

**ESTUDIO PATOLÓGICO Y DE METODOLOGÍA DE LA INTERVENCIÓN DEL  
PUENTE CENTENARIO  
(Neiva – Huila)**

**Arq. MARÍA XIMENA VARGAS GUTIÉRREZ  
Ing. SURY ANDREA HERNÁNDEZ GUTIÉRREZ  
Ing. FREDDY HUÉRFANO LEMUS**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Patólogos de la Construcción**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
DECANATURA DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN  
BOGOTÁ, D.C.**

**2020**

## **Contenido**

Resumen.....	1
Palabras clave.....	2
Introducción .....	3
Preliminares.....	4
1.    Justificación.....	4
2.    Objetivos.....	5
2.1.    Objetivo general.....	5
2.2.    Objetivos específicos .....	5
3.    Metodología.....	5
3.1.    Fases metodológicas .....	6
4.    Alcance .....	6
4.1.    Población beneficiada .....	6
5.    Historia clínica.....	8
5.1.    Datos específicos del estudio .....	8
5.2.    Información del paciente.....	9
5.3.    Información específica del paciente.....	17
6.    Estudio de vulnerabilidad .....	24
6.1.    Evaluación de cargas.....	24
6.2.    Resultados estudio de vulnerabilidad.....	26
7.    Ensayos no destructivos realizados a la estructura del puente .....	28
7.1.    Generalidades:.....	28
7.2.    Ensayos no destructivos realizados al puente Centenario.....	28

8.	Propuesta de intervención.....	46
8.1.	Tipo de ánodo y composición.....	48
8.2.	Intervención de fisuras de la estructura metálica del puente Centenario.....	48
8.3.	Intervención de corrosión del acero.....	50
8.4.	Intervención juntas de dilatación del acero.....	50
8.5.	Intervención por socavación en estribos del puente .....	51
8.6.	Medidas hidráulicas para protección de puentes .....	52
8.7.	Medidas de solución que adoptamos para nuestro puente Centenario .....	52
9.	Conclusiones.....	53
10.	Bibliografía.....	55
	Anexos.....	56

### **Lista de Figuras**

Figura 1. Barrios contexto inmediato.....	7
Figura 2. Triangulación de comunas afectadas.....	7
Figura 3. Fotografía puente Centenario años 50'. .....	9
Figura 4. Mapa Colombia. ....	10
Figura 5. Imagen satelital ciudad de Neiva.....	10
Figura 6. Ubicación acercada del puente Centenario.....	11
Figura 7. Descripción gráfica entorno.....	12
Figura 8. Promedio de temperatura en Neiva.....	13
Figura 9. Promedio de precipitación anual. ....	14
Figura 10. Cuenca hídrica del río Las Ceibas. ....	15
Figura 11. Puente y canalización desde carrera 5 hacia el norte.....	16
Figura 12. Canalización río Las Ceibas desde el puente Centenario. ....	16
Figura 13. Puente Centenario carrera 5.....	17
Figura 14. Puente Centenario visual desde el borde del río Las Ceibas. ....	18
Figura 15. Barandal del puente con presencia de corrosión.....	19
Figura 16. Crecimiento de organismo vegetal (eflorescencia) en componentes del puente. ...	19
Figura 17. Desfase, desgaste y despique en juntas y dilataciones del puente.....	20
Figura 18. Plano de planta puente Centenario carrera 5 Neiva-Huila.....	21
Figura 19. Plano alzado oeste puente Centenario carrera 5 Neiva-Huila.....	21
Figura 20. Plano de alzados este puente Centenario carrera 5 Neiva-Huila .....	21
Figura 21. Alzado ubicación zapata y pilote. Fuente propia.....	22
Figura 22. Cargas vivas y cargas permanentes código de puentes 2014. ....	24
Figura 23. Cargas vivas y cargas permanentes código de puentes 2014. ....	25
Figura 24. Esclerómetro digital – última tecnología. - Fuente propia .....	29
Figura 25. Partes del esclerómetro digital – última tecnología.....	29
Figura 26. Registro ensayo de esclerometría. – Fuente propia .....	31
Figura 27. Esquema ensayos realizados.....	31

Figura 28. Resultados de esclerometría punto 6. ....	33
Figura 29. Resultados de esclerometría punto 1. ....	34
Figura 30. Resultados de esclerometría punto 2. ....	34
Figura 31. Resultados de esclerometría punto 3. ....	34
Figura 32. Resultados de esclerometría punto 4. ....	34
Figura 33. Resultados de esclerometría punto 5. ....	35
Figura 34. Resultados de esclerometría punto 6. ....	35
Figura 35. Evidencias ensayo de carbonatación. ....	36
Figura 36. Resultados toma de lecturas con termohigrómetro.....	38
Figura 37. Resultados toma de lecturas con termohigrómetro a vigas metálicas. ....	38
Figura 38. Evidencia ensayo tintas penetrantes. ....	40
Figura 39. Resultado ensayo tintas penetrantes. ....	41
Figura 40. Celda de corrosión de una barra de acero embebida en el concreto. ....	42
Figura 41. Ensayo 1, estribo puente potencial de corrosión. ....	43
Figura 42. Ensayo 2, estribo puente potencial de corrosión. ....	44
Figura 43. Ensayo 3, estribo puente potencial de corrosión. ....	44
Figura 44. Esquema de corrosión.....	47
Figura 45. Reparación de fisuras.....	49
Figura 46. Reparación por la acción de la corrosión.....	50
Figura 47. Imagen de estribos socavados del paciente.....	52

### **Lista de Tablas**

Tabla 1. Resultados esclerometría puente Centenario - estribos.....	32
Tabla 2. Resultados esclerometría puente Centenario - bordillos.....	33
Tabla 3. Resultados obtenidos ensayo de carbonatación .....	37
Tabla 4. Tabla de comparación potencial de corrosión (ASTM c876) .....	45
Tabla 5. Tabla de comparación de resultados de potencial de corrosión (ASTM c876) .....	46
Tabla 6. Tabla composición ánodos de sacrificio .....	48
Tabla 7: Medidas de protección ante socavación.....	51
Tabla 8. Ficha #1 barandal .....	64
Tabla 9. Ficha #2 tablero de circulación peatonal.....	65
Tabla 10. Ficha #3 plataforma .....	66
Tabla 11. Ficha #4 Pernos de Anclaje.....	67
Tabla 12. Ficha #5 Plataforma .....	68
Tabla 13. Ficha #6 Tablero de Circulación.....	69
Tabla 14. Ficha #7 Tablero de Circulación Peatonal .....	70

**Lista de Anexos**

<b>Anexo A. Presupuesto Intervención .....</b>	<b>56</b>
<b>Anexo B. Programación de servicio. Plan detallado de trabajo. ....</b>	<b>57</b>
<b>Anexo C. Evaluación de vulnerabilidad sísmica. ....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo D. Fichas.....</b>	<b>64</b>

## **Resumen**

En el presente documento integral de grado se tiene como objetivo desarrollar el estudio patológico del paciente Puente Centenario, ícono de la ciudad de Neiva – Huila, donde se llevarán a cabo distintos ensayos y la respectiva modelación para determinar la vulnerabilidad sísmica de dicho paciente aplicando la Norma Colombiana de Diseño de Puentes y así confirmar su correcta funcionabilidad y estabilidad, concluyendo una pertinente intervención en pro de conservar el servicio que presta a la ciudad.

**Palabras clave**

Estudio patológico – diagnóstico – puente – centenario – vulnerabilidad sísmica – ensayo – prueba – resultado – normas – resistencia – Neiva – Huila – paciente – registro – propuesta – intervención – metodología – sismoresistencia – mantenimiento – oxidación – carbonatación – grietas – fisuras – estabilidad.

## **Introducción**

El presente trabajo tiene como fin el estudio patológico del Puente Centenario, localizado en la ciudad de Neiva, departamento del Huila, más exactamente en el norte de la ciudad sobre carrera quinta en el barrio Sevilla. Generalizando, su tipología corresponde a una estructura metálica tipo Pratt de forma rectangular, tipología X's' y cerchas estructurales entrelapadas. Particularmente, este puente posee una importancia estratégica para la ciudad de Neiva y el desarrollo de la misma, ya que fue el primer puente construido en la ciudad hace más de 80 años, en la comuna tres "Entre ríos". Siendo así, la primera entrada a la ciudad de Neiva, por el norte del país.

En primer lugar, la etapa de diagnóstico permitió evaluar cada uno de los elementos que componen el paciente con el fin de identificar las patologías presentes y plantear el tipo de intervención correspondiente a la tipología de la construcción. Además, con la intención de preservar la importancia que el paciente representa en el territorio. Más aún, cuando actualmente se encuentra en servicio a pesar de sus patologías.

Según datos públicos por parte de la alcaldía, la construcción del puente Centenario sobre el río Las Ceibas se dio en el año 1910. Desde aquel entonces, las constantes inclemencias del clima y el crecimiento demográfico de la ciudad desbordaron las capacidades del paciente obligándose a cambiar su morfología y algunos materiales generando fatiga y sobrecarga en elementos estructurales y no estructurales del mismo.

## **Preliminares**

### **1. Justificación**

El puente Centenario, ha estado en funcionamiento o servicio por más de setenta años, a finales del siglo pasado su construcción representó la dinámica comercial de la ciudad en aquella época permitiendo el acceso de mercancía de todo tipo al centro de la ciudad, desde el norte y centro del país. Décadas más tarde, serviría para el acceso desde el aeropuerto Benito Salas. Actualmente, el puente Centenario sigue en servicio y es sumamente importante para la población que habitan los barrios colindantes al río Las Ceibas.

Sin embargo, a pesar de la elevada dinámica vehicular y peatonal que a diario transita por el puente. El Estado no se ha preocupado por implementar un programa de mantenimiento y conservación del puente. Adicionalmente, el paciente ni siquiera presenta su registro y proceso en los entes gubernamentales. Por lo tanto, el paciente ha sufrido un alto grado de deterioro por abandono arriesgando así, tanto su integridad como la comunidad.

Por otra parte, la construcción de nuevos puentes en concreto como el de la séptima y la segunda. Aplacaron en su tiempo la congestión y fluidez vehicular por el puente Centenario. Hecho, que de cierta forma aportó al desinterés y posible atención del paciente. Sin embargo, las aceleradas dinámicas de crecimiento urbano y el crecimiento demográfico de la ciudad han incrementado notablemente el uso del puente. Esta situación requiere atención inmediata.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Realizar un estudio patológico del puente Centenario de la carrera quinta, localizado en el centro de la ciudad de Neiva y plantear alternativas de intervención para garantizar el mejoramiento y la durabilidad del paciente.

### **2.2. Objetivos específicos**

- a. Identificar los elementos que componen al paciente y las lesiones que presenta.
- b. Determinar las causas de las diferentes lesiones presentes en el paciente.
- c. Afianzar conocimientos respecto a las lesiones presentes en el paciente y sus posibles respuestas.
- d. Definir el tipo de intervención conveniente para el mejoramiento y conservación del puente Centenario de la ciudad de Neiva.
- e. Diseñar una propuesta de intervención.

## **3. Metodología**

El método usado para el desarrollo del presente trabajo corresponde a un análisis a través de fuentes bibliográficas, informes, recuperación de archivos históricos departamentales, especificaciones técnicas de puentes con las características similares al de estudio. Posteriormente se realizaron visitas de campo en el que mediante la observación se identificaron las patologías en el puente Centenario. Finalmente se establece el diagnóstico y las posibles recomendaciones para subsanar las patologías.

### **3.1. Fases metodológicas**

Como fase inicial para la elaboración de este proyecto se llevó a cabo la elección de una estructura metálica la cual evidencia la presencia de lesiones en el mismo y la necesidad de intervención.

Teniendo en cuenta esta primera fase se realizó una visita de campo en la cual se procedió a hacer un levantamiento detallado, e inventario de las lesiones evidenciadas, también el flujo de carga viva y el comportamiento de la misma. En la visita se obtuvieron registros fotográficos y la localización puntual de las lesiones.

Como segunda fase se realizó una búsqueda de bibliografía histórica y normativa del puente Centenario. En el cual evidenciamos unas características desde el inicio de su obra que es aproximadamente de 100 años, también sus modificaciones en la estructura y el deterioro a través del tiempo.

Seguido del diagnóstico, en la tercera fase se realiza la formulación de posibles intervenciones convenientes teniendo en cuenta la importancia como memoria histórica y como uso funcional del mismo.

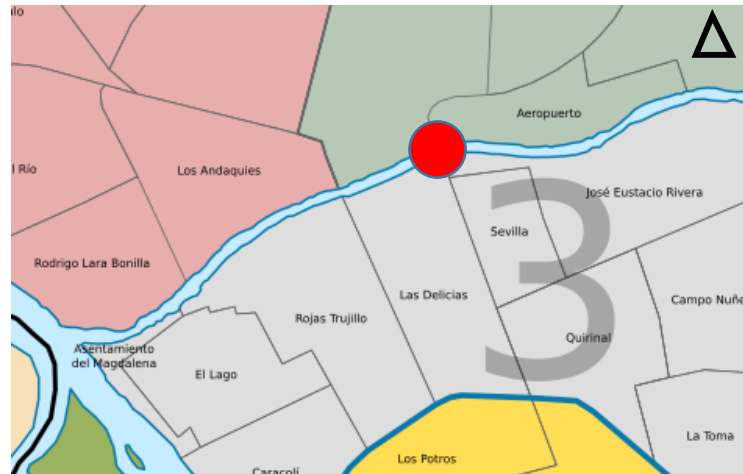
## **4. Alcance**

Las variables analizadas para el desarrollo del proyecto son: el transcurso en el tiempo que el paciente ha tenido y sus cambios a través de él. También, las lesiones que ha presentado tras sus modificaciones, causas y alternativas de mejoramiento para la durabilidad y estabilidad de la estructura.

### **4.1. Población beneficiada**

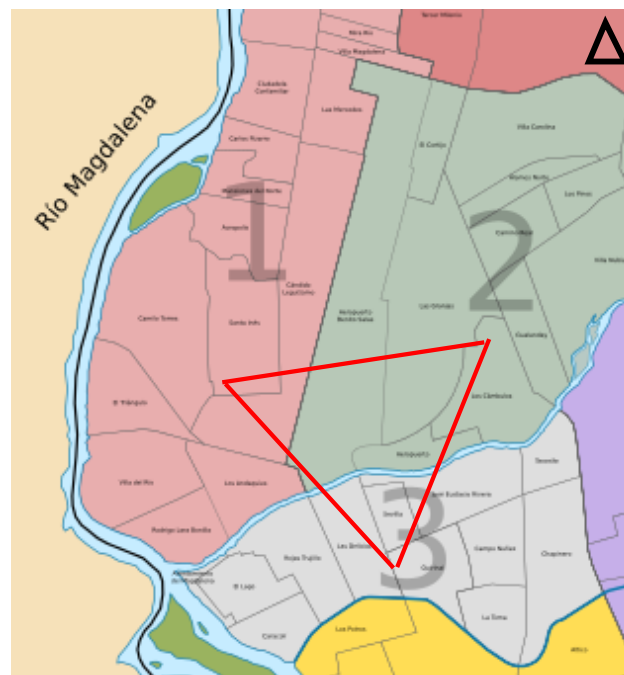
Inicialmente la intervención del paciente beneficia en diferentes escalas a la población de la ciudad de Neiva. Inicialmente la población inmediata se conforma por tres barrios entre la comuna

3, según como se muestra en la Figura 1, de la ciudad. Exactamente los barrios Sevilla, José Eustasio Rivera, y el aeropuerto.



*Figura 1.* Barrios contexto inmediato.  
[alcaldiadeneiva.gov.co](http://alcaldiadeneiva.gov.co)

Por otro lado, a nivel comunal la intervención del puente Centenario afectaría a la comuna 1, 2 y 3 ilustradas en la Figura 2, pertenecientes al área de triangulación inmediata del paciente.



*Figura 2.* Triangulación de comunas afectadas.  
[alcaldiadeneiva.gov.co](http://alcaldiadeneiva.gov.co)

Finalmente, la importancia del puente Centenario en términos de movilidad por su instrumento como conector del norte y sur de la ciudad de Neiva implica que la intervención genera un impacto positivo para la ciudad en general por lo tanto la población afectada es 347.501 habitantes.

## **5. Historia clínica**

### **5.1. Datos específicos del estudio**

#### **5.1.1. Responsables del estudio.**

Las personas responsables de llevar a cabo el presente estudio son, la arquitecta María Ximena Vargas Gutiérrez, la ingeniera civil Sury Andrea Hernández Gutiérrez y el ingeniero civil Freddy Huérfano Lemus con la autorización de la Secretaría de Infraestructura Municipal, quien tiene a cargo la supervisión del puente, para realizar los estudios patológicos del puente Centenario con el fin de lograr la intervención. Por su parte, la Universidad Santo Tomás acompañó con el asesoramiento del estudio.

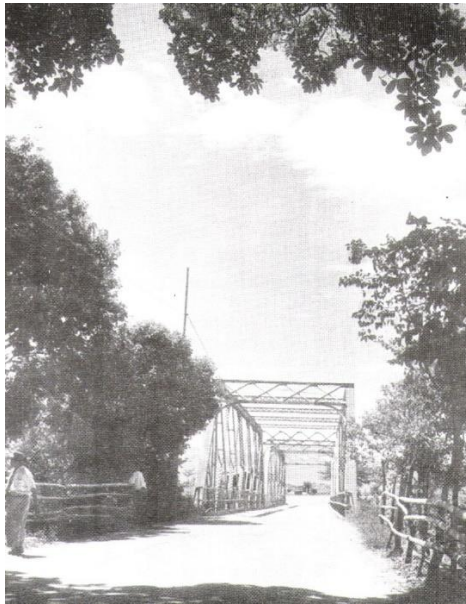
#### **5.1.2. Fecha de realización del estudio.**

- Primera visita al puente Centenario: 17 de septiembre de 2018 / hora 4:00 p.m.
- Segunda visita al puente Centenario: 4 de septiembre de 2018 / hora 10:00 a.m.
- Tercera visita al puente Centenario: 3 de marzo de 2019 / hora 4:00 p.m.
- Cuarta visita al puente Centenario: 31 de marzo de 2019 / hora 8:00 a.m.

