiar el comportamiento del puente, para conocer si se siguen generando tensiones en la super estructura que genere fisuras al pavimento, si está controlado, reparchar

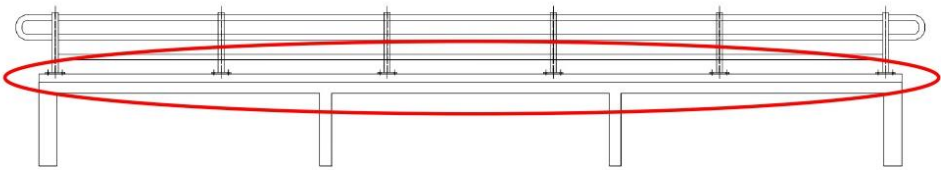
Fichas de Diagnostico

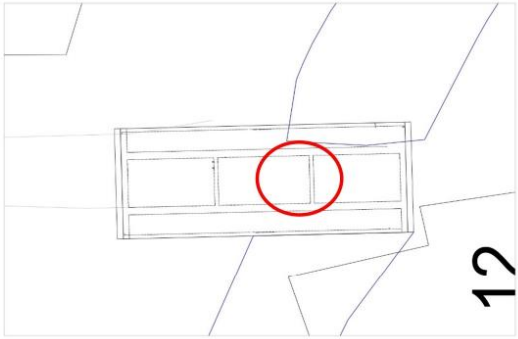
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandia Alba					REGIONAL Villavicencio				
INFORMACIÓN DEL PACIENTE					INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN				
NOMBRE Puente Caño Parrado					NOMBRE DE LA LESIÓN Fragmentación				
LOCALIZACIÓN Villavicencio, Meta					REFERENCIA				
USO Puente vehicular					GRADO				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN 1981					SEVERO X				
SISTEMA CONSTRUCTIVO Puente Losa-Vigas					MODERADO				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA In-situ					LEVE				
INTERVENCIONES PREVIAS No					TIPO DE AMBIENTE Calido				
VEL. VIENTO									
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA					DIRECTA PRIM. SEC. INDIRECTA				
GERIATRICA X					MECANICA X				
FORENSE					FISICA X				
PREVENTIVA X					QUIMICA				
					BIOLOGICA				
					MANTENIMIENTO X				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFIA DESCRIPTIVA					Descripción DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION Lado Glorieta de La Grama				
					NIVEL Estribo				
					EJE				
					VERTICAL X				
					HORIZONTAL				
					PERIMETRAL				
					CENTRAL X				
					ESQUINERO				
					FUNCION				
					COLUMNA X				
					VIGA				
					VOLADIZO X				
					MURO X				
					PLACA				
					DINTEL				
					OTRO:				
					ARMADURA				
					TRACCION X				
					COMPRESION X				
					CORTANTE				
					REPARTICION				
					TORSION				
					OTRAS:				
					DIAMETRO				
					DIMENSIONES				
					LONGITUD				
					LISA N/A				
					ANCHOR				
					CORRUGADA X				
					ALTURA				
					RECUBRIMIENTO				
Descripción DE LA FISURA					POSICION				
PROFUNDIDAD 30 cm					TERCIO IZQUIERDO				
ATRAVESANTE X					TERCIO CENTRAL				
SUPERFICIAL					TERCIO DERECHO X				
EN PROGRESO					TERCIO MEDIO				
EN RETROCESO					TERCIO INFERIOR				
					TERCIO SUPERIOR X				
FORMA					ARRIBA DE L.N.				
RECTA X					DEBAJO DE L.N. X				
CURVA					COINCIDENTE L.N.				
COMBINADA					CARA SUPERIOR				
					CARA INFERIOR				
					CARA ANTERIOR X				
					CARA POSTERIOR				
					L.N.=LINEA NEUTRA				
DIRECCION RESPECTO A LA LINEA					OBSERVACIONES				
NEUTRA					Aunque no se puede registrar bien la profundidad de la grieta, debido a su posicion se observa que esta traspasa el espesor del estribo, debido a que agua brita de este elemento y con esta deposita material de relleno.				
PARALELA									
PERPENDICULAR X									
INCLINADA SIMETRICA									
INCLINADA ASIMETRICA X									
DIMENSIONES									
LONGITUD 1.20 m									
ANCHO 3 cm									
PROFUNDIDAD 30 cm									
LOCALIZACION DE LA LESION									
EN EL EDIFICIO									
									
Hacia La Grama									

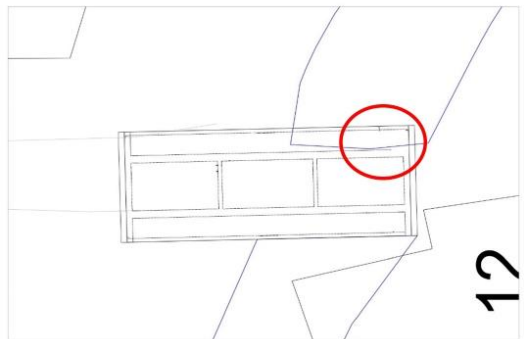
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandia Alba				REGIONAL Villavicencio					
INFORMACIÓN DEL PACIENTE				INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN					
NOMBRE		Puente Caño Parrado		NOMBRE DE LA LESIÓN				Fragmentación	
LOCALIZACIÓN		Villavicencio, Meta		REFERENCIA				N°	
USO		Puente vehicular						2	
FECHA DE CONSTRUCCIÓN		1981		PH SUELO				GRADO	
SISTEMA CONSTRUCTIVO		Puente Losa-Vigas		TEMPERATURA		27°C		SEVERO	
TÉCNICA CONSTRUCTIVA		In-situ		HUMEDAD RELATIVA		80%		MODERADO	
INTERVENCIONES PREVIAS		No		PLUVIOSIDAD		650 mm		LEVE	
				TIPO DE AMBIENTE		Calido		VEL VIENTO	
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA ☐ GERIATRICA ☒ FORENSE ☐ PREVENTIVA ☒					DIRECTA ☐ PRIM. ☐ SEC. ☐ MECANICA ☐ INDIRECTA ☐ FISICA ☐ PROYECTO ☒ QUIMICA ☐ EJECUCION ☐ BIOLOGICA ☐ MATERIAL ☐ MANTENIMIENTO ☒				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFIA DESCRIPTIVA				Descripción DEL ELEMENTO					
				LOCALIZACION		Lado Glorieta de La Grama			
				NIVEL		Estribo			
				EJE		☐		APOYOS	
				VERTICAL		☒		SIMPLE	
				HORIZONTAL		☐		SEMIEMPOTRADO	
				PERIMETRAL		☐		EMPOTRADO	
				CENTRAL		☒		ARTICULADO	
				ESQUINERO		☐		BIARTICULADO	
				FUNCION		☐		ARMADURA	
				COLUMNA		☐		TRACCION	
VIGA		☒		COMPRESION					
VOLADIZO		☒		CORTANTE					
MURO		☐		REPARTICION					
PLACA		☐		TORSION					
DINTEL		☐		OTRAS:					
OTRO:		☐		DIAMETRO					
DIMENSIONES		☐		LONGITUD					
LONGITUD		☐		LISA					
ANCHO		☐		CORRUGADA					
ALTURA		☐		OTROS:					
RECUBRIMIENTO		☐							
Descripción DE LA FISURA				POSICION					
PROFUNDIDAD		1 m		MOVILIDAD		☐		ARRIBA DE L.N.	
ATRAVESANTE		☒		ESTACIONARIA		☒		DEBAJO DE L.N.	
SUPERFICIAL		☐		EN PROGRESO		☒		COINCIDENTE L.N.	
		EN RETROCESO		☐				CARA SUPERIOR	
FORMA				TERCIO IZQUIERDO		☐		CARA INFERIOR	
RECTA		☒		TERCIO CENTRAL		☐		CARA ANTERIOR	
CURVA		☐		TERCIO DERECHO		☐		CARA POSTERIOR	
COMBINADA		☒		TERCIO MEDIO		☐		L.N.=LINEA NEUTRA	
DIRECCION RESPECTO A LA LINEA				OBSERVACIONES					
NEUTRA		☐		El agua pasa por debajo del elemento, lo que indica una socavacion creado por el flujo de agua del Caño Parrado					
PARALELA		☐							
PERPENDICULAR		☒							
INCLINADA SIMETRICA		☒							
INCLINADA ASIMETRICA		☐							
LOCALIZACION DE LA LESION									
EN EL EDIFICIO									
									
Hacia La Grama									

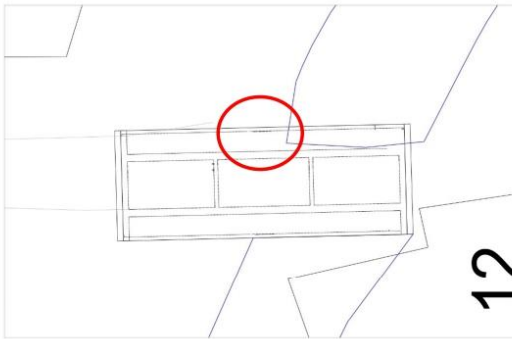
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandía Alba					REGIONAL Villavicencio				
INFORMACIÓN DEL PACIENTE					INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN				
NOMBRE: Puente Caño Parrado					NOMBRE DE LA LESIÓN: Fragmentación				
LOCALIZACIÓN: Villavicencio, Meta					REFERENCIA: N° 3				
USO: Puente vehicular					PH SUELO:				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1981					TEMPERATURA: 27°C				
SISTEMA CONSTRUCTIVO: Puente Losa-Vigas					HUMEDAD RELATIVA: 80%				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA: In-situ					PLUVIOSIDAD: 650 mm				
INTERVENCIONES PREVIAS: No					TIPO DE AMBIENTE: Calido				
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA ☐ GERIATRICA ☒ FORENSE ☐ PREVENTIVA ☒					DIRECTA ☐ PRIM. ☐ SEC. ☐ INDIRECTA ☐ MECANICA ☐ X ☐ PROYECTO ☐ FISICA ☐ X ☐ EJECUCION ☐ QUIMICA ☐ MATERIAL ☐ BIOLOGICA ☐ MANTENIMIENTO ☒				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFÍA DESCRIPTIVA					Descripción DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION: Pavimento hacia La Grama				
					NIVEL: Vía				
					EJE:				
					VERTICAL:				
					HORIZONTAL: ☒				
					PERIMETRAL:				
					CENTRAL: ☒				
					ESQUINERO: ☒				
					FUNCION:				
					COLUMNA:				
VIGA:									
VOLADIZO:									
MURO:									
PLACA:									
DINTEL:									
OTRO: Vía									
DIMENSIONES: N/A									
LONGITUD:									
ANCHO:									
ALTURA:									
RECUBRIMIENTO:									
POSICION:									
TERCIO IZQUIERDO:									
TERCIO CENTRAL: ☒									
TERCIO DERECHO:									
TERCIO MEDIO:									
TERCIO INFERIOR:									
TERCIO SUPERIOR:									
OBSERVACIONES: El agua pasa por debajo del elemento, lo que indica una socavacion creado por el flujo de agua del Caño Parrado									
Descripción DEL PROFUNDIDAD: 50 cm ATRAVESANTE: ☒ SUPERFICIAL: ☐ FORMA: RECTA: CURVA: COMBINADA: ☒ DIRECCION RESPECTO A LA LINEA: N/A NEUTRA: PARALELA: PERPENDICULAR: INCLINADA SIMETRICA: INCLINADA ASIMETRICA:									
MOVILIDAD: ESTACIONARIA: EN PROGRESO: ☒ EN RETROCESO: RAMIFICADA: UNICA: ☒ DIMENSIONES: LONGITUD: 6 m ANCHO: 6 m PROFUNDIDAD: 50 cm									
LOCALIZACION DE LA LESION									
EN EL EDIFICIO									
									

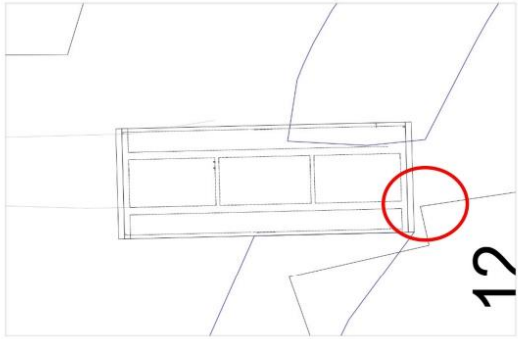
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandía Alba					REGIONAL Villavicencio				
INFORMACIÓN DEL PACIENTE					INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN				
NOMBRE: Puente Caño Parrado					NOMBRE DE LA LESIÓN: Fragmentación				
LOCALIZACIÓN: Villavicencio, Meta					REFERENCIA: N° 4				
USO: Puente vehicular					PH SUELO:				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1981					TEMPERATURA: 27°C				
SISTEMA CONSTRUCTIVO: Puente Losa-Vigas					HUMEDAD RELATIVA: 80%				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA: In-situ					PLUVIOSIDAD: 650 mm				
INTERVENCIONES PREVIAS: No					TIPO DE AMBIENTE: Calido				
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA:					DIRECTA: PRIM. SEC.				
GERIATRICA: ☒					INDIRECTA: PROYECTO				
FORENSE:					EJECUCION:				
PREVENTIVA: ☒					MATERIAL:				
					MANTENIMIENTO: ☒				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFÍA DESCRIPTIVA					Descripción DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION: Pavimento hacia Parque Infantil				
					NIVEL: Vía				
					EJE:				
					VERTICAL:				
					HORIZONTAL: ☒				
					PERIMETRAL:				
					CENTRAL: ☒				
					ESQUINERO: ☒				
					FUNCION:				
					COLUMNA:				
					VIGA:				
					VOLADIZO:				
					MURO:				
					PLACA:				
					DINTEL:				
					OTRO:				
					DIMENSIONES:				
					LONGITUD:				
					ANCHO:				
					ALTURA:				
					RECUBRIMIENTO:				
					POSICION:				
					TERCIO IZQUIERDO:				
					TERCIO CENTRAL: ☒				
					TERCIO DERECHO:				
					TERCIO MEDIO:				
					TERCIO INFERIOR:				
					TERCIO SUPERIOR:				
					ARRIBA DE L.N.:				
					DEBAJO DE L.N.:				
					COINCIDENTE L.N.:				
					CARA SUPERIOR: ☒				
					CARA INFERIOR:				
					CARA ANTERIOR:				
					CARA POSTERIOR:				
					L.N.=LINEA NEUTRA				
Descripción DEL					OBSERVACIONES				
PROFUNDIDAD: 50 cm					La posicion en de la grieta sobre el puente indica que esta es originada por las tensiones generadas en el estribo, y ya que el pavimento no tiene la capacidad se agierta, tambien se observa que hay un movimiento cabalgante de un costado de la grieta, esto demostrando los desplazamientos verticales globales de la estructura				
ATRAVESANTE: ☒									
SUPERFICIAL:									
FORMA:									
RECTA:									
CURVA:									
COMBINADA: ☒									
DIRECCION RESPECTO A LA LINEA: N/A									
NEUTRA:									
PARALELA:									
PERPENDICULAR:									
INCLINADA SIMETRICA:									
INCLINADA ASIMETRICA:									
LOCALIZACION DE LA LESION									
EN EL EDIFICIO									
									
Hacia La Grama									

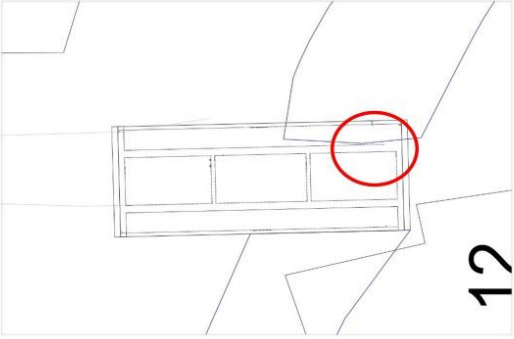
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandía Alba					REGIONAL Villavicencio				
INFORMACIÓN DEL PACIENTE					INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN				
NOMBRE: Puente Caño Parrado					NOMBRE DE LA LESIÓN: Fragmentación				
LOCALIZACIÓN: Villavicencio, Meta					REFERENCIA: N° 5				
USO: Puente vehicular					PH SUELO:				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1981					TEMPERATURA: 27°C				
SISTEMA CONSTRUCTIVO: Puente Losa-Vigas					HUMEDAD RELATIVA: 80%				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA: In-situ					PLUVIOSIDAD: 650 mm				
INTERVENCIONES PREVIAS: No					TIPO DE AMBIENTE: Calido				
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA ☐ GERIATRICA ☒ FORENSE ☐ PREVENTIVA ☒					DIRECTA ☐ PRIM. ☐ SEC. ☒ INDIRECTA ☐ MECANICA ☐ PROYECTO ☐ FISICA ☐ EJECUCION ☐ QUIMICA ☐ MATERIAL ☐ BIOLOGICA ☐ MANTENIMIENTO ☒				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFÍA DESCRIPTIVA					Descripción DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION: Pavimento hacia Parque Infantil				
					NIVEL: Viaducto				
					EJE: APOYOS ☐ N/A				
					VERTICAL: SIMPLE ☐				
					HORIZONTAL: X SEMIEMPOTRADO ☐				
					PERIMETRAL: EMPOTRADO ☐				
					CENTRAL: X ARTICULADO ☐				
					ESQUINERO: X BIARTICULADO ☐				
					FUNCION: ARMADURA ☐				
					COLUMNA: TRACCION ☒ X				
					VIGA: COMPRESION ☒ X				
					VOLADIZO: CORTANTE ☒ X				
					MURO: REPARTICION ☐				
					PLACA: TORSIÓN ☒ X				
					DINTEL: OTRAS: ☐				
OTRO: DIAMETRO ☐									
DIMENSIONES: N/A LONGITUD ☐ N/A									
LONGITUD: 14 m USA ☒ X									
ANCHO: 35 cm CORRUGADA ☐									
ALTURA: 50 cm OTROS: ☐									
RECUBRIMIENTO: ☐									
Descripción DEL									
PROFUNDIDAD: ☐ MOVILIDAD: ☐									
ATRAVESANTE: X ESTACIONARIA ☐									
SUPERFICIAL: ☐ EN PROGRESO ☒ X									
EN RETROCESO ☐									
FORMA: N/A									
RECTA: ☐ RAMIFICADA ☐									
CURVA: ☐ UNICA ☐									
COMBINADA: ☐									
DIRECCION RESPECTO A LA LINEA									
NEUTRA: N/A DIMENSIONES: ☐									
PARALELA: ☐ LONGITUD: ☐									
PERPENDICULAR: ☐ ANCHO: ☐									
INCLINADA SIMETRICA: ☐ PROFUNDIDAD: ☐									
INCLINADA ASIMETRICA: ☐									
OBSERVACIONES									
Deebido a la falta de mantenimiento, sumado a las cpndicones ambientales se permite la preseencia de material organico sobre varios elementos del puente, en lel caso de oleoducto esta ha evolucionado de tal manera que se encuentra casi en toda la longitud de la viga, con tamaños grandes para los helechos.									
LOCALIZACION DE LA LESION									
EN EL EDIFICIO									
Hacia La Grama									
									