## **5.2. Información del paciente**

### **5.2.1. Nombre del paciente.**

Puente Centenario de Neiva, Huila.



*Figura 3.* Fotografía puente Centenario años 50'.  
Fuente Archivo Familia Gutiérrez Estrada.

### **5.2.2. Fecha de construcción.**

El puente Centenario se inauguró en 1910 sobre el río Las Ceibas, al norte del sector urbano de Neiva, el cual tuvo un costo de \$ 12.582,00. Antes de este puente metálico se había construido otro puente de mampostería por los ingenieros y generales Napoleón y Pedro Rivera, personajes de la época.

### 5.2.3. Localización.



Figura 4. Mapa Colombia.  
Fuente meteoneews.co

El puente Centenario localizado en el departamento del Huila que está dividido en 37 municipios con capital en Neiva.

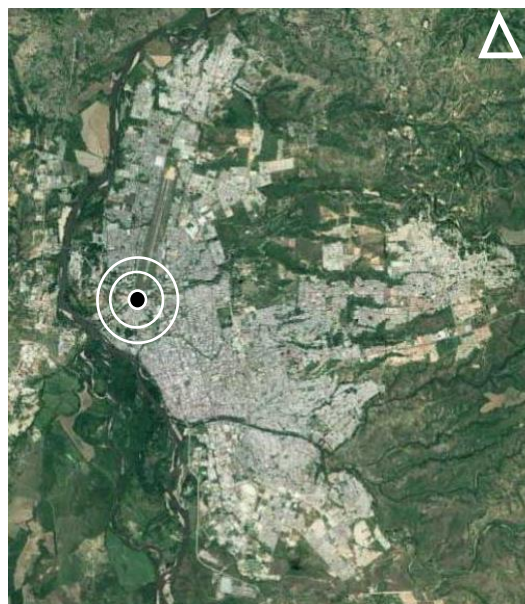


Figura 5. Imagen satelital ciudad de Neiva.  
Fuente meteoneew.co

El puente Centenario se ubica sobre el río Las Ceibas que comunica gran parte de la ciudad, éste se encuentra sobre la comuna dos y tres. Estos dos elementos predominantes, uno natural el río y otro artificial el puente, son las barreras que dividen estas dos comunas.



*Figura 6.* Ubicación acercada del puente Centenario.

Fuente [meteonews.co](http://meteonews.co)

La zona en la cual se encuentra ubicado el puente y objeto de estudio tuvo en su momento gran importancia ya que este era el ingreso a la ciudad desde el norte del país. Al día de hoy es de alto tráfico ya que la ciudad se encuentra dividida por el río y este es uno de los efectivos pasos.

#### **5.2.4. Uso actual.**

El uso actual del puente metálico Centenario es el paso vehicular con doble sentido, con un puente peatonal al anexo al costado del puente. Este es un eje vial importante de la ciudad ya que comunica en sentido norte - sur la ciudad por medio de la carrera quinta. El uso peatonal es de menor flujo por dos variables. Primero, el estado físico del puente que genera desconfianza, ya que su tablero de paso se encuentra corroído por el óxido y algunas piezas no están completas; y segundo porque la zona cuenta con problemas de seguridad, dada la ubicación sobre el río, entorno

de personas habitantes de calle que arman su cambucha justo debajo de esta estructura, como se pudo evidenciar en los recorridos que se realizaron no es una zona segura, ni de fácil acceso.

### 5.2.5. Entorno.

En momento de realizar el reconocimiento al entorno del puente Centenario o paciente, se localizó que tiene a su costado izquierdo un antiguo molino que se encuentra en estado de abandono. Este posee una trascendencia histórica al igual que el puente. Al costado derecho en sentido sur - norte se encuentran unos asentamientos informales los cuales se ubican sobre la ronda del río Las Ceibas. Pasando el paciente al costado izquierdo se encuentra una estación de servicio y al costado derecho con una zona comercial.



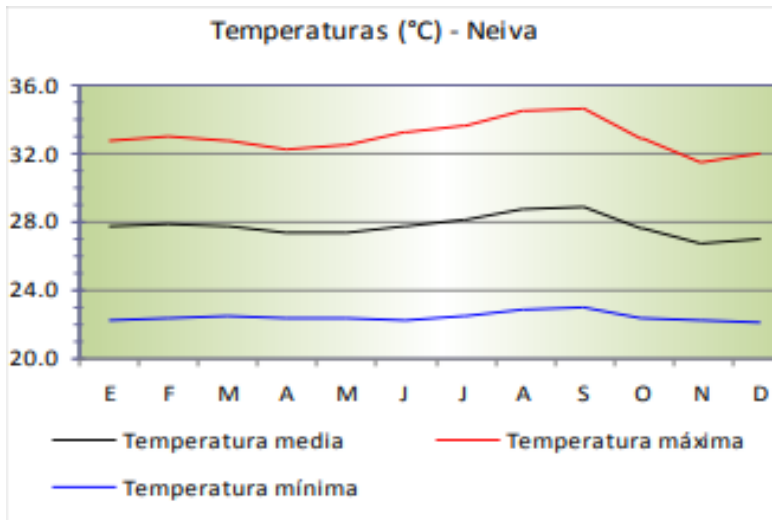
Figura 7. Descripción gráfica entorno.

Fuente meteonews.co

### 5.2.6. Factores medio ambientales.

La temperatura promedio de la ciudad de Neiva es de 27°C. Al medio día la temperatura máxima media oscila entre 32 y 35°C. En la madrugada la temperatura mínima está entre 22 y 23°C. El sol brilla cerca de 5 horas diarias en los meses lluviosos; en los meses secos, la insolación llega a 6

horas diarias/día. Según reporte del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).



*Figura 8.* Promedio de temperatura en Neiva  
 Fuente IDEAM 2012.

Según el IDEAM, el promedio de lluvia total anual es de 1.346 mm. Durante el año las lluvias se distribuyen en dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas. Los meses de junio, julio y agosto, son los más secos del año. Las temporadas de lluvia se extienden desde febrero hasta finales de abril y de octubre a diciembre. A principios de año se presenta una disminución de lluvias en enero, tras lo cual, nuevamente comienzan a incrementarse. En los meses secos de mediados de año, llueve entre 6 y 10 días/mes; en los meses de mayores lluvias puede llover de 15 a 17 días/mes.

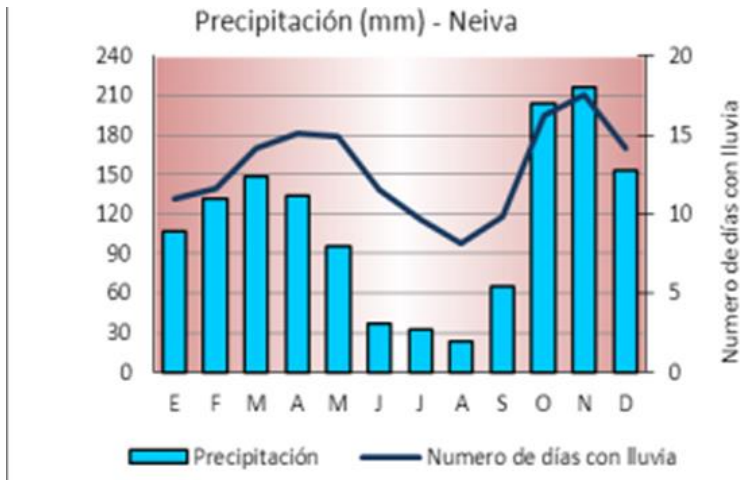


Figura 9. Promedio de precipitación anual.  
Fuente IDEAM 2012.

El río Las Ceibas, donde se ubica el paciente es la principal fuente hídrica de la ciudad de Neiva. De ella se abastece el acueducto municipal; su cauce principal nace en el cerro Santa Rosalía. La cuenca alcanza una altura máxima de 3.150 msnm y la cota más baja está a una altura de 430 msnm que coincide con el área urbana en la comuna 10, la comuna 5, la comuna 3, la comuna 2 en donde se ubica el puente Centenario y la comuna 1.



*Figura 10.* Cuenca hídrica del río Las Ceibas.  
Fuente [alcaldiadenieva.gov.co](http://alcaldiadenieva.gov.co)

Esta fuente hídrica de la ciudad está siendo canalizada para mitigar sus efectos de inundación y mejorar el entorno público urbano. El desarrollo de esta obra se encuentra en construcción en la zona de estudio del paciente. Con la canalización del río Las Ceibas el nivel de caudal ha mermado. Esto ha permitido el crecimiento de especies vegetales que se encuentran debajo del puente metálico. Estas condiciones medio ambientales, como mencionaremos a la hora del diagnóstico, han causado unos impactos sobre las estructuras del puente.



*Figura 11.* Puente y canalización desde carrera 5 hacia el norte.  
Fuente propia



*Figura 12.* Canalización río Las Ceibas desde el puente Centenario.  
Fuente propia

### **5.3. Información específica del paciente**

#### **5.3.1. Descripción del paciente.**

El puente Centenario objeto del presente estudio, corresponde a uno de los puentes más antiguos de la ciudad de Neiva construido en el año 1910.

El puente presenta una estructura metálica, tipo Pratt de forma rectangular, tipología X's' y cerchas estructurales entrelapadas permitiendo el paso vehicular con un sendero peatonal anexo al costado Este. Su estructura metálica presenta deterioro por el paso de tiempo y falta de mantenimiento, al igual que oxidación en las piezas y deterioro en el concreto del tablero de circulación. Las pilas se ven en buen estado, aunque tienen presencia de materia orgánica en ciertas áreas.

El puente Centenario presenta una longitud total de 83 metros lineales compuesto por dos luces internas de 41,5 metros lineales. El puente está suspendido de tres torres de hierro que se apoyan sobre sendos estribos de mampostería y concreto.



*Figura 13.* Puente Centenario carrera 5.  
Fuente propia



*Figura 14.* Puente Centenario visual desde el borde del río Las Ceibas.  
Fuente propia

### **5.3.2. Diagnóstico preliminar del estado de la estructura.**

Evaluando las lesiones encontradas en el paciente, se logró observar que la estructura metálica presenta deterioro por el paso de tiempo y falta de mantenimiento al igual que oxidación en las piezas y deterioro en el concreto del tablero de circulación. Las pilas se ven en buen estado, aunque tienen presencia de materia orgánica en ciertas áreas.

Por otra parte, se evidencia lesiones como la oxidación y corrosión de las estructuras. La lámina en acero del tablero de circulación en el puente peatonal está corroída y desprendida del ángulo de soporte. Las barandas metálicas están oxidadas y algunas piezas estructurales están fracturadas. Existen también patologías biológicas con la presencia de organismos vegetales; juntas deterioradas y fisuradas; y la presencia de impactos en las barandas y la estructura en general.



*Figura 15.* Barandal del puente con presencia de corrosión.  
Fuente propia



*Figura 16.* Crecimiento de organismo vegetal (eflorescencia) en componentes del puente.  
Fuente propia



*Figura 17.* Desfase, desgaste y despique en juntas y dilataciones del puente.

Fuente propia

### **5.3.3. Levantamiento de la estructura: áreas, planos existentes.**

Durante la inspección inicial del paciente se llevó a cabo el levantamiento de la planimetría del puente siendo consecuente con la falta de información existente en los entes gubernamentales de registro y planeación. Mediante el uso de herramientas especializadas como medidor digital láser se pudo identificar las medidas necesarias para continuar con el desarrollo del diagnóstico y dibujar la planimetría (ver figuras 18 a 20).

Obtenido el plano, se pudo definir que el puente Centenario posee un total de 604,24 metros cuadrados. De los cuales, 427,45 metros cuadrados corresponden al tablero de circulación vehicular y 176,79 corresponden al tablero de circulación peatonal. La zona posterior de la estructura maneja cerchas con luces de 2 metros lineales, ubicadas en un ángulo de 45 grados.

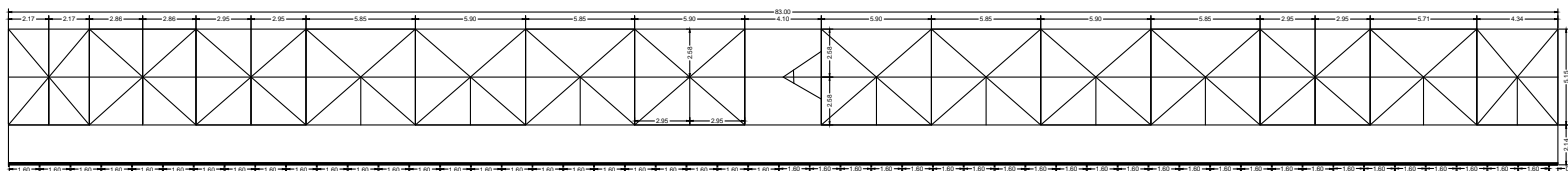


Figura 18. Plano de planta puente Centenario carrera 5 Neiva-Huila.  
 Fuente propia

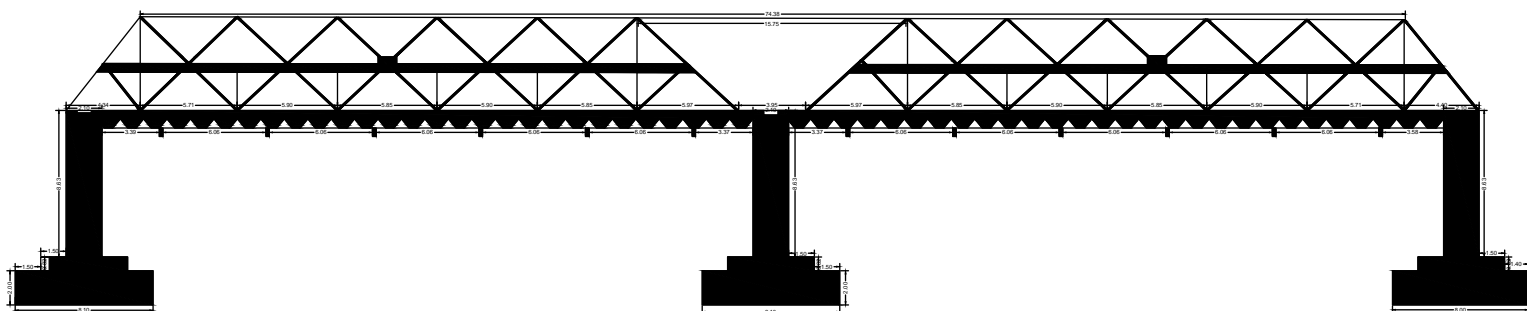


Figura 19. Plano alzado oeste puente Centenario carrera 5 Neiva-Huila.  
 Fuente propia

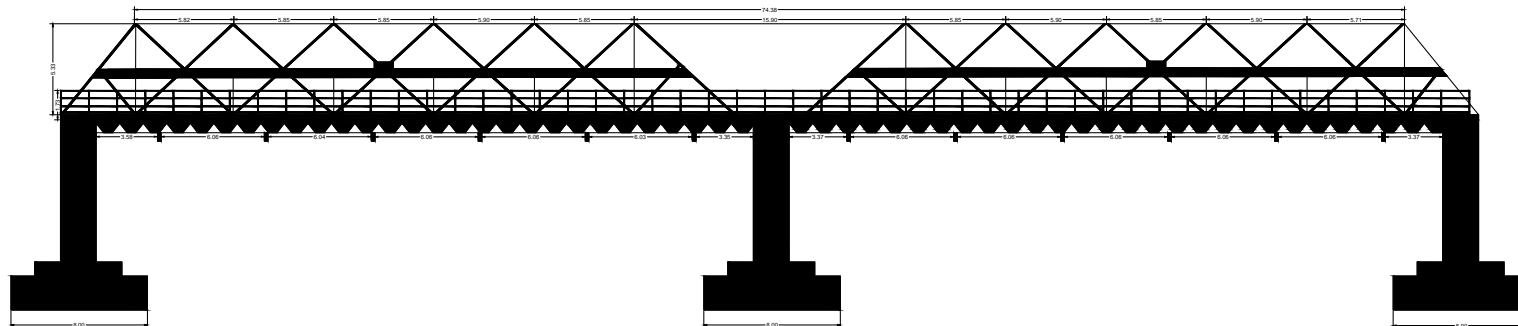


Figura 20. Plano de alzados este puente Centenario carrera 5 Neiva-Huila  
 Fuente propia

#### 5.3.4. Tipo de cimentación.

El tipo de cimentación con el cual se riga el puente es llamado “Sistema de zapatas con pilotes”.