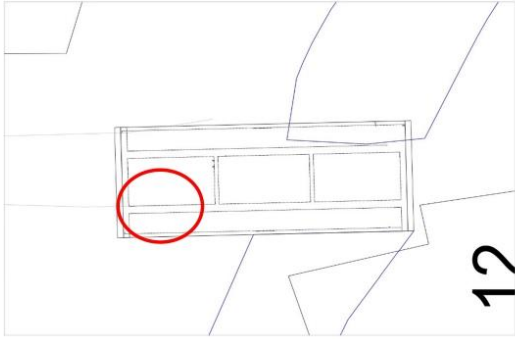
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandía Alba					REGIONAL Villavicencio				
INFORMACIÓN DEL PACIENTE					INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN				
NOMBRE Puente Caño Parrado					NOMBRE DE LA LESIÓN Fragmentación				
LOCALIZACIÓN Villavicencio, Meta					REFERENCIA				
USO Puente vehicular					PH SUELO				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN 1981					TEMPERATURA 27°C				
SISTEMA CONSTRUCTIVO Puente Losa-Vigas					HUMEDAD RELATIVA 80%				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA In-situ					PLUVIOSIDAD 650 mm				
INTERVENCIONES PREVIAS No					TIPO DE AMBIENTE Calido				
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA					DIRECTA				
GERIATRICA					PRIM.				
FORENSE					SEC.				
PREVENTIVA					INDIRECTA				
					PROYECTO				
					EJECUCION				
					MATERIAL				
					MANTENIMIENTO				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFIA DESCRIPTIVA					Descripción DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION Pavimento hacia Parque Infantil				
					NIVEL Losa				
					EJE				
					VERTICAL				
					HORIZONTAL				
					PERIMETRAL				
					CENTRAL				
					ESQUINERO				
					FUNCION				
					COLUMNA				
					VIGA				
					VOLADIZO				
					MURO				
					PLACA				
					DINTEL				
					OTRO: PLACA				
					DIMENSIONES				
					LONGITUD				
					ANCHO				
					ALTURA				
					RECUBRIMIENTO				
					POSICION				
					TERCIO IZQUIERDO				
					TERCIO CENTRAL				
					TERCIO DERECHO				
					TERCIO MEDIO				
					TERCIO INFERIOR				
					TERCIO SUPERIOR				
					ARRIBA DE L.N.				
					DEBAJO DE L.N.				
					COINCIDENTE L.N.				
					CARA SUPERIOR				
					CARA INFERIOR				
					CARA ANTERIOR				
					CARA POSTERIOR				
					L.N.=LINEA NEUTRA				
Descripción DEL					OBSERVACIONES				
PROFUNDIDAD					Debido a la falta de mantenimiento, sumado a las condiciones ambientales se permite la presencia de material orgánico sobre varios elementos del puente.				
ATRAVESANTE									
SUPERFICIAL									
FORMA									
RECTA									
CURVA									
COMBINADA									
DIRECCION RESPECTO A LA LINEA									
NEUTRA									
PARALELA									
PERPENDICULAR									
INCLINADA SIMETRICA									
INCLINADA ASIMETRICA									
LOCALIZACION DE LA LESION									
EN EL EDIFICIO									
									
Hacia La Grama									

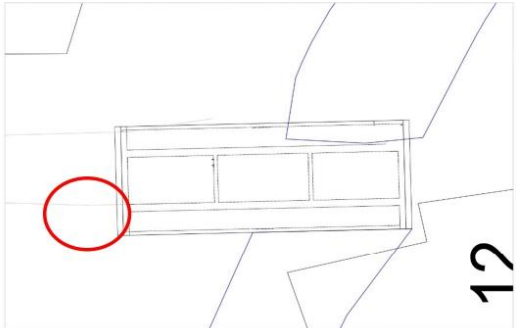
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandía Alba					REGIONAL Villavicencio				
INFORMACIÓN DEL PACIENTE					INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN				
NOMBRE: Puente Caño Parrado					NOMBRE DE LA LESIÓN: Fragmentación				
LOCALIZACIÓN: Villavicencio, Meta					REFERENCIA: 7				
USO: Puente vehicular					PH SUELO:				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1981					TEMPERATURA: 27°C				
SISTEMA CONSTRUCTIVO: Puente Losa-Vigas					HUMEDAD RELATIVA: 80%				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA: In-situ					PLUVIOSIDAD: 650 mm				
INTERVENCIONES PREVIAS: No					TIPO DE AMBIENTE: Calido				
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA:					DIRECTA:				
GERIATRICA: ☒					PRIM. SEC. ☒				
FORENSE:					INDIRECTA: ☒				
PREVENTIVA: ☒					PROYECTO: ☒				
					EJECUCION: ☐				
					MATERIAL: ☐				
					MANTENIMIENTO: ☐				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFÍA DESCRIPTIVA					Descripción DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION: Estribo Parque Infantil				
					NIVEL:				
					EJE:				
					VERTICAL:				
					HORIZONTAL: ☒				
					PERIMETRAL:				
					CENTRAL: ☒				
					ESQUINERO: ☒				
					FUNCION:				
					COLUMNA:				
VIGA:									
VOLADIZO:									
MURO:									
PLACA:									
DINTEL:									
OTRO:									
DIMENSIONES:									
LONGITUD:									
ANCHO:									
ALTURA:									
RECUBRIMIENTO:									
ARMADURA:									
TRACCION:									
COMPRESION:									
CORTANTE:									
REPARTICION:									
TORSION:									
OTRAS:									
DIAMETRO:									
LONGITUD:									
LISA:									
CORRUGADA:									
OTROS:									
DESCRIPCION DEL									
PROFUNDIDAD:									
ATRAVESANTE: ☒									
SUPERFICIAL:									
FORMA:									
RECTA:									
CURVA:									
COMBINADA:									
DIRECCION RESPECTO A LA LINEA									
NEUTRA:									
PARALELA:									
PERPENDICULAR:									
INCLINADA SIMETRICA:									
INCLINADA ASIMETRICA:									
DIMENSIONES									
LONGITUD:									
ANCHO:									
PROFUNDIDAD:									
POSICION									
TERCIO IZQUIERDO:									
TERCIO CENTRAL: ☒									
TERCIO DERECHO:									
TERCIO MEDIO:									
TERCIO INFERIOR:									
TERCIO SUPERIOR:									
ARRIBA DE L.N.:									
DEBAJO DE L.N.:									
COINCIDENTE L.N.:									
CARA SUPERIOR:									
CARA INFERIOR: ☒									
CARA ANTERIOR:									
CARA POSTERIOR:									
L.N.=LINEA NEUTRA									
OBSERVACIONES									
Aguas abajo, el agua del cauce, durante mas de 30 años ha socavado el estribo cercal al Parque Infantil, que termino por erosionarlo y en el caso del muro de contencion al lado del puente ha terminado colapsado, esta accion del agua continua con la zarpa del estribo el cual esta retirando del material de soporte para este elemento vertical.									
LOCALIZACION DE LA LESION									
EN EL EDIFICIO									
									
Hacia La Grama									
12									

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandía Alba					REGIONAL Villavicencio				
INFORMACIÓN DEL PACIENTE					INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN				
NOMBRE Puente Caño Parrado					NOMBRE DE LA LESIÓN Fragmentación				
LOCALIZACIÓN Villavicencio, Meta					REFERENCIA				
USO Puente vehicular					PH SUELO				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN 1981					TEMPERATURA 27°C				
SISTEMA CONSTRUCTIVO Puente Losa-Vigas					HUMEDAD RELATIVA 80%				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA In-situ					PLUVIOSIDAD 650 mm				
INTERVENCIONES PREVIAS No					TIPO DE AMBIENTE Calido				
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA					DIRECTA PRIM. SEC. INDIRECTA				
GERIATRICA					MECANICA				
FORENSE					FISICA				
PREVENTIVA					QUIMICA				
					BIOLOGICA				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFÍA DESCRIPTIVA					Descripción DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION Bordillo derecho, sur-norte				
					NIVEL				
					EJE				
					VERTICAL				
					HORIZONTAL				
					PERIMETRAL				
					CENTRAL				
					ESQUINERO				
					FUNCION				
					COLUMNA				
VIGA									
VOLADIZO									
MURO									
PLACA									
DINTEL									
OTRO:									
DIMENSIONES									
LONGITUD									
ANCHO									
ALTURA									
RECUBRIMIENTO									
POSICION									
TERCIO IZQUIERDO									
TERCIO CENTRAL									
TERCIO DERECHO									
TERCIO MEDIO									
TERCIO INFERIOR									
TERCIO SUPERIOR									
OBSERVACIONES									
Probablemente, durante los desplazamiento del tablero del puente se han presentado nuevos esfuerzos en la superestructura, y movimientos que el adoquin no tiene la flexibilidad de adoptar, por lo que se levantan de los bordillos del puente									
LOCALIZACION DE LA LESION									
EN EL EDIFICIO									
									