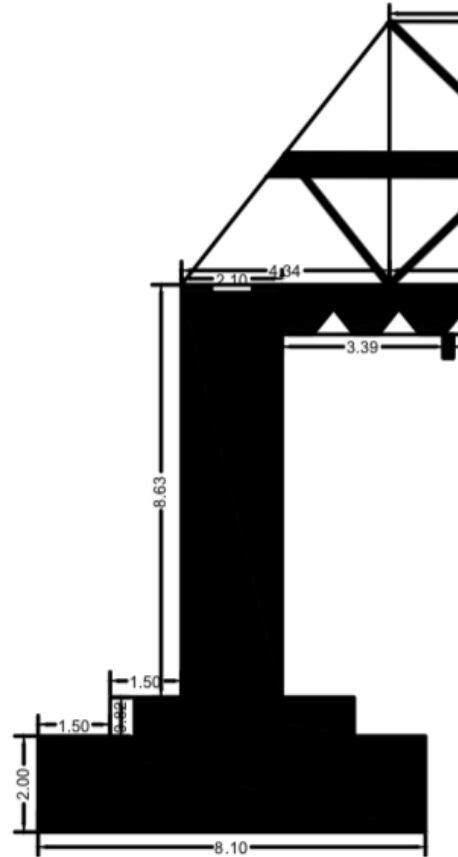


Figura 21. Alzado ubicación zapata y pilote. Fuente propia

A pesar de su edad y presencia de eflorescencia, la cimentación (zapatas y pilotes) que componen la estructura se encuentra en óptimo estado. Este sistema de zapatas con pilotes busca transmitir las cargas que actúan sobre el puente. En este caso los pilotes están a gran profundidad con el fin de ubicarse en suelo resistente para que pueda responder a las condiciones del terreno y el peso del paciente. Las zapatas tienen una medida promedio de 8,10 por 2 metros.

### **5.3.5. Visita preliminar, verificación del estado del puente.**

Para el desarrollo del presente trabajo, inicialmente, se seleccionó una estructura metálica con presencia de lesiones, las cuales evidenciaran la necesidad de intervención de la misma. Posterior a la selección, se realizó una visita para llevar a cabo el levantamiento detallado de las lesiones, visita de la cual se obtuvieron registros fotográficos y la localización puntual de éstas.

Durante la inspección visual del puente, se encontraron lesiones presentes tanto en la plataforma del puente, en las cerchas de la estructura y en elementos de concreto que conforman el puente.

Estas lesiones corresponden a lesiones por corrosión, oxidación, desprendimientos, fracturas de algunos materiales, eflorescencias, presencia de organismos vegetales y fisuras. La identificación y análisis de las lesiones anteriormente mencionadas, se encuentran en los anexos D.

## 6. Estudio de vulnerabilidad

### 6.1. Evaluación de cargas

Evaluación de cargas de puente Centenario - Neiva, Huila - cargas y factores de carga Norma Puentes Colombiana CCP14

A.- AVALÚO DE CARGAS: Se realiza de acuerdo a las tablas 3.3.2 y 3.4.1.1 del Código de Puentes de 2014.

Tabla 3.4.1-1- Combinaciones y Factores de Carga

#### 3.3.2 — Cargas y denominación de cargas

Se deben considerar las siguientes cargas y fuerzas permanentes y transitorias:

##### • Cargas permanentes

- CR = fuerzas debidas al flujo plástico
- DD = fuerza de fricción negativa
- DC = peso propio de los componentes estructurales y de los accesorios no estructurales
- DW = peso propio carpeta de rodamiento y de las instalaciones
- EH = empuje horizontal del suelo
- EL = fuerzas misceláneas resultantes del proceso de construcción, incluyendo el izaje de voladizos en construcción por segmentos
- ES = sobrecarga de suelo
- EV = presión vertical del peso propio del suelo de relleno
- PS = fuerzas secundarias debidas a pretensado
- SH = fuerzas debidas a retracción

##### • Cargas transitorias

- BL = carga de explosión
- BR = fuerza de frenado vehicular
- CE = fuerza centrífuga vehicular
- CT = fuerza de colisión vehicular
- CV = fuerza de colisión de embarcaciones
- EQ = carga sísmica
- FR = carga de fricción
- IC = carga de hielo
- IM = incremento de carga dinámica vehicular
- LL = carga viva vehicular
- LS = sobrecarga de carga viva
- PL = carga viva peatonal
- SE = fuerzas debidas a asentamiento
- TG = fuerzas debidas a gradiente de temperatura
- TU = fuerza debida a temperatura uniforme
- WA = carga de agua y presión de la corriente
- WL = carga de viento sobre la carga viva
- WS = carga de viento sobre la estructura

Estado Límite de la Combinación de carga	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Use uno de estos a la vez				
										EQ	BL	IC	CT	CV
Resistencia I (a menos que se indique)	$\gamma_p$	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{RU}$	$\gamma_{SR}$	-	-	-	-	-
Resistencia II	$\gamma_p$	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{RU}$	$\gamma_{SR}$	-	-	-	-	-
Resistencia III	$\gamma_p$	-	1.00	1.40	0	-	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{RU}$	$\gamma_{SR}$	-	-	-	-
Resistencia IV	$\gamma_p$	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	$\gamma_p$	1.35	1.00	0.40	0	1.0	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{RU}$	$\gamma_{SR}$	-	-	-	-
Evento Extremo I	$\gamma_p$	$\gamma_{EQ}$	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Evento Extremo II	$\gamma_p$	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	0.30	0	1.0	1.00/1.20	$\gamma_{RU}$	$\gamma_{SR}$	-	-	-	-	-
Servicio II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	$\gamma_{RU}$	$\gamma_{SR}$	-	-	-	-	-
Servicio IV	1.00	-	1.00	0.70	0	-	1.00/1.20	-	1.0	-	-	-	-	-
Fatiga I- Sólo LL, IM & CE	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga I II- Sólo LL, IM & CE	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 3.4.1-2 — Factores para cargas permanentes,  $\gamma_p$

Tipo de Carga, tipo de Cimentación, y Método para Calcular la fricción negativa	Factor de Carga	
	Máximo	Mínimo
DC: Componentes y Accesorios	1.25	0.90
DC: Sólo Resistencia IV	1.50	0.90
DD: Fricción negativa	1.4	0.25
Pilas, Método $\alpha$ Tomlinson	1.05	0.30
Pilas, Método $\lambda$	1.25	0.35
Pozos perforados, Método O'Neill and Reese (1999)	1.50	0.65
DW: Superficie de rodadura e instalaciones	1.50	0.65
EH: Presión horizontal de suelo		
• Activa	1.50	0.90
• En reposo	1.35	0.90
• AEP para muros anclados	1.35	N/A
EL: Tensiones residuales de Construcción	1.00	1.00
EV: Presión vertical de suelo		
• Estabilidad general	1.00	N/A
• Muros de Contención y Estribos	1.35	1.00
• Estructuras Rígidas Enterradas	1.30	0.90
• Marcos Rígidos	1.35	0.90
• Estructuras Flexibles Enterradas		
o Alcantarillas Metálicas y Alcantarillas Armadas Estructurales Corrugadas Profundas	1.5	0.9
o Alcantarillas Termoplásticas	1.3	0.9
o Todas las demás	1.95	0.9
ES: Sobrecarga de suelo	1.50	0.75

Figura 22. Cargas vivas y cargas permanentes código de puentes 2014.

## CARGAS VIVAS

**3.6.1.2.2 — Camión de Diseño —** El peso y el espaciamiento de los ejes y de las ruedas para el camión de diseño deben ser como se especifica en las Figuras 3.6.1.2.2-1. Se debe considerar una asignación de carga dinámica como se especifica en el Artículo 3.6.2.

El espaciamiento entre los dos ejes de 160 kN debe variarse entre 4300 mm y 9000 mm para producir solicitaciones extremas, excepto como se especifica en los Artículos 3.6.1.3.1 y 3.6.1.4.1.

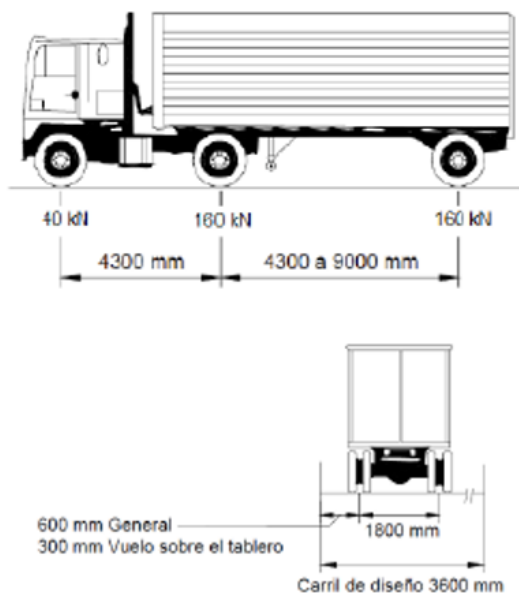


Figura 23. Cargas vivas y cargas permanentes código de puentes 2014.

## CARGAS PERMANENTES

Tabla 3.5.1-1 — Pesos Unitarios

Material	Peso Unitario (kN/m³)	
Aleaciones de Aluminio	28	
Pavimentos Bituminosos	22,5	
Hierro fundido	72	
Relleno de ceniza	9,8	
Arena, Limo o Arcilla Compactadas	19,25	
Concreto simple	Liviano	17,75
	De Arena Liviana	19,25
	Normal con $f'_c \leq 35$ MPa	23,2
	Normal con $35 < f'_c \leq 105$ MPa	$22,4 + 0,0229 f'_c$
Arena, Limo o Grava Sueltas	16	
Arcilla Blanda	16	
Grava Compactada, Macadam, o Cascajo	22,5	
Acero	78,5	
Mampostería de Piedra	27,25	
Madera	Dura	9,8
	Blanda	8
Agua	Dulce	1
	Salada	10,25
Item	Peso por unidad de longitud de longitud (kN/m)	
Sistemas de rieles, Traviesas, y fijaciones por cada Riel	3	

## **6.2. Resultados estudio de vulnerabilidad**

Se desarrolla el estudio de vulnerabilidad sísmica, primero realizando un avalúo de cálculo de cargas de acuerdo al Código de Puentes de 2014 de acuerdo a lo consignado en sus tablas 3.3.2 y 3.4.1.1 considerando cargas vivas y cargas permanentes y de servicio.

El puente tiene dos luces de igual longitud, por ende se desarrolla un modelo matemático con una luz pues la otra es una réplica del mismo, este análisis y diseño se realiza con el programa de diseño RISA-3D, donde se chequea elemento por elemento ante índices de sobreesfuerzo de flexión y de cortante, así verificamos los valores que superan la unidad y chequeamos los elementos que no cumplen como se indica en la tabla 8, los elementos subrayados en amarillo no cumplen.

Se realiza sobre el mismo modelo matemático una iteración de los elementos que no cumplen y se busca el arriostramiento o perfil que cumpla y que se debe adosar a la estructura existente para que garantice el cumplimiento ante el código actual CCP-2014. Como se indica en la tabla 9, los elementos subrayados en amarillo cumplen.

Por lo anterior se genera un plano de diseño con el reforzamiento que se debe seguir, o un esquemático general. (Ver anexo B).

Después de la identificación de las lesiones que afectan la estructura, se puede dar una evaluación sustentada y verificable sobre el estado actual de la edificación. Se evidencia:

- Deficiencia en algunos elementos del sistema estructural resistente.
- Deficiencia en los materiales con los que se constituyen los elementos estructurales y no estructurales.
- Un deterioro promedio de la estructura en general.
- Las malas prácticas constructivas que le generan problemas a la estructura.
- La estructura en general posee un potencial de medio tanto en la parte estructural, no estructural y funcional debido a su falta de mantenimiento.
- La edificación se data antes de las normativas vigentes de construcción sismo resistente colombiana.

- Las cargas a las cuales se somete la estructura son acordes a las proporciones capaces de soportar la estructura, tales como vibraciones por cargas de servicio y cargas vivas a pesar de haber tenido la carga adicional del puente peatonal hace aproximadamente 10 años.
- Se encontraron buenas resistencias del concreto estructural.

Debido al paso del tiempo, la sobrecarga del puente peatonal y la exposición a los agentes agresores ambientales (temperatura, humedad, rayos UV, etc.) algunos elementos (estructurales y no estructurales) evidencian procesos de deterioro como son descascamiento de muros, presencia de humedades con microorganismos como musgo, elementos que llevan a problemas como la pérdida de dureza, el aumento en la fragilidad, oxidación y corrosión en algunos elementos metálicos, desgaste y desprendimientos por fatiga en las juntas, fisuras en el concreto del tablero, carbonatación en los estribos y concreto en general y acumulación de humedades, afectando la integridad física de los elementos y/o la estética de los mismos.

Por tal motivo, se hace necesario ejercer la intervención al puente Centenario, debido a su alto valor histórico y dinámica activa en la actualidad. A diario cientos de personas circulan por este puente, ya sea en vehículo o caminando, poniendo en riesgo no solo la integridad del paciente, sino que de igual forma la integridad de la comunidad.

Con el desarrollo del estudio de vulnerabilidad, se logró determinar que algunos elementos entre los que se encuentran los perfiles HE260A, IPE400, IPE300, ángulos LL4X4X6X6, su índice de sobreesfuerzo supera la unidad, es decir sobrepasa del 100% de su capacidad de respuesta favorable, por tal razón se desarrolla un modelado y se obtiene un reforzamiento de estos sectores para que el puente sea funcional y cumpla con las exigencias de normativa vigente NSR 10 y CCP14. Ver anexo C.

De acuerdo al estudio de vulnerabilidad y reforzamiento, a los perfiles HEA260A se les debe adicionar un perfil tubular de 3 cm de alto por 26 cm de ancho con cordón de soldadura continuo con electrodo XX70, el ángulo LL4X4X6X6 se le debe adosar un ángulo de iguales dimensiones y un espesor de 1/4 de pulgada con cordón de soldadura continuo con electrodo XX70, el perfil IPE400 se debe aumentar el ancho en el patín inferior y superior en 20 cm con cordón de soldadura

continuo con electrodo XX70, el perfil IPE360 se debe aumentar el ancho en el patín inferior y superior en 180 cm con cordón de soldadura continuo con electrodo XX70.

## **7. Ensayos no destructivos realizados a la estructura del puente**

### **7.1. Generalidades:**

Después de la identificación de las lesiones que afectan la estructura, se puede dar una evaluación sustentada y verificable sobre el estado actual del puente, donde se evidencia:

- Deficiencia en algunos elementos del sistema estructural resistente.
- Deficiencia en los materiales de los elementos estructurales y no estructurales.
- Un deterioro promedio de la estructura en general.
- Las malas prácticas constructivas que le generan problemas a la estructura.
- El puente en general presenta, tal vez por su vida útil y de servicio que es superior a 100 años, falta de mantenimiento.
- El puente data antes de las normativas vigentes de construcción sismo resistente colombiana.

### **7.2. Ensayos no destructivos realizados al puente Centenario**

Se realizaron ensayos no destructivos (NDT) para no afectar la estructura actual del puente, con equipos normales para estimar los daños y lesiones patológicas que actualmente presenta.

**7.2.1. Prueba de esclerómetro ASTM-C 805.**

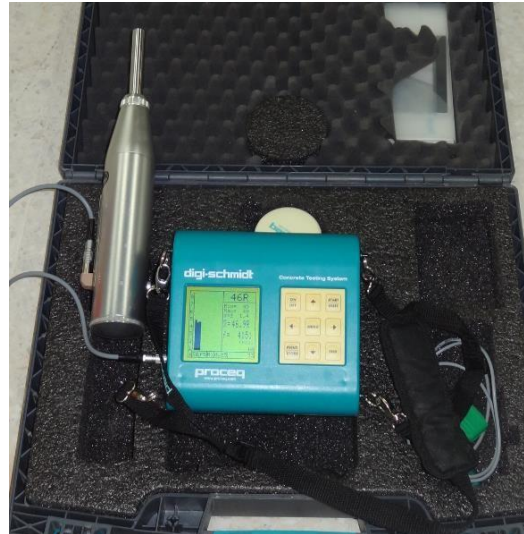


Figura 24. Esclerómetro digital – última tecnología. - Fuente propia

Estas pruebas se realizaron con un esclerómetro digital para control no destructivo del concreto siguiendo la norma ASTM-C 805, el cual nos permite estimar la resistencia a la compresión aproximada del concreto, basado en curvas de calibración con alta precisión, de igual forma se emplea para comparar la calidad del concreto entre diferentes áreas de la estructura.

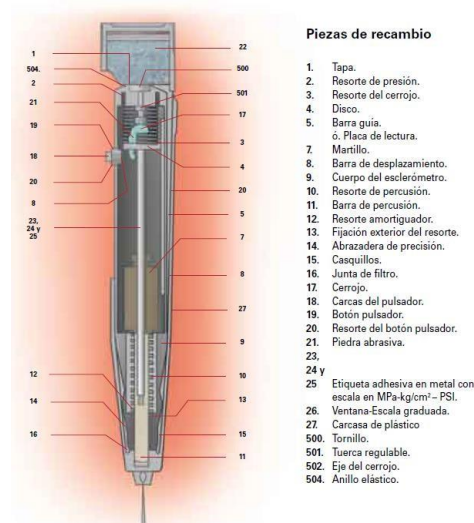


Figura 25. Partes del esclerómetro digital – última tecnología.

La prueba de esclerómetro consiste en una barra de acero (émbolo), la cual recibe el impacto de una pieza de acero impulsada por un resorte. Este impacto se transmite a la superficie de concreto y debido a la resistencia de éste, la pieza rebota y su desplazamiento máximo es registrado en una escala lineal fija al cuerpo del instrumento.

*“La zona de prueba (estructura en concreto) debe tener por lo menos 150 mm de diámetro y 100 mm de espesor, para evitar lecturas erróneas debido a la elasticidad de la pieza. Todos los elementos sueltos deben fijarse rígidamente para efectuar la prueba. Deben elegirse las superficies de prueba de acuerdo a la representatividad del área por evaluar, en función de su alta porosidad o textura rugosa”* - (equiposparalaboratorio.com). Cuando se desean comparar las características de dos elementos, estos deben tener aproximadamente la misma edad y condiciones de humedad.

Antes de la prueba deberá eliminarse de la superficie pintura, polvo o cualquier elemento no propio del concreto, que pueda afectar el índice de rebote. Cuando la superficie tenga irregularidades debidas a cimbras de madera no cepilladas, esta debe ser pulida con la piedra abrasiva hasta dejarla lisa. En concretos viejos, por consiguiente, excesivamente duros, se deberá quitar hasta unos 10 mm de la capa superficial, en lo que corresponde a una superficie para efectuar de 10 a 12 impactos con el esclerómetro y realizar una corrección por carbonatación, según el frente de avance.

**Procedimiento.** Después del impacto se oprime el botón pulsador y se toma la lectura en la ventana de la escala graduada, registrando el índice de rebote, medido de 10 a 100 con dos cifras significativas.

Se deben eliminar las lecturas que difieran del promedio en más de 5 unidades y se determina un promedio final de las lecturas. Si más de 3 lecturas difieren en 6 unidades del promedio, se deben de descartar todas las lecturas.

**Precisión.** La prueba debe ser efectuada por un mismo operador, con un mismo dispositivo y en el mismo espécimen debe dar una precisión con una diferencia de máximo 10%, en nuestro caso las pruebas se realizan con equipo digital que arroja directamente el valor de la resistencia a compresión del concreto, previamente calibrado con el frente de carbonatación encontrado en el concreto.



Figura 26. Registro ensayo de esclerometría. – Fuente propia

### 7.2.1.1 Resultados obtenidos.

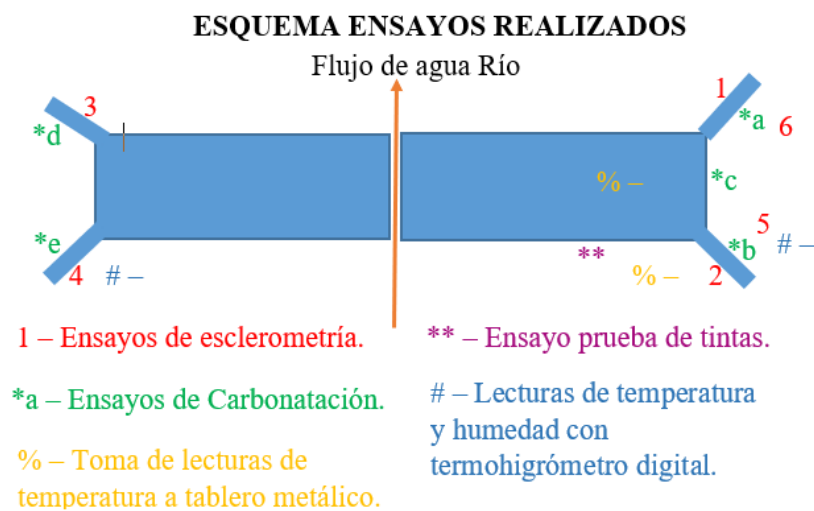


Figura 27. Esquema ensayos realizados.

- 1 y 2 esclerometría a estribo del puente, costado izquierdo en contra del flujo de la corriente del río.
- 3 y 4 esclerometría a estribo del puente, costado derecho en contra del flujo de la corriente del río.
- 5 y 6 esclerometría a bordillos del puente a nivel de losa, costado izquierdo en contra del flujo de la corriente del río.

Tabla 1. Resultados esclerometría puente Centenario - estribos

	<b>Ensayo</b>	<b>Equipo</b>	<b>Edad concreto</b>	<b>Resistencia Mpa</b>	<b>Cada Resultado Corresponde a</b>
1	1 Estribo, en este sector se tomaron 2 ensayos.	Proceq Digital	>28 Días	22,5	10 ensayos Normalizados
			>28 Días	23	10 ensayos Normalizados
2	2 Estribo, en este sector se tomaron 2 ensayos.		>28 Días	21	10 ensayos Normalizados
			>28 Días	21	10 ensayos Normalizados
3	3 Estribo, en este sector se tomaron 2 ensayos.	Proceq Digital	>28 Días	20	10 ensayos Normalizados
			>28 Días	22	10 ensayos Normalizados
4	4 Estribo, en este sector se tomaron 2 ensayos.	Proceq Digital	>28 Días	21,5	10 ensayos Normalizados
			>28 Días	21	10 ensayos Normalizados
					<b>TOTAL ENSAYOS</b>
<b>Promedio Ensayos Sector Puente</b>				<b>21,5</b>	<b>80</b>
<b>Resistencia promedio en PSI</b>				<b>3071,4</b>	<b>80</b>

En los sectores de estribos del puente a cada costado se tomaron en cuatro puntos, dos ensayos por cada uno, para un total de 80 lecturas, dando un promedio de resistencia de 3071,4 psi o 21,5 MPa.

Tabla 2. Resultados esclerometría puente Centenario - bordillos

Ensayo	Equipo	Edad concreto	Resistencia Mpa	Cada Resultado Corresponde a
5	Proceq Digital	>28 Días	23	10 ensayos Normalizados
		>28 Días	25	10 ensayos Normalizados
6		>28 Días	24,5	10 ensayos Normalizados
		>28 Días	222,5	10 ensayos Normalizados
<b>TOTAL ENSAYOS</b>				
<b>Promedio Ensayos Sector Puente</b>			<b>23,8</b>	<b>40</b>
<b>Resistencia promedio en PSI</b>			<b>3392,9</b>	<b>40</b>

En los bordillos del puente, se tomaron en dos sectores cuatro ensayos, para un total de 40 lecturas, dando un promedio de resistencia de 3392.9 psi o 23.8 MPa.



Figura 28. Resultados de esclerometría punto 6.

Nota: así como se evidencia el ensayo de esclerometría en el punto 6, con una resistencia obtenida de 24.5 MPa, se desarrolló el mismo proceso para los demás puntos de toma.

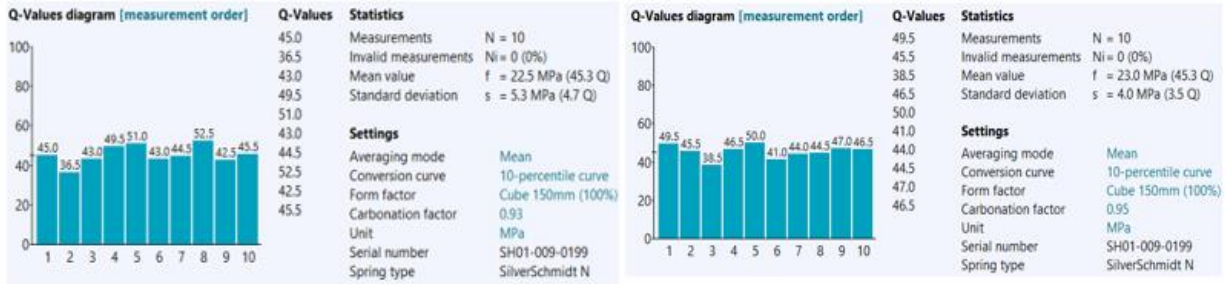


Figura 29. Resultados de esclerometría punto 1.



Figura 30. Resultados de esclerometría punto 2.

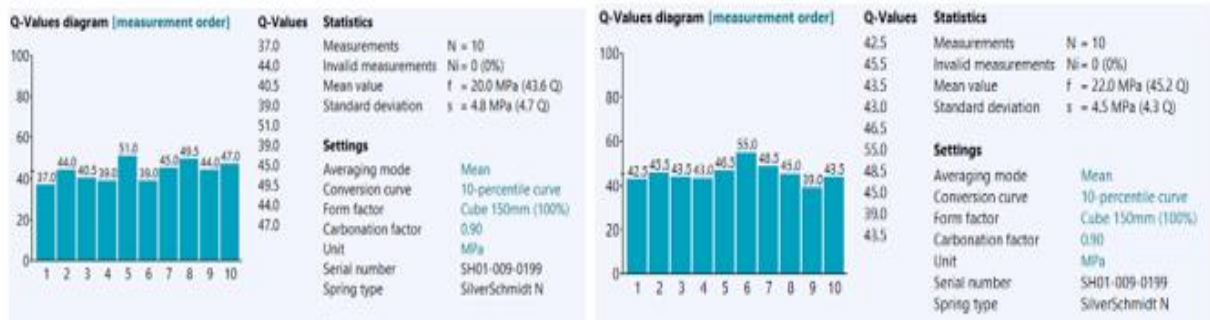


Figura 31. Resultados de esclerometría punto 3.

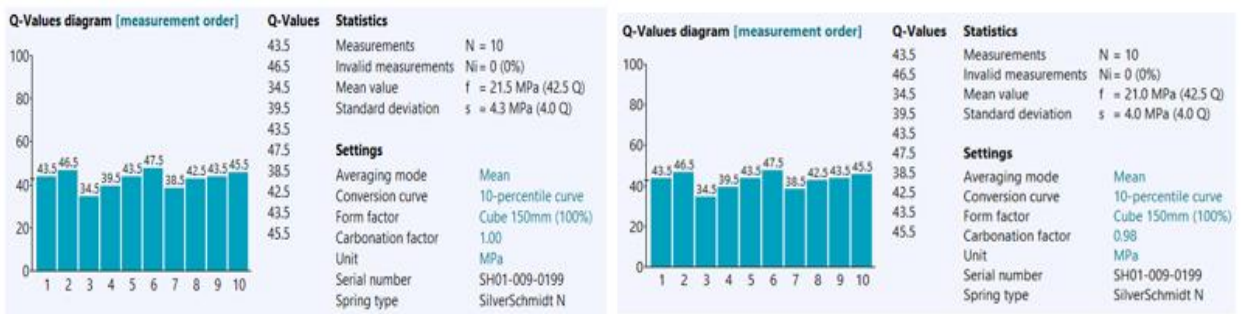


Figura 32. Resultados de esclerometría punto 4.

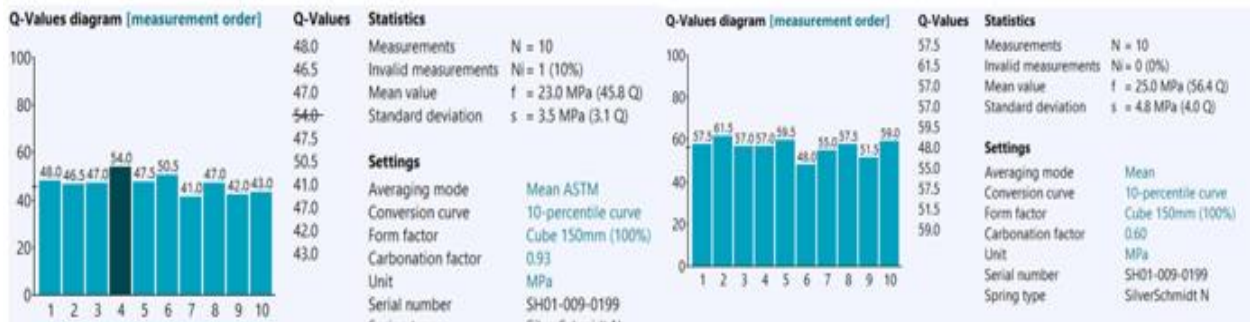


Figura 33. Resultados de esclerometría punto 5.

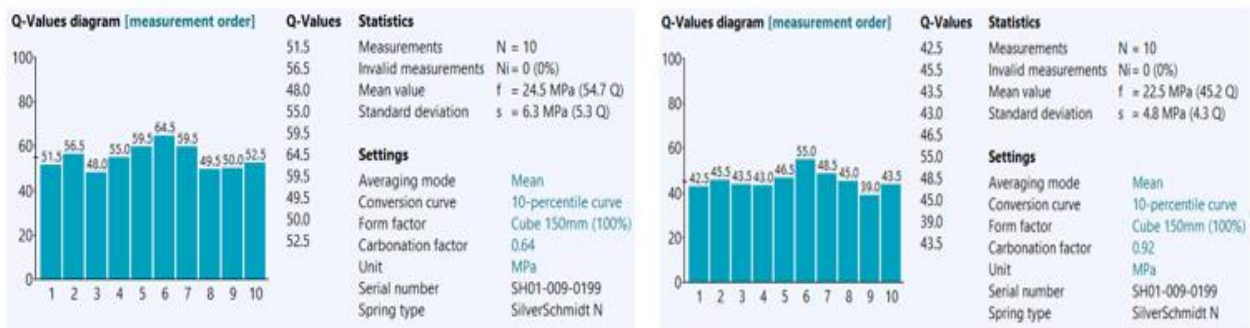


Figura 34. Resultados de esclerometría punto 6.

### 7.2.1.2 Aspecto químico (baja de pH y carbonatación) de las estructuras Norma Une 112-011.

Hay un factor esencial que se debe revisar en toda estructura de concreto reforzado es el fenómeno de carbonatación, el concreto elaborado con cemento hidráulico, puede sufrir mediante su vida útil, una pérdida de (pH), debido al ataque químico del CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono).

No solo este fenómeno se presenta en ciudades con alta contaminación o en parqueaderos sino en zonas aisladas de vegetación natural o costeras como es nuestro caso debido al ciclo del carbono; cabe destacar que el carbono es la unidad principal de la vida del planeta y su ciclo es fundamental para el desarrollo de todos los organismos (Bolin y Sukumar, 2000). El carbono se almacena en compartimientos llamados "depósitos" y circula activamente entre ellos, de estos depósitos, los océanos, son los que almacenan mayor cantidad con 38.000 gigatoneladas (Gt), seguido por el suelo (1.500 Gt), la atmósfera (750 Gt) y las plantas (560 Gt). Cualquier desequilibrio entre los flujos de entrada y salida se refleja en la concentración del CO<sub>2</sub> atmosférico. La absorción del CO<sub>2</sub> atmosférico por las plantas a través de la fotosíntesis está en equilibrio con

la respiración de las plantas y el suelo, por lo que en cualquier atmósfera no controlada del planeta existirá el fenómeno de carbonatación en el concreto.

Al estar el carbono disuelto en el agua y/o atmósfera este elemento ingresa por los capilares del concreto y en presencia de humedad reacciona con el hidróxido de calcio del cemento generando como resultado carbonatos de calcio y baja la alcalinidad del concreto el cual reduce su valor de pH menor a 10, recordemos que el concreto debe tener un pH mayor a 12.5, como se especifica en la NCT-5551 (Durabilidad de Estructuras de Concreto), al bajar el pH trae como consecuencia una despasivación del acero con consecuencias de la exposición del acero de refuerzo con fenómenos corrosivos. El frente de carbonatación se localiza con la ayuda de una solución de fenolftaleína entre 1% al 5%, que da un color violeta al encontrar hidróxido de calcio (que es alcalino) midiendo su profundidad desde la parte superficial del elemento. Si el concreto se coloca de color violeta es porque el material no ha sufrido carbonatación y se encuentra en buenas condiciones químicas y de pH, pero si no cambia de color con el reactivo el material (concreto) hay un frente de carbonatación pronunciado, el cual debe medirse y obtener el frente de avance de la carbonatación.

Teniendo en cuenta lo anterior se procedió por parte de este grupo de estudiantes de aprendizaje patológico, realizar las pruebas químicas de carbonatación a los concretos de las estructuras del puente.



*Figura 35. Evidencias ensayo de carbonatación.*

Tabla 3. Resultados obtenidos ensayo de carbonatación

Punto	Frente de carbonatación encontrado (mm)	Promedio Frente de carbonatación (mm)
*a	46,3	43,54
	44,23	
	42,68	
	40,95	
*b	38,85	41,62
	43,25	
	39,86	
	44,52	
*c	46,38	46,96
	45,78	
	48,12	
	47,56	
*d	44,12	45,89
	46,38	
	45,68	
	47,37	
*e	39,65	41,415
	40,21	
	41,35	
	44,45	
<b>Valor Promedio Frente de Carbonatación</b>		<b>43,88</b>

Prueba con fenolftaleína, inspección visual. Si bien es cierto que la estructura del puente supera los cien años de servicio, el concreto a pesar de su exposición durante este tiempo presenta un frente de carbonatación de 43.88 mm, lo que nos permite predecir que posiblemente el acero de refuerzo puede presentar un proceso de corrosión generalizado.

### 7.2.1.3 Temperatura con termohigrómetro digital.



Figura 36. Resultados toma de lecturas con termohigrómetro.

Realizamos un chequeo de temperatura y humedad del puente, donde detectamos que las lecturas bajo el puente por la acción del río y el microclima generado, son más bajas comparadas con las del exterior del mismo por ejemplo sector de rodadura. El promedio de temperatura oscila en 30° C (valor registrado el 31 de marzo de 2019) y con una humedad promedio de 60%.

Se realizó con pistola la toma de temperatura de las vigas metálicas del puente, dando como resultado en promedio de 27° C bajo la losa del puente.



Figura 37. Resultados toma de lecturas con termohigrómetro a vigas metálicas.

### 7.2.2. Prueba de tintas penetrantes a estructura metálica.

El método de las tintas penetrantes es uno de los ensayos no destructivos más usados actualmente en la industria. Su versatilidad y facilidad de aplicación, hacen de esta técnica, la preferida por gran parte de la industria. Adicionalmente, cuando son aplicadas correctamente, las tintas penetrantes nos permiten detectar gran variedad de defectos como poros, picaduras, fisuras producidas por fatiga o esfuerzos térmicos y fugas en recipientes herméticos, entre otros.

Aunque para su utilización no se requiere de un gran entrenamiento o una vasta experiencia, siempre es recomendable que esta técnica sea aplicada por un inspector certificado como Nivel II bajo una norma internacional reconocida (CP-189, NAS-410, ISO-9712), ya que los resultados obtenidos en cada prueba dependen totalmente de la rigurosidad y el cuidado que se tenga durante todos los pasos de la inspección. Así mismo, *“la interpretación de los resultados, a menudo requiere de cierta experiencia, y depende del material que se vaya a examinar”*. La mayoría de las normas internacionalmente aceptadas como ASME, API y AWS; y los manuales de mantenimiento de algunos equipos (Boeing, Airbus, Bell) exigen la certificación del personal que realiza la inspección.