Hacia La Grama									

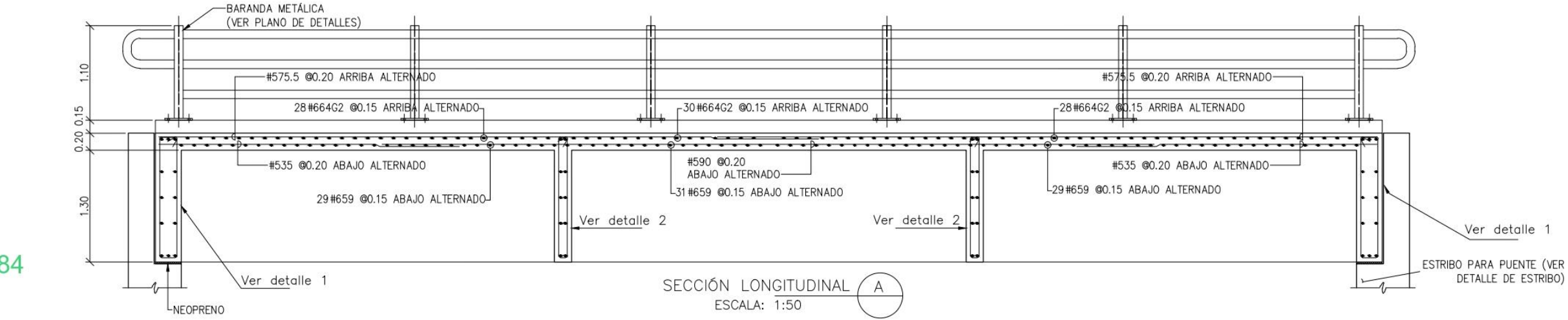
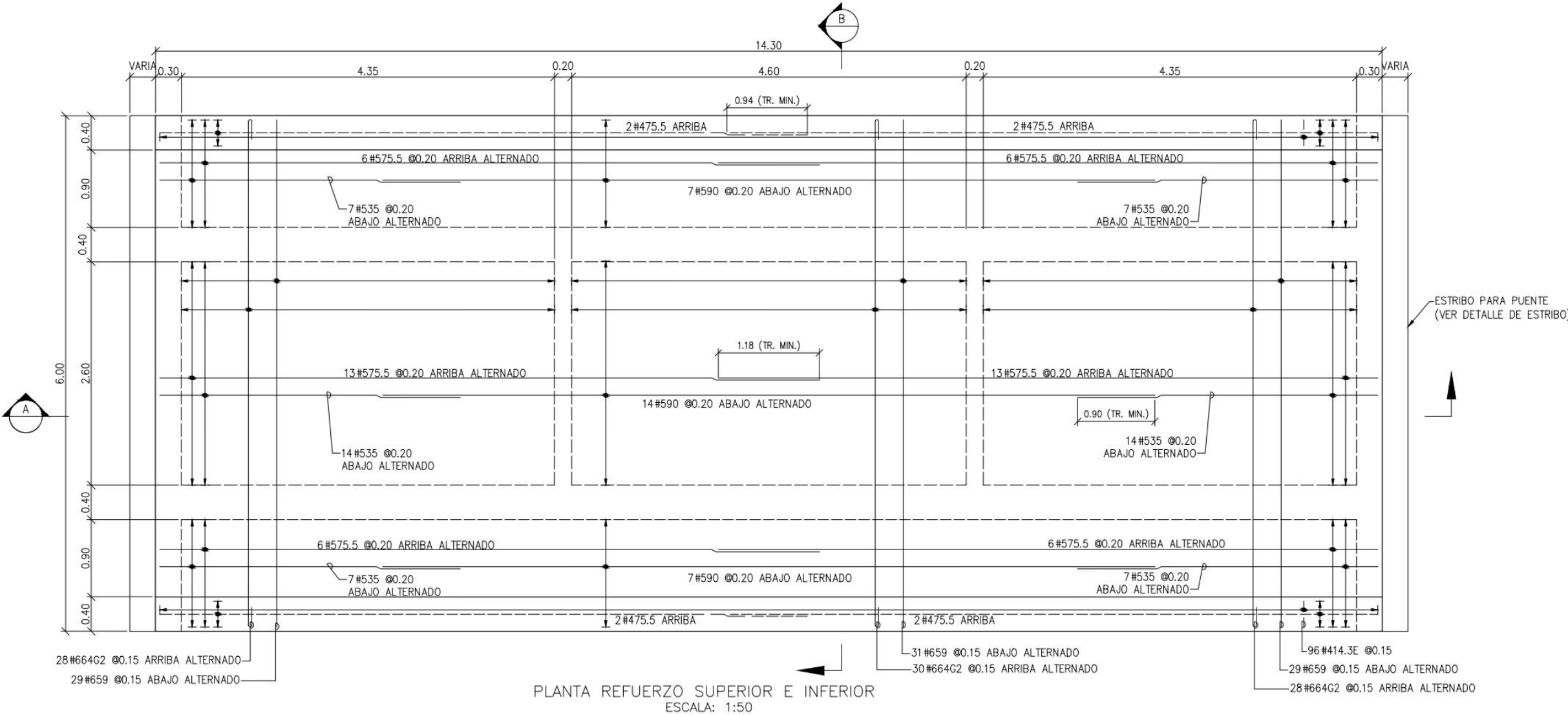
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandía Alba					REGIONAL Villavicencio				
INFORMACIÓN DEL PACIENTE					INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN				
NOMBRE Puente Caño Parrado					NOMBRE DE LA LESIÓN Fragmentación				
LOCALIZACIÓN Villavicencio, Meta					REFERENCIA				
USO Puente vehicular					PH SUELO				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN 1981					TEMPERATURA 27°C				
SISTEMA CONSTRUCTIVO Puente Losa-Vigas					HUMEDAD RELATIVA 80%				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA In-situ					PLUVIOSIDAD 650 mm				
INTERVENCIONES PREVIAS No					TIPO DE AMBIENTE Calido				
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA					DIRECTA PRIM. SEC. INDIRECTA				
GERIATRICA					MECANICA				
FORENSE					FISICA				
PREVENTIVA					QUIMICA				
					BIOLOGICA				
					MANTENIMIENTO				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFÍA DESCRIPTIVA					Descripción DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION Bordillo derecho, sur-norte				
					NIVEL				
					EJE				
					VERTICAL				
					HORIZONTAL				
					PERIMETRAL				
					CENTRAL				
					ESQUINERO				
					FUNCION				
					COLUMNA				
					VIGA				
					VOLADIZO				
					MURO				
					PLACA				
					DINTEL				
					OTRO:				
					DIMENSIONES				
					LONGITUD				
					ANCHO				
					ALTURA				
					RECUBRIMIENTO				
					POSICION				
					TERCIO IZQUIERDO				
					TERCIO CENTRAL				
					TERCIO DERECHO				
					TERCIO MEDIO				
					TERCIO INFERIOR				
					TERCIO SUPERIOR				
					ARRIBA DE L.N.				
					DEBAJO DE L.N.				
					COINCIDENTE L.N.				
					CARA SUPERIOR				
					CARA INFERIOR				
					CARA ANTERIOR				
					CARA POSTERIOR				
					L.N.=LINEA NEUTRA				
Descripción DEL					OBSERVACIONES				
PROFUNDIDAD					Aunque es una lesion presentada en otra edificacion al paciente, se observa que este tiene efectos en viviendas que quedan cerca al puente, esta vivienda esta situada escasamente distancia del puente.				
ATRAVESANTE									
SUPERFICIAL									
FORMA									
RECTA									
CURVA									
COMBINADA									
DIRECCION RESPECTO A LA LINEA									
NEUTRA									
PARALELA									
PERPENDICULAR									
INCLINADA SIMETRICA									
INCLINADA ASIMETRICA									
LOCALIZACION DE LA LESION									
EN EL EDIFICIO									
									
Hacia La Grama									

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandía Alba					REGIONAL Villavicencio				
INFORMACIÓN DEL PACIENTE					INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN				
NOMBRE: Puente Caño Parrado					NOMBRE DE LA LESIÓN: Fragmentación				
LOCALIZACIÓN: Villavicencio, Meta					REFERENCIA: 10				
USO: Puente vehicular					PH SUELO:				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1981					TEMPERATURA: 27°C				
SISTEMA CONSTRUCTIVO: Puente Losa-Vigas					HUMEDAD RELATIVA: 80%				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA: In-situ					PLUVIOSIDAD: 650 mm				
INTERVENCIONES PREVIAS: No					TIPO DE AMBIENTE: Calido				
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA ☐ GERIATRICA ☒ FORENSE ☐ PREVENTIVA ☒					DIRECTA ☐ MECANICA ☐ FISICA ☒ QUIMICA ☐ BIOLOGICA ☐				
					PRIM. ☐ SEC. ☒ INDIRECTA ☐ PROYECTO ☐ EJECUCION ☐ MATERIAL ☐ MANTENIMIENTO ☒				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFÍA DESCRIPTIVA					Descripción DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION: Pavimento hacia Parque Infantil				
					NIVEL: Vía				
					EJE:				
					VERTICAL:				
					HORIZONTAL: ☒				
					PERIMETRAL:				
					CENTRAL: ☒				
					ESQUINERO: ☒				
					FUNCION:				
					COLUMNA:				
					VIGA:				
					VOLADIZO:				
					MURO:				
					PLACA:				
					DINTEL:				
OTRO: Vía									
DIMENSIONES: N/A									
LONGITUD:									
ANCHO:									
ALTURA:									
RECUBRIMIENTO:									
ARMADURA:									
TRACCION:									
COMPRESION:									
CORTANTE:									
REPARTICION:									
TORSION:									
OTRAS:									
DIAMETRO:									
LONGITUD: N/A									
LISA:									
CORRUGADA:									
OTROS:									
NO TIENE									
DESCRIPCION DEL									
PROFUNDIDAD:									
ATRAVESANTE: ☒									
SUPERFICIAL:									
FORMA: N/A									
RECTA:									
CURVA:									
COMBINADA:									
DIRECCION RESPECTO A LA LINEA									
NEUTRA: N/A									
PARALELA:									
PERPENDICULAR:									
INCLINADA SIMETRICA:									
INCLINADA ASIMETRICA:									
DIMENSIONES									
LONGITUD:									
ANCHO:									
PROFUNDIDAD:									
POSICION									
TERCIO IZQUIERDO:									
TERCIO CENTRAL: ☒									
TERCIO DERECHO:									
TERCIO MEDIO:									
TERCIO INFERIOR:									
TERCIO SUPERIOR:									
OBSERVACIONES									
La posicion en de la grieta sobre el puente indica que esta es originada por las tensiones generadas en el estribo, y ya que el pavimento no tiene la capacidad se agierta, tambien se observa que hay un movimiento cabalgante de un costado de la grieta, esto demostrando los desplazamientos verticales globales de la estructura									
LOCALIZACION DE LA LESION									
EN EL EDIFICIO									
									