Con las tintas penetrantes se puede inspeccionar una gran variedad de materiales como metales (ferrosos y no ferrosos), plásticos, cerámicos, vidrios, acrílicos, etc. El único requisito es que la superficie del material no sea demasiado porosa, pues esto haría imposible diferenciar las indicaciones producidas por defectos de aquellas producidas por el acabado superficial normal de la pieza. Por esta razón, los materiales como el ladrillo, el cemento, el papel y la madera, no podrán ser probados con este método.

Este método sólo es aplicable a la detección de defectos superficiales, es decir que los defectos como inclusiones, poros o fisuras internas, no serán detectados con tintas penetrantes.

El ensayo por tintas penetrantes utiliza como principio básico de acción la capilaridad. Gracias a esta propiedad de los líquidos, los compuestos químicos que conocemos como tintas penetrantes, entran dentro de las discontinuidades de los materiales (cavidades internas, fisuras, poros, rayones, etc.), permaneciendo allí para luego ser extraídos por el revelador y así formar la indicación en la superficie. Los pasos básicos para la realización de una inspección con tintas penetrantes se

enumeran a continuación: 1. Pre-limpieza 2. Aplicación del penetrante 3. Tiempo de penetración 4. Remoción del exceso de penetrante 5. Aplicación del revelador 6. Tiempo de revelado 7. Evaluación de las discontinuidades. 8. Post-limpieza Esta metodología es la que se sigue en todos los ensayos de tintas penetrantes, cumpliendo con las normas ASTM E-1417 y E-165, entre otras.

La técnica de las tintas penetrantes es ampliamente aplicada en todas las fases de un producto. Se utiliza en la etapa de fabricación después de la fundición u obtención de la materia prima inicial como control de calidad. También es muy útil verificando la presencia de grietas y otros defectos generados después de procesos de laminado en frío, extrusión, forjado, etc. Después de realizar procesos de maquinado (torneado, fresado, etc.), soldadura y tratamientos térmicos, la técnica de las tintas es una herramienta fundamental para garantizar la buena condición del producto.

Por otro lado, en la aviación, las industrias petroquímica, automotriz, minera y de alimentos, entre muchas otras, se usa diariamente la técnica de las tintas penetrantes como parte esencial de los programas de mantenimiento preventivo de todo tipo de máquinas, previniendo fallos catastróficos en operación.



*Figura 38. Evidencia ensayo tintas penetrantes.*



*Figura 39.* Resultado ensayo tintas penetrantes.

De acuerdo al resultado obtenido, se observan socavaciones, poros y discontinuidad de la soldadura en lámina metal deck.

### **7.2.3. Ensayo de potencial de corrosión del acero ASTM C876.**

Definiremos el daño por corrosión como degradación de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más puntual y general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales metálicos a base de hierro a buscar su forma más estable o de menor energía interna.

Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad o acidez del fluido en contacto con el metal, el contacto con el oxígeno y el agua, también dependerá de las propiedades de los metales que están incorporados en su aleación.

La corrosión puede ser mediante una reacción química (oxidoreducción) en la que intervienen tres factores principales: La composición o aleación de la pieza manufacturada de la estructura (barras de refuerzo). El ambiente donde se encuentre y el agua como elemento de degradación.

Por lo anterior se pueden producir dos tipos de corrosión, la corrosión química y la corrosión electroquímica, la primera corrosión química ocurre debido al ataque de sistemas no electrolíticos,

como gases y vapores a temperaturas que impiden su condensación sobre la superficie metálica o por líquidos no conductores de la corriente eléctrica.

La segunda corrosión electroquímica es una reacción química que ocurre en un medio acuoso y en la que hay transferencia de electrones e iones, este es el caso que nos atañe en el acero de refuerzo embebido en el concreto.

La corrosión ocurre como resultado de la formación de una celda electroquímica como la que se aprecia a continuación.

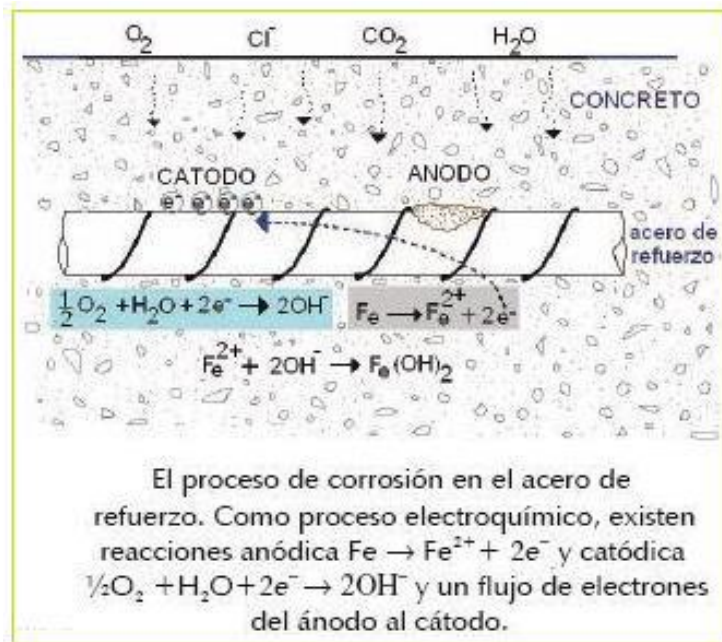
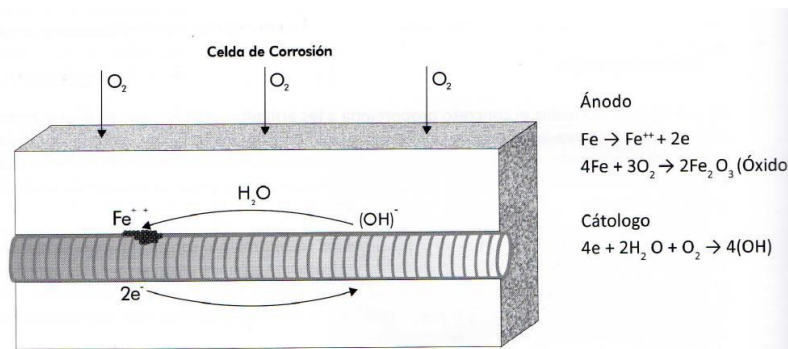


Figura 40. Celda de corrosión de una barra de acero embebida en el concreto.

Tomado de Tecnología Moderna de Durabilidad, Instituto técnico de materiales y construcciones, cuaderno INTEMAC No 5

El ensayo realizado consistió en tomar lecturas del potencial de corrosión siguiendo la norma (ASTM C876) en los elementos de concreto reforzado de la estructura, mediante el empleo de electrodos de cobre/sulfato de (Cu/CuSO<sub>4</sub>). Estas mediciones sirven para establecer el área de cambio de potencial y según la lectura estimar la afectación del acero embebido en el concreto de los elementos estructurales, estribos del puente Centenario.

Las mediciones de potenciales de corrosión se realizaron con la siguiente metodología:

- a) Una vez localizada la armadura (acero de refuerzo), se limpió el área seleccionada del elemento, así como el acero expuesto para la conexión.
- b) Se conectó el electrodo de referencia de Cu/CuSO<sub>4</sub> al negativo del voltímetro; en tanto el acero de refuerzo expuesto se conectó al cable positivo del voltímetro.
- c) Toma de lecturas del potencial de corrosión en milivoltios (mV) de los elementos de la estructura y comparación de la afectación con las tablas de la norma (ASTM C876).

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la prueba de potencial de corrosión (ASTM C876) a los elementos estructurales.



*Figura 41.* Ensayo 1, estribo puente potencial de corrosión.



*Figura 42.* Ensayo 2, estribo puente potencial de corrosión.



*Figura 43.* Ensayo 3, estribo puente potencial de corrosión.

Los resultados obtenidos se comparan con la normatividad (ASTM C876) como se muestra a continuación.

Tabla 4. Tabla de comparación potencial de corrosión (ASTM c876)

Potencial Ecorr (V vs. ER)	Riesgo de Daño
< -0.200	10% de probabilidad de corrosión
-0.200 a -0.350	Cierta incertidumbre
> -0.350	90% de probabilidad de corrosión

a) ASTM C876-91 (reaprobada en 1999, "Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete").

Condición	Potencial (V vs. ER)	Observaciones	Riesgo de daño
Estado pasivo	0.200 a -0.200	Ausencia de Cl <sup>-</sup> PH > 12.5 H <sub>2</sub> O (HR <sup>-</sup> )	Despreciable
Corrosión localizada	-0.200 a -0.600	Cl <sup>-</sup> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O (HR <sup>-</sup> )	Alto
	-0.150 a -0.600	Carbonatado O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O (HR <sup>-</sup> )	Moderado alto
Corrosión uniforme	0.200 a -0.150	Carbonatado O <sub>2</sub> , seco (HR <sup>-</sup> )	Bajo
	-0.400 a -0.600	Cl <sup>-</sup> elevado, H <sub>2</sub> O ó Carbonatado H <sub>2</sub> O (HR <sup>-</sup> )	Alto
	< -0.600	Cl <sup>-</sup> elevado, H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> (sin O <sub>2</sub> )	Despreciable

b) DURAR (Manual de Inspección, Evaluación y Diagnostico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado). DURAR Red Temática XV.B Durabilidad de la Armadura. CYTED, (1997).

Teniendo en cuenta las lecturas de potencial de corrosión obtenidas que fluctúan entre (-0.452 mV a -0.530 mV) y comparándolas con la tabla ASTM C876 se deduce que existe 90% de corrosión en los estribos del puente.

Tabla 5. Tabla de comparación de resultados de potencial de corrosión (ASTM c876)

Potencial Ecorr (V vs. ER)	Riesgo de Daño
< -0.200	10% de probabilidad de corrosión
-0.200 a -0.350	Cierta incertidumbre
> -0.350	90% de probabilidad de corrosión

a) ASTM C876-91 (reaprobada en 1999, "Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete").

Condición	Potencial (V vs. ER)	Observaciones	Riesgo de daño
Estado pasivo	0.200 a -0.200	Ausencia de Cl <sup>-</sup> PH > 12.5 H <sub>2</sub> O (HR <sup>-</sup> )	Despreciable
Corrosión localizada	-0.200 a -0.600	Cl <sup>-</sup> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O (HR <sup>-</sup> )	Alto
	-0.150 a -0.600	Carbonatado O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O (HR <sup>-</sup> )	Moderado alto
Corrosión uniforme	0.200 a -0.150	Carbonatado O <sub>2</sub> , seco (HR <sup>-</sup> )	Bajo
	-0.400 a -0.600	Cl <sup>-</sup> elevado, H <sub>2</sub> O ó Carbonatado H <sub>2</sub> O (HR <sup>-</sup> )	Alto
	< -0.600	Cl <sup>-</sup> elevado, H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> (sin O <sub>2</sub> )	Despreciable

b) DURAR (Manual de Inspección, Evaluación y Diagnostico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado). DURAR Red Temática XV.B Durabilidad de la Armadura. CYTED, (1997).

Como se evidenció en las lecturas de potencial de corrosión obtenidas que fluctúan entre (-0.452 mV a -0.530 mV) y comparándolas con la tabla ASTM C876 se deduce que existe 90% de corrosión en las barras de los estribos del puente.

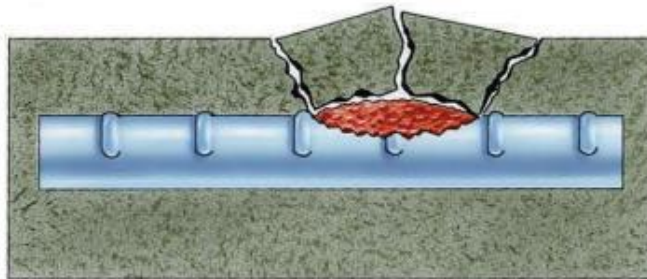
## 8. Propuesta de intervención

Se debe implantar la intervención de ánodos de sacrificio a los estribos en concreto del puente ya que éstos son utilizados para prevenir la corrosión del acero de refuerzo en las estructuras de

hormigón existentes y nuevas. La especificación del uso de protección catódica es más efectiva cuando se aplica de forma temprana en el proceso más que cuando es utilizada como un último recurso, sin embargo, para el caso de las estructuras (estribos), *“es importante e imprescindible realizar esta protección ya que el concreto presenta un frente de carbonatación importante”*, permite ingreso de humedad por los capilares del concreto que va directo con el acero y el oxígeno del medio ambiente y degrada de forma acelerada el acero de refuerzo como se evidenció en el sitio del estudio.

Los ánodos a implantar como solución son de tipo galvánicos de zinc de alta calidad que ofrecen protección duradera contra la corrosión. Cuando se establece una conexión eléctrica directa entre el zinc y el acero la corriente galvánica fluye espontáneamente, así que no hay necesidad de una fuente de poder externa, cableada o conductora. Solo se coloca el ánodo en contacto con el acero de refuerzo y éste protege la estructura de los daños por corrosión y la expansión del acero que generaría daños y llevaría a la estructura a la ruina.

En el caso que nos atañe de la estructura, es imprescindible evitar que el efecto de corrosión se acelere y dañe de forma progresiva y acelerada el acero.



*Figura 44.* Esquema de corrosión.

Para la correcta intervención se debe realizar la instalación de ánodo de zinc de 100 gramos cada 15 metros cuadrados dando una protección al acero de refuerzo de los muros por un periodo mayor a 40 años, no se recomienda ánodos de zinc menores a este gramaje. El ánodo de zinc se convierte en un ánodo de sacrificio, entregando una corriente protectora auto generadora y haciendo que el acero que la rodea sea catódico, provocando la pasivación de la corrosión del acero y protegiendo la estructura.

### 8.1. Tipo de ánodo y composición

A continuación, se presenta el tipo de aleación del ánodo de sacrificio de zinc (Zn) que se debe utilizar según las ASTM.

Tabla 6. Tabla composición ánodos de sacrificio

Elemento	ASTM B 418 Tipo I	ASTM B 418 Tipo II	ASTM B6 / B69	Análisis Ánodos
Mg			<0.0005 %	0.0005 %
AL	0.1 - 0.5 %	<0.005 %	<0.002 %	0.0007 %
Cd	0.25 - 0.07 %	<0.003 %	<0.003 %	0.0005 %
Fe	<0.005 %	<0.0014 %	<0.0015 %	0.0008 %
Pb	<0.005 %	<0.003 %	<0.003 %	0.0015 %
Cu	<0.006 %	<0.002 %	<0.003 %	0.0007 %
Ni			0.001 - 0.004 %	0.0022 %
Sn			<0.001 %	0.0005 %
Cr			<0.001 %	0.0005 %
Mn			<0.001 %	0.0005 %
Zn	Balance	Balance	Balance	Balance

### 8.2. Intervención de fisuras de la estructura metálica del puente Centenario

Para las fisuras encontradas en la estructura, se debe seguir el siguiente procedimiento para la reparación de las mismas:

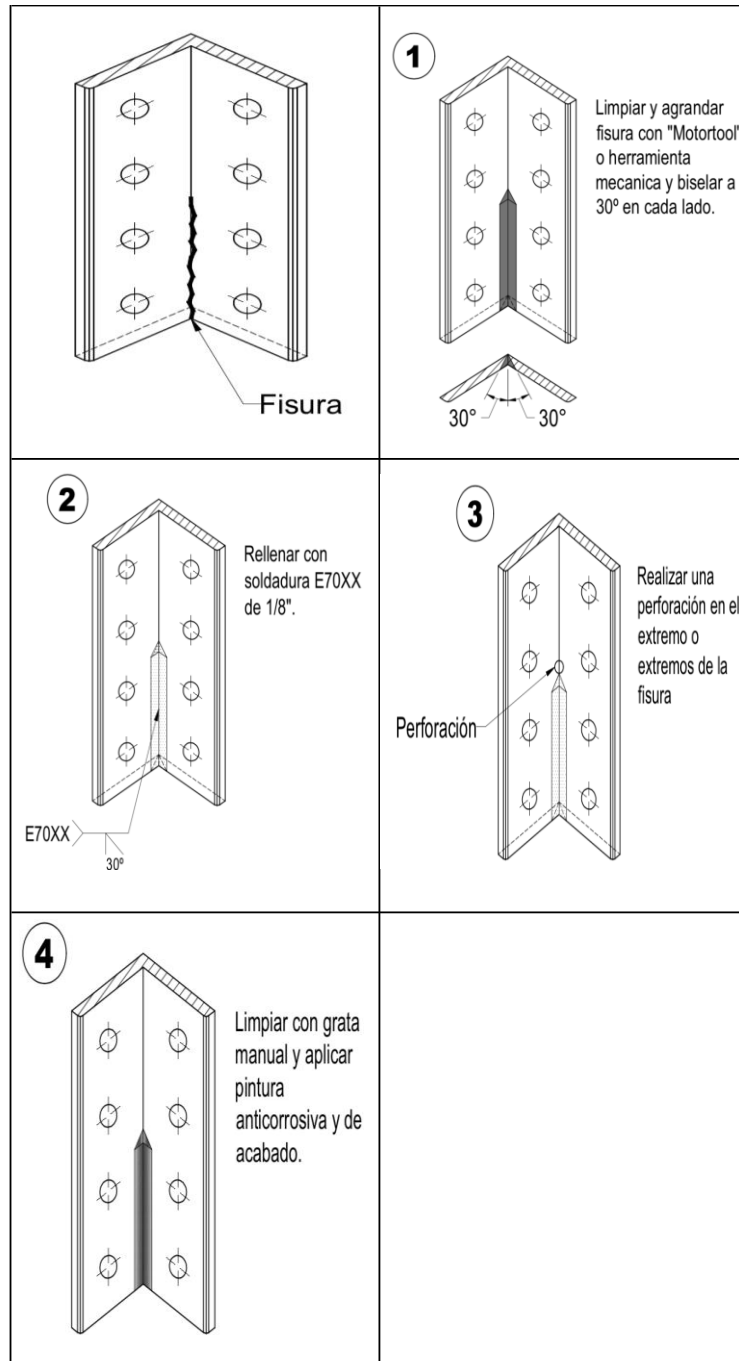


Figura 45. Reparación de fisuras.

Fuente: Propia.

### 8.3. Intervención de corrosión del acero

Dado el alto grado de corrosión encontrado en la estructura, se recomienda realizar la limpieza y pintura, de la estructura metálica, con chorro de arena grado comercial, pintura anticorrosiva alquídica tipo pintuco 505 o equivalente y 3 mils de espesor, pintura de acabado tipo pintuco ecp-100 o equivalente y 2 mils de espesor.

### 8.4. Intervención juntas de dilatación del acero

Las juntas de dilatación deben ser reparadas, pues en las mismas se encuentran deterioradas y afectan la estructura, por el "golpe" que reciben las mismas, en el momento que la carga entra y sale del puente. Para realizar esta reparación, se propone construir la junta con el siguiente procedimiento.

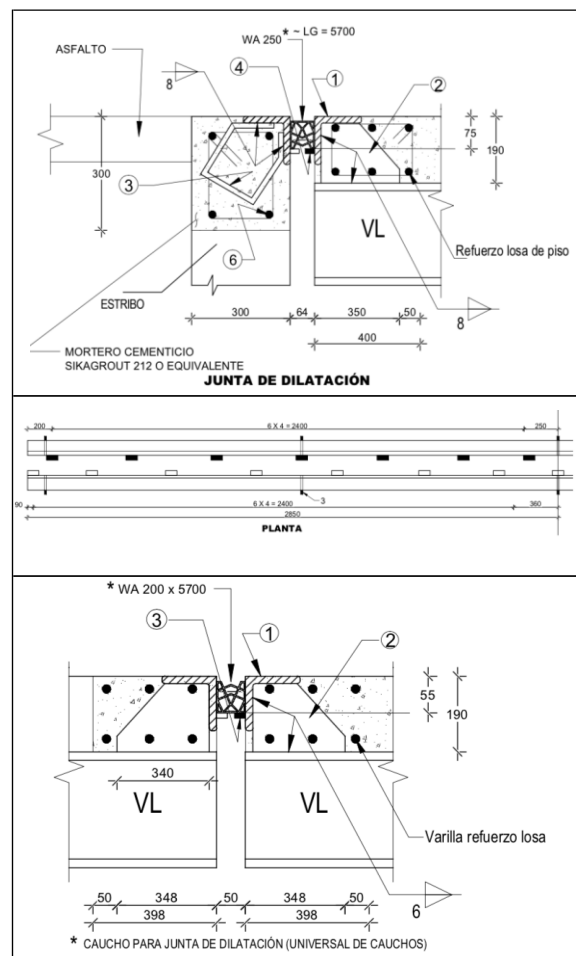


Figura 46. Reparación por la acción de la corrosión.

Fuente propia

### 8.5. Intervención por socavación en estribos del puente

La socavación es uno de los factores que más influyen al deterioro, detrimento y múltiples afectaciones que sufren los puentes a lo largo de su vida útil. Existen diferentes métodos para poder minimizar y realizar monitoreos tanto a la estructura como al cauce para su protección.

Las medidas de protección más frecuentes se clasifican en tres grupos:

Tabla 7: *Medidas de protección ante socavación*

<b>TIPO DE MEDIDA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDIDA</b>
Medidas hidráulicas	Protección del lecho y bancas del cauce construidas a lo largo o a la orilla contra las fuerzas erosivas del flujo de agua	1. estructuras de control fluvial: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitudinales (muros, revestimientos)</li> <li>- Estructuras transversales al flujo de agua (espolones, vertederos de cresta ancha sumergidos)</li> <li>- Combinación entre las longitudinales y transversales</li> </ul> 2. Protección a pilas y estribos del puente: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revestimientos con enrocados, bolsas rellenas, gaviones.</li> <li>- Pantallas aguas arriba o pilas auxiliares</li> <li>- Diques de encauzamiento</li> </ul>
Medidas Estructurales	Modificaciones estructuralmente al puente	1. Reforzamiento de cimentación a la estructura- <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recalces, encamisados, mejoramiento del suelo cimentación, profundización en la cimentación.</li> </ul> 2. Modificaciones del puente <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geometría del puente</li> <li>- Reemplazo de pilas o estribos</li> <li>- Reemplazo del puente</li> </ul>
Monitoreo	Información del cauce; alertar problemas y fallas	

Siempre que se realicen medidas de protección para estas estructuras se debe hacer un estudio para determinar el tipo de alternativa más adecuada para su intervención.



*Figura 47.* Imagen de estribos socavados del paciente.

### **8.6. Medidas hidráulicas para protección de puentes**

Se realizan para modificar las líneas de corriente de agua y poder resistir las fuerzas del flujo del cauce, estas medidas son reconocidas como soluciones temporales ya que el agua tarde o temprano las afecta y las destruye.

Se realizan para la protección de la estructura para las épocas de invierno, cuando el caudal del río aumenta y se producen crecientes.

### **8.7. Medidas de solución que adoptamos para nuestro puente Centenario**

La medida de solución ante la socavación del pilar central del puente, es un recalce con concreto ciclópeo y dragado del río.

## **9. Conclusiones**

De acuerdo a la inspección visual realizada al puente Centenario, se logró identificar en sus cerchas principales oxidación y suciedad, en el tablero principal capa de rodadura vehicular fisuras transversales, desprendimiento, eflorescencias laterales y presencia de material vegetal, en el tablero del paso peatonal adosado al puente principal en su tablero se identificó corrosión y desprendimiento de lámina.

Las causas de las lesiones identificadas, son producidas por humedad, por falta de mantenimiento, por agentes atmosféricos, favorecidos por las variaciones climáticas de la ciudad de Neiva, lo que genera inicio de corrosión, desprendimientos, acumulación de suciedad, grietas, facilitando los ataques físicos y químicos.

Se desarrollaron ensayos no destructivos (NDT), potencial de corrosión a los estribos del puente, tintas o líquidos penetrantes al tablero del puente peatonal, registro de temperatura con termohigrómetro digital, carbonatación del concreto a losa, vigas y estribos del puente con el método de los cuatro (4) puntos.

Se desarrolló un estudio de vulnerabilidad, donde se logró determinar que algunos elementos entre los que se encuentran los perfiles HE260A, IPE400, IPE300, ángulos LL4X4X6X6, su índice de sobreesfuerzo supera la unidad, es decir sobrepasa el 100% de su capacidad de respuesta favorable, por tal razón se desarrolla un modelado y se obtiene un reforzamiento de estos sectores para que el puente sea funcional y cumpla con las exigencias de normativa vigente NSR 10 y CCP14.

De acuerdo a los resultados obtenidos con los ensayos no destructivos y el estudio de vulnerabilidad, se logró determinar su reforzamiento y el tipo de intervención, se propone la intervención con ánodos de sacrificio para mitigar los problemas de corrosión en los estribos del puente para garantizar una vida útil de 40 años, se reforzara con perfiles metálicos los elementos que no cumplen con los índices de sobreesfuerzo, por los problemas de socavación en las estructuras de estribos, se propone dragado del río, recalce de estructuras en concreto ciclópeo e instalación de bolsacretos, reparación de juntas en la losa del puente, retiro de óxido y aplicación de pintura general a todos los elementos metálicos del puente.

El diseño de la propuesta de intervención en el caso del potencial de corrosión en los estribos del puente, se propuso el suministro e instalación de ánodos de Zinc según la ASTM B418 Tipo I de 100 gramos para darle a la estructura una protección de 40 años.

De acuerdo al estudio de vulnerabilidad y reforzamiento, a los perfiles HEA260A se les debe adicionar un perfil tubular de 3 cm de alto por 26 cm de ancho con cordón de soldadura continuo con electrodo XX70, el ángulo LL4X4X6X6 se le debe adosar un ángulo de iguales dimensiones y un espesor de 1/4 de pulgada con cordón de soldadura continuo con electrodo XX70, el perfil IPE400 se debe aumentar el ancho en el patín inferior y superior en 20 cm con cordón de soldadura continuo con electrodo XX70, el perfil IPE360 se debe aumentar el ancho en el patín inferior y superior en 180 cm con cordón de soldadura continuo con electrodo XX70.

Para mitigar y controlar los problemas de oxidación, eflorescencias, material vegetal y suciedad, se debe aplicar un recubrimiento tipo esmalte alquídico de Sika o similar, para tubería metálica en todos y cada uno de los elementos metálicos que integran el puente.

## **10. Bibliografía**

- Bolin, B., Sukumar, R. 2000. Global Perspective. In: land Use, Land–Use change and Forestry, R.T. Watson, I. R. Noble, B. Bolin, N. H. Ravindranath, D. J. Verardo, D. J. Dokken (eds.). Cambridge University Press. Cambridge. UK, pp 23–51.
- Instituto Americano del Concreto (1990). NORMA ACI 116R Cement and Concrete Terminology.
- Instituto Americano del Concreto NORMA (1990). ACI 222R Corrosion of Metals in Concrete.
- Instituto americano del Concreto (1997). NORMA ACI 201.1R Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service.
- Instituto Americano del Concreto (1997). NORMA ACI 211.1 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.
- Instituto Americano del Concreto (1999). NORMA ACI 212.3R Chemical Admixtures for Concrete.
- Instituto Americano del Concreto (2001). NORMA ACI 221R Guide for Use of Normal Weight Aggregates in Concrete.
- Instituto Americano del Concreto (2002) NORMA ACI 207.2R Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Mass Concrete.
- Instituto Americano del Concreto (2002). NORMA ACI 318/318R Building Code Requirements for Structural Concrete, and Commentary.
- Instituto Americano del Concreto (2005). NORMA ACI 207.1R Mass Concrete.
- Instituto Americano del Concreto (2007). NORMA ACI 224R Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón.
- Instituto Americano del Concreto Norma (2008) ACI 210R Erosion of Concrete in Hydraulic Structures.

Anexos

Anexo A. Presupuesto Intervención

PRESUPUESTO DE INTERVENCIÓN PUENTE CENTENARIO NEIVA HUILA									
ITEM	NOMBRE DE TAREA	UND	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL	% DE INCIDENCIA	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION	DURACION EN DIAS
									60
<b>A. PRELIMINARES</b>									
A1	COMITÉ DE ARRANQUE	UND	1,00				3/02/2020	3/02/2020	
A2	REUNION DE SOCIALIZACIÓN	UND	1,00				4/02/2020	4/02/2020	
A3	PERMISOS DE TRABAJO	UND	1,00				5/02/2020	9/02/2020	
A4	FECHA TENTATIVA DE INICIO	UND	1,00				6/02/2020	6/04/2020	
<b>1. ANODOS DE SACRIFICIO EN ESTRIBOS DEL PUENTE</b>									
1,1	Suministro e instalación de ánodos de Zinc según la ASTM B418 Tipo I de 100 gramos para darle a la estructura una protección mayor a 40 años, del análisis realizado se deben instalar 10 ánodos de protección por estructura mínimo de 100 gramos.	Und	10,00	\$ 535.600	\$ 5.356.000	0,93	6/02/2020	21/02/2020	
1,2	Reparación de concreto por la instalación de ánodos de sacrificio, incluye concreto fluido de resistencia 4000 PSI	M2	3,00	\$ 295.800	\$ 887.400	0,15	11/02/2020	25/02/2020	
SUBTOTAL					<b>\$ 6.243.400</b>	<b>1,08</b>			
<b>2. REFORZAMIENTO Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO EN PUENTE CENTENARIO ESTRUCTURA METALICA</b>									
2,1	Reforzamiento de estructura metálica a todo costo, incluye soldadura, tubería, andamiaje.	Kg	6.890,00	\$ 39.800	\$ 274.222.000	47,54	26/02/2020	27/03/2020	
2,2	Aplicación de recubrimiento Esmalte Alquídico; para tubería metálica puente centenario, incluye andamios y trabajos en alturas	ml	100,00	\$ 245.800	\$ 24.580.000	4,26	2/03/2020	6/05/2020	
SUBTOTAL					<b>\$298.802.000</b>	<b>51,80</b>			
<b>3. INSTALACIÓN DE JUNTAS DE DILATACIÓN PUENTE CENTENARIO</b>									
3,1	Suministro en instalación de JUNTAS ELASTOMÉRICAS ANCLADAS para	ml	20,00	\$ 523.690	\$ 10.473.800	1,82	7/03/2020	19/03/2020	
SUBTOTAL					<b>\$ 10.473.800</b>	<b>1,82</b>			
<b>4. OBRAS DE PROTECCIÓN ESTRIBOS DEL PUENTE Y DRAGADO DEL RÍO</b>									
4,1	Dragado del río	m3	6.200,00	\$ 25.800	\$ 159.960.000	27,73	15/03/2020	4/04/2020	
4,2	Suministro e instalación de bolsacretos	m3	140,00	\$ 475.800	\$ 66.612.000	11,55	15/03/2020	4/04/2020	
4,3	Recalce de estribos en concreto ciclopeo de 3000 PSI	m3	60,00	\$ 578.900	\$ 34.734.000	6,02	15/03/2020	4/04/2020	
SUBTOTAL					<b>\$261.306.000</b>	<b>45,30</b>			
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$576.825.200</b>	<b>100,00</b>			
<b>ADMINISTRACIÓN</b>				<b>10%</b>	<b>\$ 57.682.520</b>				
<b>IMPREVISTOS</b>				<b>5%</b>	<b>\$ 28.841.260</b>				
<b>UTILIDAD</b>				<b>4%</b>	<b>\$ 23.073.008</b>				
<b>IVA SOBRE UTILIDAD</b>				<b>19%</b>	<b>\$ 4.383.872</b>				
<b>TOTAL INCLUIDO AIU + IVA SOBRE UTILIDAD</b>					<b>\$690.805.860</b>				

**Anexo B. Programación de servicio. Plan detallado de trabajo.**

ITEM	NOMBRE DE TAREA	UND	INICIO	FINAL	DÍAS
<b>A. PRELIMINARES</b>					
A1	COMITÉ DE ARRANQUE	UND	3/02/2020	3/02/2020	1
A2	REUNION DE SOCIALIZACIÓN	GL	4/02/2020	4/02/2020	1
A3	PERMISOS DE TRABAJO	DIA	5/02/2020	9/02/2020	5
A4	FECHA TENTATIVA DE INICIO	DIA	6/02/2020	6/04/2020	4
1,1	Suministro e instalación de ánodos de Zinc según la ASTM B418 Tipo I de 100 gramos para darle a la estructura una protección mayor a 40 años, del análisis realizado se deben instalar 10 ánodos de protección por estructura mínimo de 100 gramos.	DIA	6/02/2020	21/02/2020	16
1,2	Reparación de concreto por la instalación de ánodos de sacrificio, incluye concreto fluido de resistencia 4000 PSI	DIA	11/02/2020	25/02/2020	15
2,1	Reforzamiento de estructura metálica a todo costo, incluye soldadura, tubería, andamiaje.	DIA	26/02/2020	27/03/2020	31
2,2	Aplicación de recubrimiento Esmalte Alquídico; para tubería metálica puente centenario, incluye andamios y trabajos en alturas	DIA	2/03/2020	6/05/2020	66
3,1	Suministro en instalación de JUNTAS ELASTOMÉRICAS ANCLADAS para puentes	DIA	7/03/2020	19/03/2020	13
4,1	Dragado del río	DIA	15/03/2020	4/04/2020	21
4,2	Suministro e instalación de bolsacretos	DIA	15/03/2020	4/04/2020	21
4,3	Recalce de estribos en concreto ciclopeo de 3000 PSI	DIA	15/03/2020	4/04/2020	21
A6	ENTREGA DE INFORME FINAL DOSIER DE CONSTRUCCIÓN	DIA	4/04/2020	24/04/2020	21
A20	LIQUIDACIÓN DEL CONTRATO	DIA	4/04/2020	19/05/2020	46

**Anexo C. Evaluación de vulnerabilidad sísmica.**

**Condiciones Iniciales.**

CHEQUEO DE ELEMENTOS METALICOS - DE ACUERDO A LA ESTRUCTURA EXISTENTE								
PUENTE VEHICULAR CENTENARIO NEIVA HUILA								
ELEMENTO	SECCIÓN	ISE FLEXION	ISE CORTANTE	Ø Pnt (ton)	Ø Pnc (ton)	Ø Mny (ton-m)	Ø Mnz (ton-m)	cb
M1	IPE 450	0.111	0.072	76.473	225.06	6.287	26.058	1.000
M2	IPE 450	0.115	1.483	76.473	225.06	6.287	26.058	1.000
M3	HE260A	1.076	0.005	107.126	197.725	9.795	20.957	2.243
M4	HE260A	1.271	0.018	128.152	197.725	9.795	18.845	1.000
M5	HE260A	1.205	0.007	86.89	197.725	9.795	20.957	1.497
M6	HE260A	1.137	0.011	107.126	197.725	9.795	20.957	1.448
M7	HE260A	1.268	0.018	128.152	197.725	9.795	18.845	1.000
M8	HE260A	1.196	0.006	86.89	197.725	9.795	20.957	1.537
M9	IPE240	0.663	0.010	14.858	89.067	1.683	7.622	1.727
M10	IPE240	0.91	0.049	14.858	89.067	1.683	7.631	1.729
M11	IPE240	0.863	0.041	14.858	89.067	1.683	7.394	1.676
M12	IPE240	0.684	0.032	14.858	89.067	1.683	7.503	1.700
M13	IPE240	0.305	0.014	14.858	89.067	1.683	7.512	1.702
M14	IPE240	0.639	0.016	14.858	89.067	1.683	8.110	1.838
M15	IPE240	0.628	0.014	14.858	89.067	1.683	7.969	1.806
M16	IPE240	0.285	0.012	14.858	89.067	1.683	7.445	1.687
M17	IPE240	0.719	0.035	14.858	89.067	1.683	7.581	1.718
M18	IPE240	0.997	0.056	14.858	89.067	1.683	7.758	1.758
M19	IPE240	0.24	0.007	14.858	89.067	1.683	7.056	1.599
M20	IPE240	0.833	0.027	14.858	89.067	1.683	8.360	1.968
M21	LL4X4X6X6	1.272	0.006	36.623	116.743	4.124	1.581	2.234
M22	LL4X4X6X6	0.547	0.003	36.623	116.743	4.124	1.581	2.210
M23	LL4X4X6X6	0.885	0.010	35.384	116.743	4.124	2.529	1.204
M24	LL4X4X6X6	0.361	0.004	35.384	116.743	4.124	2.529	1.731
M25	LL4X4X6X6	0.215	0.008	35.384	116.743	4.124	1.581	1.445
M26	LL4X4X6X6	1.012	0.003	35.384	116.743	4.124	1.581	1.987
M27	LL4X4X6X6	0.384	0.003	35.384	116.743	4.124	1.581	1.953
M28	LL4X4X6X6	0.939	0.005	35.384	116.743	4.124	1.581	1.468
M29	LL4X4X6X6	0.097	0.004	35.384	116.743	4.124	2.529	2.143
M30	LL4X4X6X6	0.179	0.010	35.384	116.743	4.124	1.581	1.094
M31	LL4X4X6X6	1.265	0.006	36.623	116.743	4.124	2.529	1.453