Hacia La Grama									

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandía Alba					REGIONAL Villavicencio				
INFORMACIÓN DEL PACIENTE					INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN				
NOMBRE Puente Caño Parrado					NOMBRE DE LA LESIÓN Fragmentación				
LOCALIZACIÓN Villavicencio, Meta					REFERENCIA				
USO Puente vehicular					PH SUELO				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN 1981					TEMPERATURA 27°C				
SISTEMA CONSTRUCTIVO Puente Losa-Vigas					HUMEDAD RELATIVA 80%				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA In-situ					PLUVIOSIDAD 650 mm				
INTERVENCIONES PREVIAS No					TIPO DE AMBIENTE Calido				
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA					DIRECTA PRIM. SEC. INDIRECTA				
GERIATRICA					MECANICA				
FORENSE					FISICA				
PREVENTIVA					QUIMICA				
					BIOLOGICA				
					MANTENIMIENTO				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFÍA DESCRIPTIVA					Descripción DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION Pavimento hacia Parque Infantil				
					NIVEL Vía				
					EJE				
					VERTICAL				
					HORIZONTAL				
					PERIMETRAL				
					CENTRAL				
					ESQUINERO				
					FUNCION				
					COLUMNA				
VIGA									
VOLADIZO									
MURO									
PLACA									
DINTEL									
OTRO: Vía									
DIMENSIONES									
LONGITUD									
ANCHO									
ALTURA									
RECUBRIMIENTO									
POSICION									
TERCIO IZQUIERDO									
TERCIO CENTRAL									
TERCIO DERECHO									
TERCIO MEDIO									
TERCIO INFERIOR									
TERCIO SUPERIOR									
OBSERVACIONES									
La ubicación de esta lesión se encuentra cerca al bache al final del puente, la cual es consecuencia de la socavacion en el estribo hacia La Grama, esto supone que sea a su vez la causa para esta "Piel de Cocodrilo", que según el manual del INVIAS, una de las posibles causas es la inestabilidad de la subrasante, probablemente, debido ala pérdida de material de la estructura de la vía, hacia el lado de La Glorieta de La Grama									
LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN									
EN EL EDIFICIO									
									

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN									
REALIZA EL ESTUDIO: Juan Sebastian Velandía Alba					REGIONAL Villavicencio				
INFORMACIÓN DEL PACIENTE					INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA LESIÓN				
NOMBRE Puente Caño Parrado					NOMBRE DE LA LESIÓN Fragmentación				
LOCALIZACIÓN Villavicencio, Meta					REFERENCIA				
USO Puente vehicular					PH SUELO				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN 1981					TEMPERATURA 27°C				
SISTEMA CONSTRUCTIVO Puente Losa-Vigas					HUMEDAD RELATIVA 80%				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA In-situ					PLUVIOSIDAD 650 mm				
INTERVENCIONES PREVIAS No					TIPO DE AMBIENTE Calido				
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIATRICA					DIRECTA PRIM. SEC. INDIRECTA				
GERIATRICA					MECANICA				
FORENSE					FISICA				
PREVENTIVA					QUIMICA				
					BIOLOGICA				
GRIETAS Y FISURAS									
FOTOGRAFÍA DESCRIPTIVA					Descripción DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION Estribo La Grama				
					NIVEL Estribo				
					EJE				
					VERTICAL				
					HORIZONTAL				
					PERIMETRAL				
					CENTRAL				
					ESQUINERO				
					FUNCION				
					COLUMNA				
VIGA									
VOLADIZO									
MURO									
PLACA									
DINTEL									
OTRO: Vía									
DIMENSIONES									
LONGITUD									
ANCHO									
ALTURA									
RECUBRIMIENTO									
POSICION									
TERCIO IZQUIERDO									
TERCIO CENTRAL									
TERCIO DERECHO									
TERCIO MEDIO									
TERCIO INFERIOR									
TERCIO SUPERIOR									
OBSERVACIONES									
Segun como se puede observar, el acueducto tenia un pase en el estribo, que según lo compartido por habitantes del sector, no estaba así antes del las lluvia del 2021, por lo que una razon de este comportamiento es que el pase fallo debido a los desplazamientos del estribo y los nuevos esfuerzos que se presentan, por lo que genera una fragmentación de este estribo									
LOCALIZACION DE LA LESION									
									

Planos estructurales alternativa

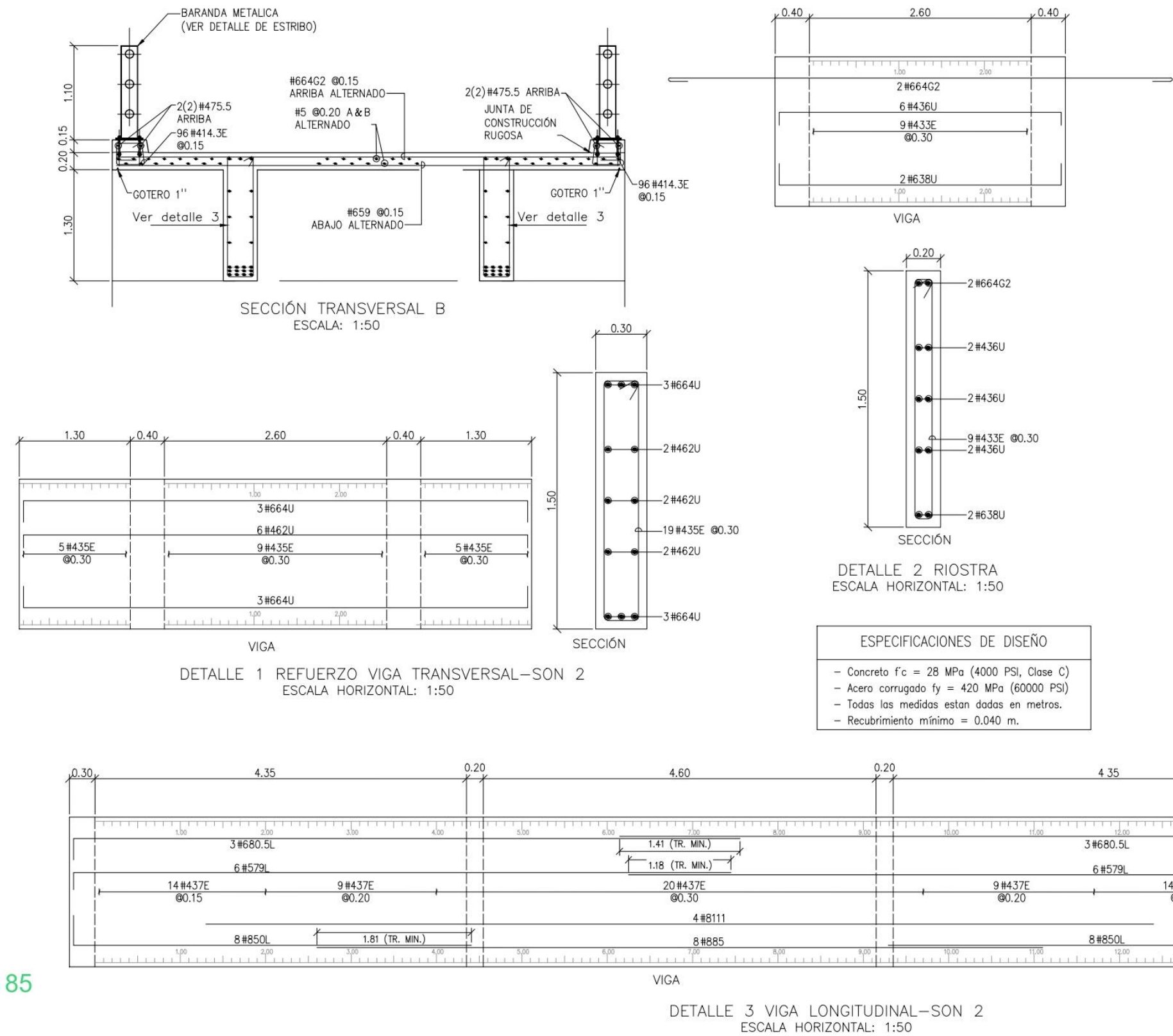


84

OBRAS MENORES DE DRENAJE
Y ESTRUCTURAS VIALES

DIRECCIÓN OPERATIVA
SUBDIRECCIÓN DE LA RED TERCIARIA Y FÉRREA

CONTIENE: PLANTA - SECCIONES PUENTE DE 14.00 m DE LUZ - 6.00 m ANCHO DE TABLERO	FECHA: FEBRERO DE 2020	PLANO No. 59 DE 127
	ARCHIVO: PLANOS 4-V02	
ESCALAS: INDICADAS		



CARTILLA DE FIGURADO Y CANTIDADES							
CANT	1	PUENTE DE 14.00m DE LUZ					
REF	FIGURA SIN ESCALA	LONG	CANT	#4 1/2"	#5 5/8"	#6 3/4"	#8 1"
659		5.90	89			525.10	
664G2		6.40	90			576.00	
575.5		7.55	50		377.50		
535		3.50	56		196.00		
590		9.00	28		252.00		
414.3E		1.43	192	274.56			
475.5		7.55	8	60.40			
435E		3.50	38	133.00			
664U		6.40	12			76.80	
462U		6.20	12	74.40			
433E		3.30	18	59.40			
436U		3.60	12	43.20			
638U		3.80	4			15.20	
437E		3.70	132	488.40			
680.5L		8.05	12			96.60	
579L		7.90	24		189.60		
8111		11.10	8				88.80
850L		5.00	32				160.00
885		8.50	16				136.00
LONGITUD TOTAL DEL REFUERZO			m	1133.4	1015.1	1289.7	384.80
PESO DEL REFUERZO			Kg	1126.6	1575.4	2901.8	1529.6
SUBTOTAL PESO DEL REFUERZO			Ton	7.13			
SUBTOTAL PESO CANTIDAD REQUERIDA			Ton	7.13			
SUBTOTAL CONCRETO			m³	39.16			
SUBTOTAL CONCRETO CANT. REQUERIDA			m³	39.16			

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

- Concreto $f_c = 28$ MPa (4000 PSI, Clase C)
- Acero corrugado $f_y = 420$ MPa (60000 PSI)
- Todas las medidas estan dadas en metros.
- Recubrimiento mínimo = 0.040 m.