CHEQUEO DE ELEMENTOS METALICOS - DE ACUERDO A LA ESTRUCTURA EXISTENTE								
PUENTE VEHICULAR CENTENARIO NEIVA HUILA								
ELEMENTO	SECCIÓN	ISE FEXION	ISE CORTANTE	Ø Pnt (ton)	Ø Pnc (ton)	Ø Mny (ton-m)	Ø Mnz (ton-m)	cb
M32	LL4X4X6X6	0.148	0.004	35.384	116.743	4.124	1.581	2.164
M33	LL4X4X6X6	0.212	0.012	35.384	116.743	4.124	2.529	1.394
M34	LL4X4X6X6	0.944	0.004	35.384	116.743	4.124	2.529	1.446
M35	LL4X4X6X6	0.383	0.004	35.384	116.743	4.124	1.581	1.251
M36	LL4X4X6X6	1.014	0.004	35.384	116.743	4.124	1.581	1.316
M37	LL4X4X6X6	0.127	0.002	35.384	116.743	4.124	1.581	2.243
M38	LL4X4X6X6	0.405	0.009	35.384	116.743	4.124	1.581	1.109
M39	LL4X4X6X6	0.817	0.004	35.384	116.743	4.124	1.581	1.275
M40	LL4X4X6X6	0.513	0.004	36.623	116.743	4.124	1.581	1.792
M41	LL4X4X6X6	1.212	0.003	36.623	116.743	4.124	1.581	2.241
M42	LL4X4X6X6	0.514	0.002	36.623	116.743	4.124	1.581	1.868
M43	LL4X4X6X6	0.696	0.014	36.623	116.743	4.124	1.581	1.584
M44	LL4X4X6X6	1.274	0.004	36.623	116.743	4.124	1.581	1.044
M45	LL4X4X6X6	0.149	0.004	35.384	116.743	4.124	2.529	1.74
M46	LL4X4X6X6	0.825	0.005	35.384	116.743	4.124	2.529	1.883
M47	LL4X4X6X6	0.380	0.008	35.384	116.743	4.124	1.581	1.051
M48	LL4X4X6X6	0.181	0.010	35.384	116.743	4.124	2.529	1.297
M49	LL4X4X6X6	0.102	0.004	35.384	116.743	4.124	1.581	2.203
M50	LL4X4X6X6	0.385	0.005	35.384	116.743	4.124	2.529	1.622
M51	LL4X4X6X6	0.824	0.006	35.384	116.743	4.124	1.581	2.267
M52	LL4X4X6X6	0.328	0.014	35.384	116.743	4.124	1.581	1.555
M53	LL4X4X6X6	0.125	0.003	35.384	116.743	4.124	1.581	2.259
M54	LL4X4X6X6	0.930	0.004	35.384	116.743	4.124	1.581	1.508
M55	LL4X4X6X6	0.214	0.008	35.384	116.743	4.124	1.581	1.471
M56	LL4X4X6X6	0.956	0.005	35.384	116.743	4.124	1.581	1.755
M57	LL4X4X6X6	1.009	0.003	35.384	116.743	4.124	1.581	1.42
M58	LL4X4X6X6	0.380	0.003	35.384	116.743	4.124	1.581	1.748
M59	LL4X4X6X6	0.389	0.004	35.384	116.743	4.124	1.581	1.316
M60	LL4X4X6X6	1.021	0.005	35.384	116.743	4.124	1.581	1.273
M61	IPE400	0.405	0.164	168.177	192.486	5.216	29.703	1.000
M62	IPE400	1.577	0.589	168.177	192.486	5.216	29.703	1.000
M63	IPE400	1.295	0.511	168.177	192.486	5.216	29.703	1.000
M64	IPE400	0.892	0.347	168.177	192.486	5.216	29.703	1.000
M65	IPE400	0.358	0.139	168.177	192.486	5.216	29.703	1.000
M66	IPE400	0.358	0.140	168.177	192.486	5.216	29.703	1.000
M67	IPE400	0.137	0.060	168.177	192.486	5.216	29.703	1.000
M68	IPE400	0.192	0.072	168.177	192.486	5.216	29.703	1.000
M69	LL4X4X6X6	0.32	0.006	21.736	84.063	2.969	1.138	2.207

CHEQUEO DE ELEMENTOS METÁLICOS - DE ACUERDO A LA ESTRUCTURA EXISTENTE								
PUENTE VEHICULAR CENTENARIO NEIVA HUILA								
ELEMENTO	SECCIÓN	ISE FEXION	ISE CORTANTE	Ø Pnt (ton)	Ø Pnc (ton)	Ø Mny (ton-m)	Ø Mnz (ton-m)	cb
M70	LL4X4X6X6	0.204	0.004	21.736	84.063	2.969	1.138	2.211
M71	LL4X4X6X6	0.466	0.006	21.736	84.063	2.969	1.138	2.269
M72	LL4X4X6X6	0.275	0.004	21.736	84.063	2.969	1.138	2.251
M73	LL4X4X6X6	0.147	0.004	21.736	84.063	2.969	1.138	2.26
M74	LL4X4X6X6	0.126	0.004	21.736	84.063	2.969	1.138	2.026
M75	IPE360	0.121	0.061	158.429	165.606	4.351	23.212	1.000
M76	IPE360	0.343	0.132	153.578	165.606	4.351	23.212	1.000
M77	IPE360	0.997	0.570	152.38	165.606	4.351	23.212	1.000
M78	IPE360	1.602	0.420	152.586	165.606	4.351	23.212	1.000
M79	IPE360	0.223	0.083	152.586	165.606	4.351	23.212	1.000
M80	IPE360	0.223	0.080	152.586	165.606	4.351	23.212	1.000
M81	IPE360	0.228	0.082	152.288	165.606	4.351	23.212	1.000
M82	IPE360	0.121	0.061	158.429	165.606	4.351	23.212	1.000
M83	IPE360	0.340	0.131	153.775	165.606	4.351	23.212	1.000
M84	IPE360	1.000	0.571	152.173	165.606	4.351	23.212	1.000
M85	IPE360	1.602	0.420	152.586	165.606	4.351	23.212	1.000
M86	IPE360	0.223	0.083	152.586	165.606	4.351	23.212	1.000
M87	IPE360	0.223	0.080	152.586	165.606	4.351	23.212	1.000
M88	IPE360	0.228	0.082	152.288	165.606	4.351	23.212	1.000
M89	LL4X4X6X6	0.010	0.007	9.750	84.063	2.969	1.821	1.000
M90	LL4X4X6X6	0.007	0.009	9.399	84.063	2.969	1.821	1.000
M91	LL4X4X6X6	-	-	9.399	84.063	2.969	1.821	1.000
M92	LL4X4X6X6	-	-	9.399	84.063	2.969	1.821	1.000
M93	LL4X4X6X6	-	-	9.399	84.063	2.969	1.821	1.000
M94	LL4X4X6X6	-	-	9.399	84.063	2.969	1.821	1.000
M95	LL4X4X6X6	-	-	9.399	84.063	2.969	1.821	1.000
M96	LL4X4X6X6	0.004	0.011	9.399	84.063	2.969	1.821	1.000
M97	LL4X4X6X6	-	-	9.399	84.063	2.969	1.821	1.000
M98	LL4X4X6X6	-	-	9.750	84.063	2.969	1.821	1.000

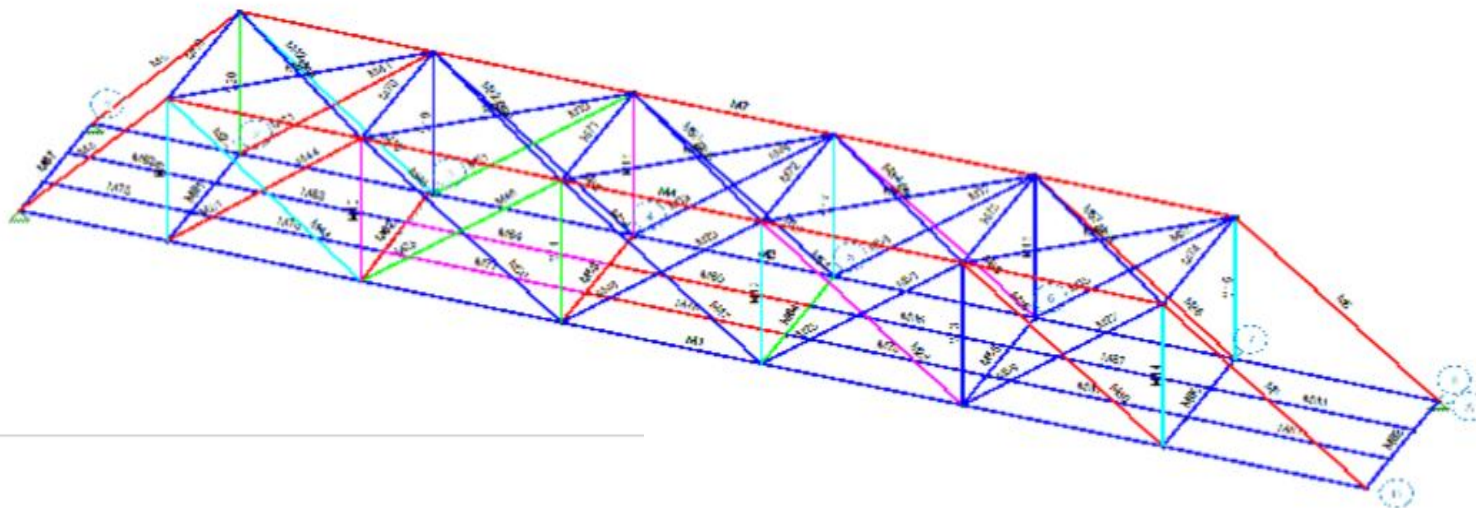
NOTA: LOS PERFILES RESALTADOS EN AMARILLO NO CUMPLEN CON EL INDICE DE SOBREEFUERZO SUPERAN LA UNIDAD

*Condiciones Con Reforzamiento Propuesto.*

CHEQUEO DE ELEMENTOS METALICOS - DE ACUERDO A LA ESTRUCTURA EXISTENTE				
PUENTE VEHICULAR CENTENARIO NEIVA HUILA				
ELEMENTO	SECCIÓN	ISE FEXION	ISE CORTANTE	REFUERZO OBTENIDO
M26	LL4X4X6X6	0.770	0.002	AUMENTAR ESPESOR DE ANGULOS 1/4 DE PULGADA
M31	LL4X4X6X6	0.943	0.005	AUMENTAR ESPESOR DE ANGULOS 1/4 DE PULGADA
M36	LL4X4X6X6	0.768	0.004	AUMENTAR ESPESOR DE ANGULOS 1/4 DE PULGADA
M41	LL4X4X6X6	0.915	0.003	AUMENTAR ESPESOR DE ANGULOS 1/4 DE PULGADA
M44	LL4X4X6X6	0.949	0.003	AUMENTAR ESPESOR DE ANGULOS 1/4 DE PULGADA
M62	IPE400	0.789	0.004	AUMENTAR EL ANCHO DEL PATIN SUPERIOR E INFERIOR EN 20 cm.
M63	IPE400	0.865	0.005	AUMENTAR EL ANCHO DEL PATIN SUPERIOR E INFERIOR EN 20 cm.
M67	IPE400	0.874	0.004	AUMENTAR EL ANCHO DEL PATIN SUPERIOR E INFERIOR EN 20 cm.
M78	IPE360	0.062	0.004	AUMENTAR EL ANCHO DEL PATIN SUPERIOR E INFERIOR EN 18 cm.
M85	IPE360	0.115	0.003	AUMENTAR EL ANCHO DEL PATIN SUPERIOR E INFERIOR EN 18 cm.

NOTA: LOS PERFILES NARANJA CUMPLEN CON EL REFORZAMIENTO PROPUESTO

*Esquema inicial*



NOTA:

LOS PERFILES EN ROJO SON MAYORES QUE EL INDICE DE SOBRE  
ESFUERZO PERMITIDO

**ISE > 1 = NO CUMPLE.**



**Anexo D. Fichas.**

Tabla 8. Ficha #1 barandal


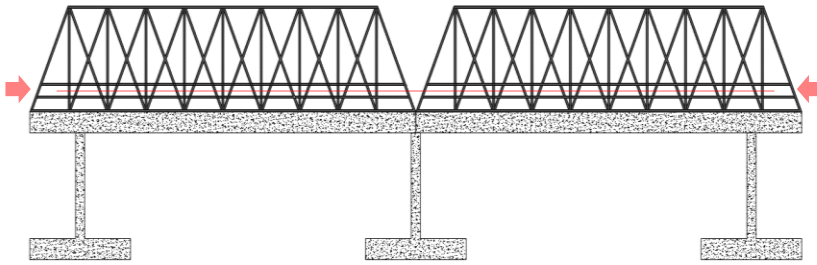
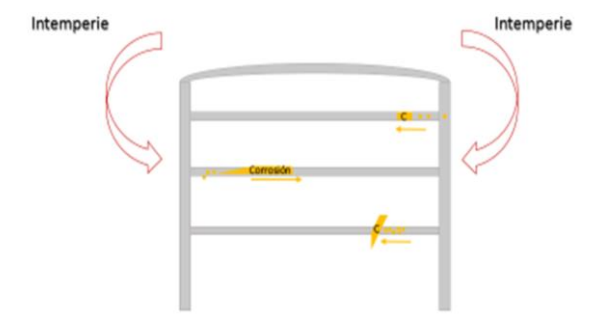
FICHA No. 1		PROYECTO	Puente Centenario, Neiva- Huila	REGISTRO FOTOGRÁFICO	
FECHA	4-dic-18	SISTEMA	Estructura metalica, tipo Pratt de forma rectangular tipología Xs y cerchas estructurales entrelapadas		
MATERIALES	Acero/concreto	CONSTRUCTIVO			
AREA CONSTRUIDA	90 m2	AREA INVESTIGACION	General		
EVALUADOR		ELEMENTO	Barandas de pasa mano		
TIPO DE LESION					
FISICAS		MECANICAS			QUIMICAS
HUMEDAD ACCIDENTAL		GRIETAS		X OXIDACIÓN	
HUMEDAD POR FILTRACION		FISURAS		CORROSIÓN	
HUMEDAD CAPILAR		FRACTURAS		CARBONATACIÓN	
HUMEDAD DE OBRA		DESPRENDIMIENTO		REACCIÓN ALCALI SILICE	
HUMEDAD POR CONDENSACIÓN		PANDEO		EFLORESCENCIAS	
EROSION		DEFORMACION		OTRO	
X SUCIEDAD		EROSION			
OTRO		OTRO			
BIOLOGICAS		CONTEXTO		INDIRECTAS	
PRESENCIA VEGETAL		DESASTRE NATURAL		DISEÑO	
PRESENCIA ANIMAL		DESASTRE TECNOLÓGICO		EJECUCIÓN	
FLÚIDOS		OTRO		MATERIALES	
MATERIAL DESCOMP.				CAMBIO DE USO	
OTRO				MANTENIMIENTO	
				OTRO	
PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN				DESCRIPCIÓN	
				Las barandas de la nueva estructura - puente peatonal, se encuentra con presencia de oxido en todo el largo, la exposición a la intemperie y la falta de protección de los elementos a ocasionado la reacción del material con los agentes de la atmosfera.	
INSPECCIÓN VISUAL				ESQUEMA DE LA LESIÓN	
GRADO DE LESION	SEVERO	COMENTARIO	La presencia de oxido en la estructura es la primera manifestación de una futura lesión más grave, la exposición sin protección de los elementos en acero a la intemperie puede acarrear corrosión, pérdida de material y debilitamiento de las piezas.		
	MODERADO				
	LEVE				
NECESIDAD DE RECUPERACIÓN	ALTA	COMENTARIO	Realizar un mantenimiento periodico a los elementos que componen la estructura, limpieza y protección para mitigar o controlar el deterioro prematuro y funcionalidad.		
	MEDIA				
	CONVENIENTE				
RIESGO DE AFECTACIÓN	FUNCIONABILIDAD	COMENTARIO	La estructura aun es funcional, aunque visualmente no genera una buena impresión y como pasa mano el personal transeunte evita sujetar estos elementos oxidados.	<b>OBSERVACIONES</b> Esta estructura requiere un mantenimiento de las piezas con presencia de oxido, limpieza y pintura en esmalte para protección de los agentes atmosfericos.	
	SEGURIDAD				
	ASPECTO				