85

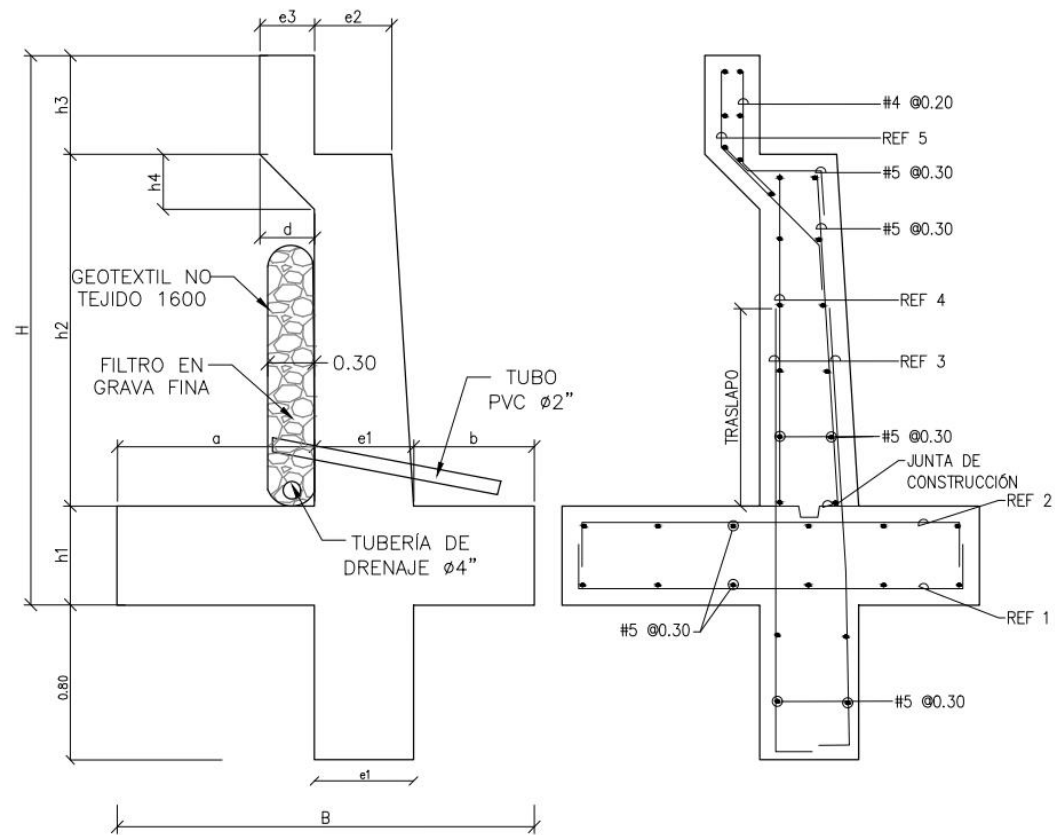
OBRAS MENORES DE DRENAJE
Y ESTRUCTURAS VIALES

DIRECCIÓN OPERATIVA
SUBDIRECCIÓN DE LA RED TERCIARIA Y FÉRREA

CONTIENE:
DETALLES - PUENTE DE 14.00 m
DE LUZ - 6.00 m ANCHO DE
TABLERO
ESCALAS:
INDICADAS

FECHA:
FEBRERO DE 2020
ARCHIVO:
PLANOS 4-V02

PLANO No.
60 DE 127



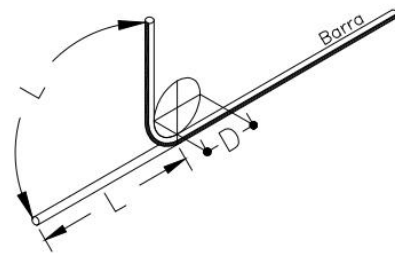
DIMENSIONES GENERALES

REFUERZO

SECCIÓN TÍPICA
ESCALA: 1:25

DETALLES GENERALES – REFUERZO LONGITUDINAL				
BARRA NO.	LONGITUD TRASLAPO (m)	L (m)	D (m)	PESO (kg/m)
2	0.37	0.11	0.04	0.25
3	0.54	0.16	0.06	0.56
4	0.72	0.22	0.08	0.99
5	0.90	0.28	0.10	1.56
6	1.09	0.33	0.12	2.24
7	1.58	0.39	0.13	3.05
8	1.81	0.44	0.15	3.98

GANCHO A 90°



PUENTES DE 6,00M DE ANCHO Y LUZ DE 5,00 A 9,00M																			
DIMENSIONES, (m)												REFUERZO					CANTIDADES		
H	h1	B	a	b	e1	e2	e3	h2	h3	h4	d	ZAPATA INFERIOR (1)	ZAPATA SUPERIOR (2)	VÁSTAGO (3)	VÁSTAGO (4)	ESPADAR (5)	CONCRETO (m³/m)	SOLADO (m³/m)	ACERO (Kg/m)
3.00	0.45	2.05	1.00	0.60	0.45	0.35	0.30	1.35	1.20	0.25	0.25	#5 @ 0.30	#5 @ 0.30	#5 @ 0.20	#5 @ 0.20	#5 @ 0.25	2.21	0.10	180.28
3.50	0.45	2.20	1.10	0.65	0.45	0.35	0.30	1.85	1.20	0.25	0.25	#5 @ 0.30	#5 @ 0.30	#5 @ 0.15	#5 @ 0.15	#5 @ 0.25	2.48	0.11	209.77
4.00	0.45	2.45	1.20	0.80	0.45	0.35	0.30	2.35	1.20	0.25	0.25	#5 @ 0.30	#5 @ 0.30	#5 @ 0.15	#5 @ 0.15	#5 @ 0.25	2.79	0.12	229.29
4.50	0.45	2.75	1.40	0.90	0.45	0.35	0.30	2.85	1.20	0.25	0.25	#5 @ 0.20	#5 @ 0.30	#6 @ 0.15	#5 @ 0.15	#5 @ 0.25	3.13	0.14	298.33
5.00	0.45	3.05	1.60	1.00	0.45	0.35	0.30	3.35	1.20	0.25	0.25	#6 @ 0.20	#5 @ 0.30	#7 @ 0.15	#6 @ 0.15	#5 @ 0.20	3.46	0.15	381.31
5.50	0.55	3.25	1.70	1.00	0.55	0.40	0.30	3.75	1.20	0.25	0.25	#6 @ 0.20	#5 @ 0.25	#7 @ 0.15	#6 @ 0.15	#5 @ 0.15	4.40	0.16	428.73

H+Llave de 0,80m	AMENAZA					
	0.13	0.17	0.20	0.22	0.25	0.30
3.00	X	X	X	X	X	
3.50	X	X	X	X		
4.00	X	X	X			
4.50	X	X				
5.00	X	X				
5.50	X	X				
6.00						

H+Llave de 0,80m	AMENAZA					
	0.13	0.17	0.20	0.22	0.25	0.30
3.00	X	X	X	X	X	X
3.50	X	X	X	X	X	X
4.00	X	X	X	X		
4.50	X	X	X			
5.00	X	X	X			
5.50	X	X				
6.00	X	X				

PUENTES DE 6,00M DE ANCHO Y LUZ DE 10,00 A 16,00M																			
DIMENSIONES, (m)												REFUERZO					CANTIDADES		
H	h1	B	a	b	e1	e2	e3	h2	h3	h4	d	ZAPATA INFERIOR (1)	ZAPATA SUPERIOR (2)	VÁSTAGO (3)	VÁSTAGO (4)	ESPALDAR (5)	CONCRETO (m³/m)	SOLADO (m³/m)	ACERO (Kg/m)
3.00	0.45	2.15	1.00	0.70	0.45	0.35	0.30	0.85	1.70	0.25	0.25	#5 @ 0.30	#5 @ 0.30	#6 @ 0.25	#5 @ 0.25	#6 @ 0.20	2.21	0.11	212.96
3.50	0.45	2.30	1.10	0.75	0.45	0.35	0.30	1.35	1.70	0.25	0.25	#5 @ 0.30	#5 @ 0.30	#6 @ 0.20	#5 @ 0.20	#6 @ 0.25	2.48	0.11	238.38
4.00	0.45	2.35	1.10	0.80	0.45	0.35	0.30	1.85	1.70	0.25	0.25	#5 @ 0.20	#5 @ 0.30	#6 @ 0.20	#5 @ 0.20	#6 @ 0.25	2.70	0.12	259.94
4.50	0.45	2.55	1.20	0.90	0.45	0.35	0.30	2.35	1.70	0.25	0.25	#5 @ 0.15	#5 @ 0.30	#6 @ 0.15	#5 @ 0.15	#6 @ 0.20	2.99	0.13	311.98
5.00	0.45	3.85	1.40	1.00	0.45	0.35	0.30	2.85	1.70	0.25	0.25	#6 @ 0.20	#5 @ 0.30	#7 @ 0.15	#6 @ 0.15	#6 @ 0.20	3.32	0.14	397.31
5.50	0.45	3.25	1.60	1.20	0.45	0.35	0.30	3.35	1.70	0.25	0.25	#6 @ 0.15	#5 @ 0.30	#8 @ 0.15	#6 @ 0.15	#6 @ 0.15	3.70	0.16	497.41
6.00	0.55	3.55	1.80	1.20	0.55	0.40	0.30	3.75	1.70	0.25	0.25	#6 @ 0.20	#5 @ 0.25	#8 @ 0.15	#6 @ 0.15	#6 @ 0.15	4.72	0.18	525.18

NOTAS

1. SE ASUMIÓ UN VALOR DE 100 kN/m² COMO CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO.
2. SE REQUIERE IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE DRENAJE EN EL VASTAGO DE LOS MUROS EN CONCRETO REFORZADO EN TUBERÍA DE PLÁSTICO DE 2", EN TRES BOLLIDO.
3. SE REQUIERE REALIZAR MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA RUTINARIA AL SISTEMA DE CONTENCIÓN.
4. NO SE PERMITEN SOLDADURAS EN EL ACERO DE REFUERZO.
5. SE DEBE GARANTIZAR COMO MÍNIMO LA LONGITUD DE TRASLAPO INDICADA EN LOS DETALLES.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

1. CONCRETO $f_c = 21 \text{ MPa}$ (3000 PSI, CLASE D)
2. ACERO CORRUGADO $f_y = 420 \text{ MPa}$ (60000 PSI)
3. TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN DADAS EN METROS.
4. RECUBRIMIENTO MÍNIMO = 0.075 m.

Presupuesto

FORMULARIO PRESUPUESTAL					
CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE EL CAÑO PARRADO CERCA AL PARQUE INFANTIL - VILLAVICENCIO, META					
Nº	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.0 PRELIMINARES					
1.1	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO ZONA RURAL ÁREA ABIERTA - CANCHAS DEPORTIVAS. INCLUYE EQUIPO AUTOMÁTICO DE PRECISIÓN, CARTERA Y PLANOS	m2	372.00	\$ 6,985.80	\$ 2,598,717.00
1.2	DESCAPOTE MECÁNICO H= 0.20 M	m3	261.90	\$ 28,373.51	\$ 7,431,022.00
Subtotal					\$ 10,029,739.00
2.0 EXCAVACIONES Y RELLENOS					
2.1	EXCAVACION MECANICA EN CONGLOMERADO INCLUYE CARGUE	m3	278.77	\$ 61,849.55	\$ 17,241,815.00
2.2	EXCAVACION MECANICA EN ROCA SIN DINAMITA INCLUYE CARGUE	m3	212.20	\$ 313,773.41	\$ 66,582,168.00
2.3	EXCAVACION MANUAL PARA CAISSON EN CONGLOMERADO H > 6.00 M INCLUYE CARGUE	m3	32.17	\$ 493,537.02	\$ 15,877,086.00
2.4	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL SELECCIONADO DE LA EXCAVACIÓN. COMPACTACIÓN MANUAL.	m3	184.80	\$ 76,887.56	\$ 14,208,821.00
2.5	RELLENO CON MATERIAL MIXTO DE RÍO SIN PROCESAR TAMAÑO MAX. 3" SUMINISTRO, EXTENDIDO, NIVELACIÓN, HUMEDECIMIENTO Y COMPACTACIÓN MECÁNICA CON EQUIPO PESADO.	m3	99.60	\$ 65,469.67	\$ 6,520,779.00
2.6	CONFORMACIÓN SUBRASANTE MEJORADA (INCLUYE: ESCARIFICAR, PERFILAR, CONFORMAR, RIEGO Y COMPACTACIÓN)	Km	2.00	\$ 4,346,423.01	\$ 8,692,846.00
2.7	CORTE Y DISPOSICIÓN MECÁNICA DE SUELO SIN CLASIFICAR (CON BULLDOZER)	m3	300.00	\$ 30,243.28	\$ 9,072,984.00
2.8	CORTE Y DISPOSICIÓN MECÁNICA DE SUELO SIN CLASIFICAR (CON RETROEXCAVADORA SOBRE ORUGAS)	m3	300.00	\$ 31,427.93	\$ 9,428,379.00
2.9	GEODRÉN PLANAR 1.0M 1 MTS ANCHO 50MTS LARGO	mL	60.00	\$ 77,361.91	\$ 4,641,715.00
Subtotal					\$ 152,266,593.00
3.0 SOBRECARREROS, RETIROS					
3.1	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR	m3/Km	\$ 12,948.00	\$ 1,879.85	\$ 24,340,298.00
Subtotal					\$ 24,340,298.00
4.0 CONCRETOS					
4.1	SOLADO, LIMPIEZA EN CONCRETO 13.8 MPa (2000 PSI)	m3	3.10	\$ 1,030,158.39	\$ 3,193,491.00
4.3	ESTRIBOS EN CONCRETO 20.7 MPa (3000 PSI) SUMINISTRO Y CONSTRUCCIÓN	m3	77.18	\$ 2,221,369.48	\$ 171,445,296.00
4.4	PLACAS DE ACCESO EN CONCRETO 20.7 MPa (3000 PSI) SUMINISTRO Y CONSTRUCCIÓN	m3	17.42	\$ 1,511,697.29	\$ 26,333,767.00
4.5	TABLERO EN CONCRETO 27.6 MPa (4000 PSI) SUMINISTRO Y CONSTRUCCIÓN	m3	115.05	\$ 2,398,267.85	\$ 275,920,716.00
4.6	IAJE DE VIGA METALICA	DIA	45.00	\$ 2,621,524.74	\$ 117,968,613.00
Subtotal					\$ 594,861,883.00

5.0 ACERO DE REFUERZO, ELEMENTOS DE CONEXIÓN					
5.1	ACERO DE REFUERZO FY=4200 MPa (4200 KG/CM2, G60) INCLUYE SUMINISTRO, FIGURADO, ARMADO, COLOCACIÓN Y AMARRE.	Kg	25,891.00	\$ 13,675.18	\$ 354,064,189.00
5.2	ACERO ESTRUCTURAL TIPO ASTM A588 INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN	Kg	80,666.00	\$ 42,750.24	\$ 3,448,490,860.00
5.3	APOYO ELASTOMÉRICO EN NEOPRENO 60X45X6 CM DUREZA 60 INCLUYE 4 LAMINAS METALICAS REFUERZO 1/8". SUMINISTRO E INSTALACIÓN	UN	4.00	\$ 2,465,759.16	\$ 9,863,037.00
5.4	JUNTA DE DILATACION TIPO ELASTOMERICA160 SUMINISTRO E INSTALACIÓN	mL	13.00	\$ 4,228,874.09	\$ 54,975,363.00
5.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN BARANDA METALICA EN 4 TUBOS DE 2" Y PLATINA 1/8" CADA 0.12M	mL	140.00	\$ 498,457.68	\$ 69,784,075.00
Subtotal					\$ 3,937,177,524.00
6.0 SEÑALIZACION					
6.1	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA (SP) CUADRADO DE 60 X 60 CM CON PARAL EN ANGULO 2"X2" DE 1/4". SUMINISTRO E INSTALACIÓN.	UN	4.00	\$ 496,421.28	\$ 1,985,685.00
6.2	SEÑAL VERTICAL REGLAMENTARIA (SR) CIRCULO Ø 60 CM CON PARAL EN ANGULO 2"X2" DE 1/4" SUMINISTRO E INSTALACIÓN.	UN	4.00	\$ 496,421.28	\$ 1,985,685.00
Subtotal					\$ 3,971,370.00
SUBTOTAL OBRAS					\$ 4,722,647,407.00

SUBTOTAL OBRAS (INCLUYE IVA)					\$ 4,722,647,407.00
PRESUPUESTO PLAN DE BIOSEGURIDAD	UN	1	\$ 22,482,000	\$ 22,482,000.00	
PRESUPUESTO PLAN ADAPTACION A LA GUIA AMBIENTAL.	UN	1	\$ 111,909,600	\$ 111,909,600.00	
PRESUPUESTO LICENCIA, PERMISOS Y AUTORIZACION AMBIENTAL	UN	1	\$ 64,009,600	\$ 64,009,600.00	
VALOR TOTAL					\$ 4,921,048,607.00

NOTA 1: Se debe tener en cuenta que el PRECIO UNITARIO incluye el valor de A.I.U.	DESCRIPCION		PORCENTAJE
NOTA 2: Cuando la fracción decimal del peso sea igual o superior a 5 se aproximará por exceso al número entero siguiente del peso y cuando la fracción decimal del peso sea inferior a 5 se aproximará por defecto	ADMINISTRACIÓN	A=	26%
NOTA 3: El A.I.U y su discriminación deben estar en porcentaje (%).	IMPREVISTO	I=	1%
	UTILIDAD	U=	4%
	TOTAL A.I.U	A.I.U.=	31%

Programación de la alternativa

TAREA	INICIO	FIN
PROGRAMACION		
Licencias, permisos y licitación	8-6-23	9-7-23
PRELIMINARES		
Localización, Trazado y replanteo topográfico área abierta. Incluye equipo automático de precisión, cartera y planos.	10-7-23	31-7-23
Descapote mecánico h=0.20m	1-8-23	22-8-23
EXCAVACIONES Y RELLENOS		
Excavación mecánica en conglomerado incluye cargue	23-8-23	12-9-23
Excavación mecánica en roca sin dinamita incluye cargue	13-9-23	17-9-23
Excavación manual para estribos h=1.00m, incluye cargue	18-9-23	23-9-23
Relleno para estructura con material seleccionado de la excavación. Compactación manual.	24-9-23	28-9-23
Relleno con material mixto del rio sin procesar tamaño más 3" suministro, extendido, nivelación, humedecimiento y compactación mecánica con equipo pesado.	18-9-23	22-9-23
Conformación subrasante mejorada (incluye: escarificar, perfilar, conformar, riego y compactación)	23-9-23	22-11-23
Corte y disposición mecánica del suelo sin clasificar (con bulldozer)	23-11-23	22-1-24
Corte y disposición mecánica del suelo sin clasificar (con retroexcavadora sobre orugas)	23-1-24	23-3-24
Geo dren planar 1.0x50m	24-3-24	3-4-24

TAREA	INICIO	FIN
SOBREACARREOS, RETIROS		
Transporte de material granular	4-4-24	4-5-24
CONCRETOS		
Solado de limpieza en concreto de 13.8MPa (2000psi)	5-5-24	15-5-24
Construcción de fuste del estribo en concreto de 5000psi - (35MPa) profundidad de 1m, incluye acero de refuerzo	16-5-24	5-7-24
Estribos en concreto 28MPa (5000psi) suministro y construcción	6-7-24	25-8-24
Placa de acceso en concreto de 28MPa (4000psi) suministro y construcción	26-8-24	25-9-24
Tablero en concreto de 28 MPa (4000psi) suministro y construcción	26-9-24	25-12-24
Izaje de viga metálica	26-12-24	26-3-25
ACERO ESTRUCTURAL		
Acero estructural de refuerzo $f_y=4200$ MPa Gr.60, incluye suministro, figurado, armado, armado, colocación y amarre.	27-3-25	25-7-25
Acero estructural tipo ASTM A588 incluye suministro e instalación	26-7-25	25-8-25
Apoyo elastomérico en neopreno 60X45X6 cm dureza 60 incluye 4 láminas metálicas refuerzo 1/8". Suministro e instalación.	26-8-25	6-9-25
Junta de dilatación tipo elastomérico 160 suministro e instalación.	7-9-25	17-9-25
Suministro e instalación baranda metálica en 4 tubos de 2" y platina 1/8" cada 0.12m	18-9-25	26-9-25

Registro Fotográfico

Figura 37.

Separación en la carpeta asfáltica sobre el tablero del puente



Figura 38.

Movilización de tierra en el estribo hacia la Glorieta de La Grama



Figura 39.

Perdida de la vía al lado del puente que conduce a la Glorieta de La Grama



Figura 40.

Socavación de la vía y pérdida de la carpeta asfáltica ubicado cerca del estribo que esta orientado al norte de la ciudad



Figura 41.

Presencia de material orgánico en los peraltes de las vigas de la superestructura del puente Caño Parrado



Figura 42.

Suciedad y presencia de vegetación en el estribo hacia La Glorieta La Grama, también se observa fragmentación en el estribo.



Figura 43.

Estructura de soporte para oleoducto incrustado en el estribo hacia la Glorieta La Grama, sentido norte sur por el costado izquierdo de la calzada, cerca al Estribo hacia La Glorieta de la Grama

**Figura 44.**

Estructura de soporte para oleoducto incrustado en el estribo hacia la Glorieta La Grama, sentido norte sur por el costado izquierdo de la calzada, cerca al Estribo hacia El Parque Infantil



Figura 45.

Peralte del tablero a la vista luego de la perdida de material de relleno sobre el estribo hacia La Glorieta de La Grama



Figura 46.

Porción del muro ala colapsado en el costado sobre el estribo hacia el Parque Infantil



Figura 47.

Riesgo de colapso del muro de contención adjunto al puente



Figura 48.

Adoquines desprendidos en el bordillo para el paso de peatones



Figura 49.

Ensayo de detección del refuerzo en tablero del puente



Figura 50.

Ensayo de detección del refuerzo en tablero del puente



Figura 51.

*Desprendimiento de acabados en una vivienda sobre el relleno que contiene el estribo
cerca al Parque Infantil*

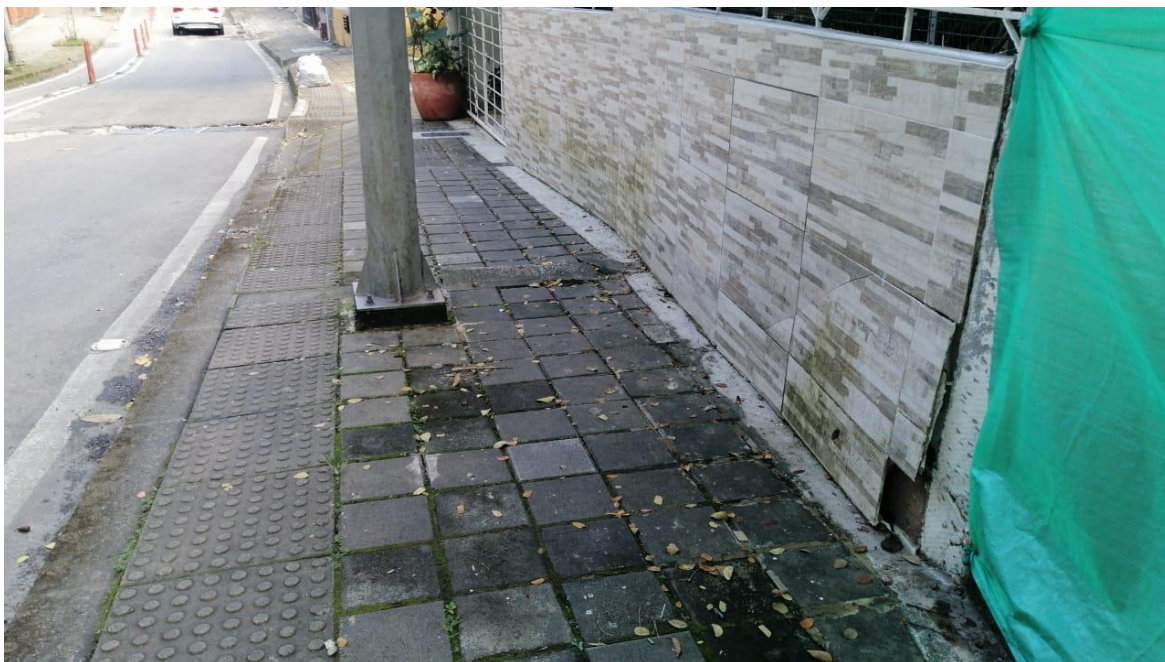


Figura 52.

Fisuración del pavimento debido al movimiento de la banca debido al movimiento



Figura 53.

Ensayo de esclerometría sobre los elementos del puente

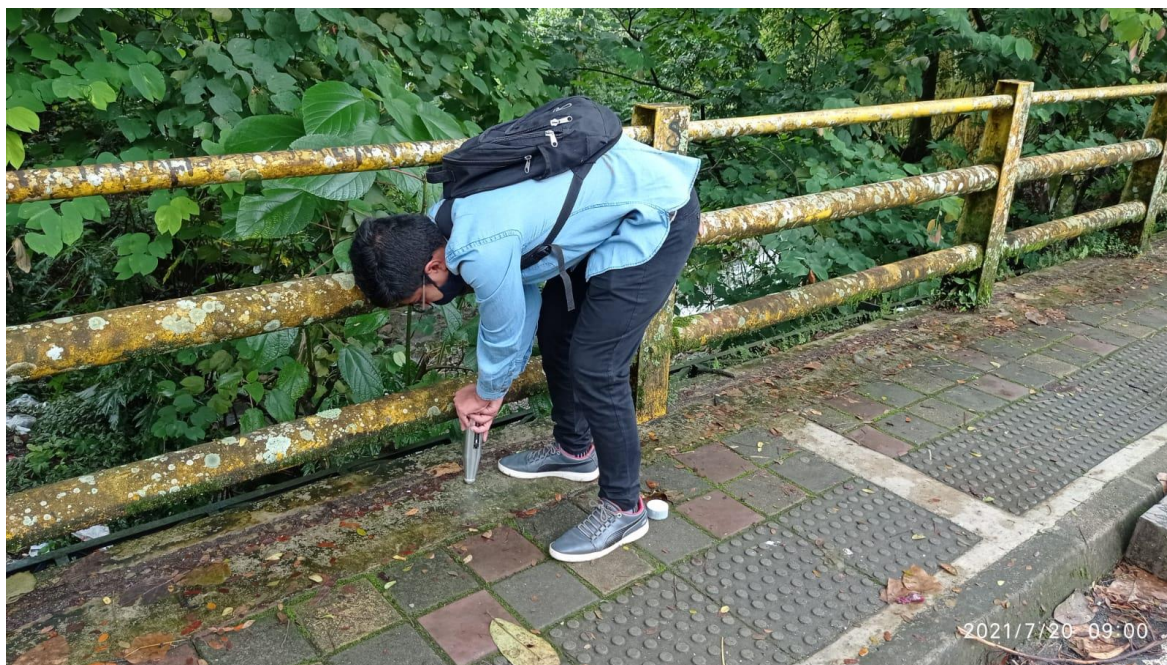


Figura 54.

Presencia de filtraciones de agua que pasan a través del estribo que cercano a la Glorieta de La Grama



Figura 55.

Vista lateral del puente que cruza el Caño Parrado



Figura 56.

Socavación de las zarpas del muro de contención y estribo del puente