Tabla 9. Ficha #2 tablero de circulación peatonal


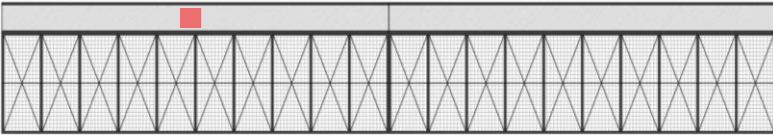
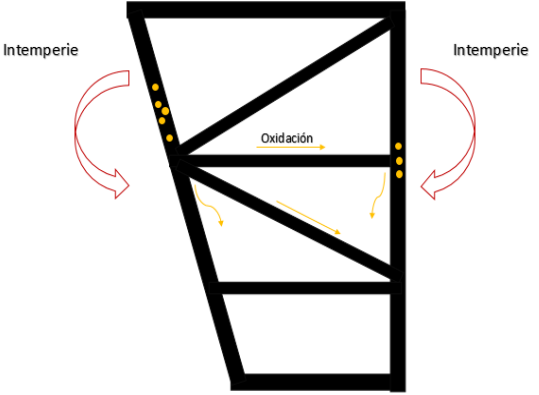
<b>FICHA No.</b>	1	<b>PROYECTO</b>	Puente Centenario, Neiva- Huila		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>	
<b>FECHA</b>	4-dic-18	<b>SISTEMA</b>	Estructura metálica, tipo Pratt de forma rectangular			
<b>MATERIALES</b>	Acero/concreto	<b>CONSTRUCTIVO</b>	tipología Xs y cerchas estructurales entrelapadas			
<b>AREA CONSTRUIDA</b>	90 m <sup>2</sup>	<b>AREA INVESTIGACION</b>	General			
<b>EVALUADOR</b>		<b>ELEMENTO</b>	Tablero de circulación-peatonal			
<b>TIPO DE LESION</b>						
<b>FISICAS</b>		<b>MECANICAS</b>		<b>QUIMICAS</b>		
HUMEDAD ACCIDENTAL		GRIETAS		OXIDACIÓN		
HUMEDAD POR FILTRACION		FISURAS		X CORROSIÓN		
HUMEDAD CAPILAR		FRACTURAS		CARBONATACIÓN		
HUMEDAD DE OBRA		X DESPRENDIMIENTO		REACCIÓN ALCALI SILICE		
HUMEDAD POR CONDENSACIÓN		PANDEO		EFLORESCENCIAS		
EROSION		DEFORMACION		OTRO		
SUCIEDAD		EROSION				
OTRO		OTRO				
<b>BIOLOGICAS</b>		<b>CONTEXTO</b>		<b>INDIRECTAS</b>		
PRESENCIA VEGETAL		DESASTRE NATURAL		DISEÑO		
PRESENCIA ANIMAL		DESASTRE TECNOLÓGICO		EJECUCIÓN		
FLUÍDOS		OTRO		MATERIALES		
MATERIAL DESCOMP.				CAMBIO DE USO		
OTRO				MANTENIMIENTO		
				OTRO		
<b>PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN</b>						
						
<b>DESCRIPCIÓN</b>						
que funciona como plataforma de circulación peatonal, presenta pérdida de material, producto del desgaste y corrosión, por falta de mantenimiento y uso de la estructura.					La lámina	
<b>ESQUEMA DE LA LESIÓN</b>						
						
<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>						
<b>GRADO DE LESION</b>	SEVERO	COMENTARIO	El grado de la lesión es moderado, aunque no afecta la capacidad estructural o la estabilidad del puente, puede aumentar el área de afectación.		EI	
	MODERADO					
	LEVE					
<b>NECESIDAD DE RECUPERACIÓN</b>	ALTA	COMENTARIO	La necesidad de recuperación es media, es necesario realizar su reparación y evitar que se incrementen los efectos por oxidación y corrosión del elemento, el cual es más propenso a éstos debido a la fractura del material.		La	
	MEDIA					
	CONVENIENTE					
<b>RIESGO DE AFECTACIÓN</b>	FUNCIONABILIDAD	COMENTARIO	Riesgo de afectación por seguridad, la presencia de irregularidades en la superficie podría provocar accidentes a peatones.			
	SEGURIDAD					
	ASPECTO					
<b>OBSERVACIONES</b>						
El exceso de oxidación, la falta de mantenimiento, acarrearán corrosión de los elementos, provocando pérdida de material, debilitando la estructura afectando la funcionalidad de los elementos, seguridad y aspecto. Hacer un mantenimiento preventivo de la estructura y reposición de las piezas afectadas.						

Tabla 10. Ficha #3 plataforma


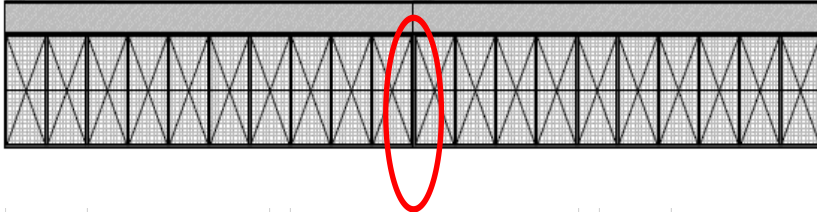
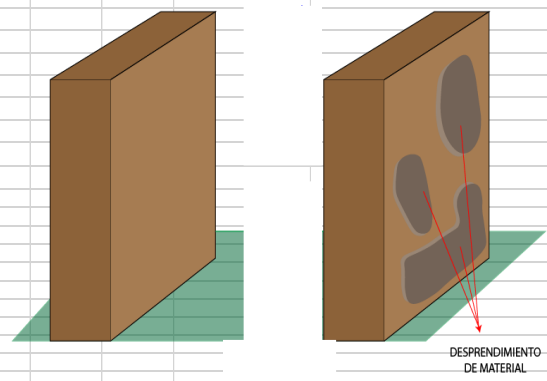
FICHA No.		3	PROYECTO	PUENTE CENTENARIO NEIVA HUILA		REGISTRO FOTOGRÁFICO	
FECHA		4/12/2018	SISTEMA	Estructura metálica, tipo Pratt de forma rectangular, tipología X's" y cerchas estructurales entrelapadas			
MATERIALES		Acero-concreto	CONSTRUCTIVO				
AREA CONSTRUIDA		90m2	AREA INVESTIGACION	General			
EVALUADOR		SCDR	ELEMENTO	Plataforma			
TIPO DE LESION							
FISICAS		MECANICAS		QUIMICAS			
HUMEDAD ACCIDENTAL		GRIETAS		OXIDACION			
HUMEDAD POR FILTRACION		FISURAS		CORROSION			
HUMEDAD CAPILAR		FRACTURAS		CARBONATACION			
HUMEDAD DE OBRA		X DESPRENDIMIENTO		REACCION ALCALI SILICE			
HUMEDAD POR CONDENSACION		PANDEO		EFLORESCENCIAS			
EROSION		DEFORMACION		OTRO			
SUCIEDAD		EROSION					
OTRO		OTRO					
BIOLOGICAS		CONTEXTO		INDIRECTAS			
PRESENCIA VEGETAL		DESASTRE NATURAL		DISEÑO			
PRESENCIA ANIMAL		DESASTRE TECNOLÓGICO		EJECUCIÓN			
FLUIDOS		OTRO		MATERIALES			
MATERIAL DESCOMP.				CAMBIO DE USO			
OTRO				MANTENIMIENTO			
				OTRO			
PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN							
							
<b>DESCRIPCIÓN</b> Se observa que el recubrimiento del puente, situado encima de la junta del mismo, presenta pérdida y desprendimientos de material; ésta lesión se debe al constante flujo vehicular, el cual, debido a la fricción que generan las ruedas sobre el asfalto, produce el desgaste del mismo. Así mismo, debido a posibles movimientos en la junta, se generó una discontinuidad en la superficie, haciendo que ésta quedara desnivelada y haciéndola propensa a sufrir impactos que originan el desprendimiento del material.							
ESQUEMA DE LA LESIÓN							
							
<b>OBSERVACIONES</b> Se produce desprendimiento entre un material de acabado y el soporte al que está aplicado por falta de adherencia entre ambos, y suele producirse como consecuencia de otras lesiones previas, como humedades, deformaciones o grietas.							
INSPECCIÓN VISUAL							
GRADO DE LESION	SEVERO	COMENTARIO: El grado de la lesión es moderado, aunque no afecta la capacidad estructural o la estabilidad del puente, puede aumentar el área de afectación.					
	MODERADO						
	LEVE						
NECESIDAD DE RECUPERACIÓN	ALTA	COMENTARIO: La necesidad de recuperación es media, es necesario realizar su reparación y evitar que se afecte la junta estructural.					
	MEDIA						
	CONVENIENTE						
RIESGO DE AFECTACIÓN	FUNCIONABILIDAD	COMENTARIO: Riesgo de afectación por seguridad, la presencia de irregularidades en la superficie podría provocar accidentes viales.					
	SEGURIDAD						
	ASPECTO						
COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES							

Tabla 11. Ficha #4 Pernos de Anclaje


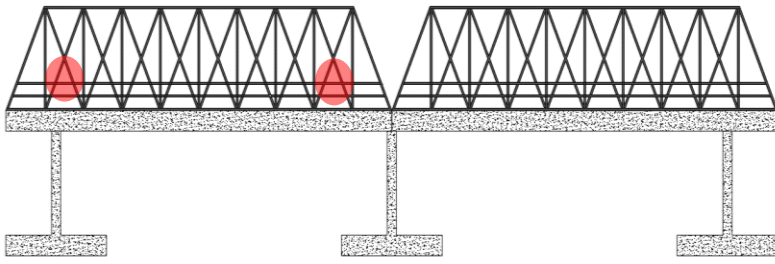
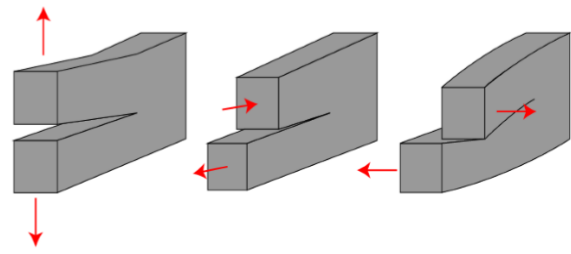

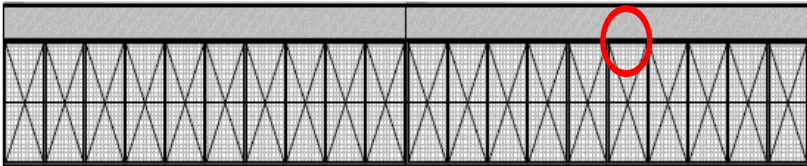
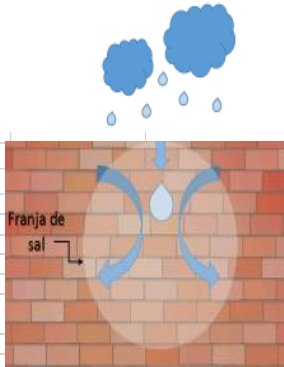
<b>FICHA No.</b>	4	<b>PROYECTO</b>	Puente Centenario, Neiva- Huila	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b> 
<b>FECHA</b>	4-dic-18	<b>SISTEMA</b>	Estructura metalica, tipo Pratt de forma rectangular	
<b>MATERIALES</b>	Acero/concreto	<b>CONSTRUCTIVO</b>	tipología Xs y cerchas estructurales entrelapadas	
<b>AREA CONSTRUIDA</b>	90 m2	<b>AREA INVESTIGACION</b>	General	
<b>EVALUADOR</b>		<b>ELEMENTO</b>	Pernos de anclaje	
<b>TIPO DE LESION</b>				
<b>FISICAS</b>		<b>MECANICAS</b>		<b>QUIMICAS</b>
HUMEDAD ACCIDENTAL		GRIETAS		OXIDACIÓN
HUMEDAD POR FILTRACION		FISURAS		X CORROSIÓN
HUMEDAD CAPILAR	X	FRACTURAS		CARBONATACIÓN
HUMEDAD DE OBRA		DESPRENDIMIENTO		REACCIÓN ALCALI SILICE
HUMEDAD POR CONDENSACIÓN		PANDEO		EFLORESCENCIAS
EROSION		DEFORMACION		OTRO
SUCIEDAD		EROSION		
OTRO		OTRO		
<b>BIOLOGICAS</b>		<b>CONTEXTO</b>		<b>INDIRECTAS</b>
PRESENCIA VEGETAL		DESASTRE NATURAL		DISEÑO
PRESENCIA ANIMAL		DESASTRE TECNOLÓGICO		EJECUCIÓN
FLUÍDOS		OTRO		MATERIALES
MATERIAL DESCOMP.				CAMBIO DE USO
OTRO				MANTENIMIENTO
				OTRO
<b>PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN</b>				<b>DESCRIPCIÓN</b> Desgaste por flujo vehicular en la zonas ancladas con pernos, debido a movimientos generados por el tránsito vehicular genero la fractura en las zonas de anclaje de las celosías, fatiga del elemento más la corrosión de las piezas debilita la resistencia y genera fisuras en los elementos.
				
<b>ESQUEMA DE LA LESIÓN</b>				
				
<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>				
<b>GRADO DE LESION</b>	SEVERO	COMENTARIO	Se esta viendo involucrado la capacidad estructural del elemento, ya que las fisuras por fatiga de los anclajes puede generar un desprendimiento de una pieza de soporte de carga o estabilidad de la estructura.	
	MODERADO			
	LEVE			
<b>NECESIDAD DE RECUPERACIÓN</b>	ALTA	COMENTARIO	Mantenimeinto preventivo de los elementos estructurales que componen el puente, la corrosión facilita las presencia de fisuras y perdida del material. Se requiere hacer reforzamiento de los anclajes.	
	MEDIA			
	CONVENIENTE			
<b>RIESGO DE AFECTACIÓN</b>	FUNCIONABILIDAD	COMENTARIO	El debilitamiento de los anclajes afecta la seguridad de la estructura, con el paso del tiempo la fisura incrementan en espesor y puede colapsar. La funcionalidad del puente se ve afectada, ya que el tránsito vehicular debe disminuir para mitigar cargas a la estructura.	
	SEGURIDAD			
	ASPECTO			
				<b>OBSERVACIONES</b> Las fisuras presentes en los anclajes por fatiga de los elementos y presencia de corrosión en las piezas, afecta la seguridad de los elementos. Se requiere mantenimiento y reforzamiento de esta estructura.

Tabla 12. Ficha #5 Plataforma

<b>FICHA No.</b>	5	<b>PROYECTO</b>	PUENTE CENTENARIO NEVA HUILA		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>
<b>FECHA</b>	4/12/2018	<b>SISTEMA</b>	Estructura metálica, tipo Pratt de forma rectangular, tipología X s" y cerchas estructurales entrelapadas		
<b>MATERIALES</b>	Concreto	<b>CONSTRUCTIVO</b>			
<b>AREA CONSTRUIDA</b>	90m2	<b>AREA INVESTIGACION</b>	General		
<b>EVALUADOR</b>	SCDR	<b>ELEMENTO</b>	Plataforma		
<b>TIPO DE LESION</b>					
<b>FISICAS</b>		<b>MECANICAS</b>		<b>QUIMICAS</b>	
HUMEDAD ACCIDENTAL		GRIETAS		OXIDACIÓN	
HUMEDAD POR FILTRACION		FISURAS		CORROSIÓN	
HUMEDAD CAPILAR		FRACTURAS		CARBONATACIÓN	
HUMEDAD DE OBRA		DESPRENDIMIENTO		REACCIÓN ALCALI SILICE	
HUMEDAD POR CONDENSACIÓN		PANDEO	X	EFLORESCENCIAS	
EROSION		DEFORMACION		OTRO	
SUCIEDAD		EROSION			
OTRO		OTRO			
<b>BIOLOGICAS</b>		<b>CONTEXTO</b>		<b>INDIRECTAS</b>	
PRESENCIA VEGETAL		DESASTRE NATURAL		DISEÑO	
PRESENCIA ANIMAL		DESASTRE TECNOLÓGICO		EJECUCIÓN	
FLUÍDOS		OTRO		MATERIALES	
MATERIAL DESCOMP.				CAMBIO DE USO	
OTRO				MANTENIMIENTO	
				OTRO	
<b>PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN</b>					
					
<b>DESCRIPCIÓN</b> A un costado del puente vehicular, debido a la exposición a las condiciones del exterior, en un bordillo de concreto se evidencian efflorescencias, las cuales se producen por las reacciones de algunos materiales a la presencia de humedades.					
<b>ESQUEMA DE LA LESIÓN</b>					
					
<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>					
<b>GRADO DE LESION</b>	SEVERO	COMENTARIO: El grado de la lesión es moderado, aunque no afecta la capacidad estructural o la estabilidad del puente, puede aumentar el área de afectación.			
	MODERADO				
	LEVE				
<b>NECESIDAD DE RECUPERACIÓN</b>	ALTA	COMENTARIO: La necesidad de recuperación es conveniente, de no realizarse ninguna intervención, se podrían ver afectada la composición de los materiales			
	MEDIA				
	CONVENIENTE				
<b>RIESGO DE AFECTACIÓN</b>	FUNCIONABILIDAD	COMENTARIO: Riesgo de afectación por aspecto.			
	SEGURIDAD				
	ASPECTO				
<b>COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES</b>					

**DESCRIPCIÓN** A un costado del puente vehicular, debido a la exposición a las condiciones del exterior, en un bordillo de concreto se evidencian efflorescencias, las cuales se producen por las reacciones de algunos materiales a la presencia de humedades.

**OBSERVACIONES** Las efflorescencias se producen como consecuencia de la reacción entre el agua y algunos componentes de los materiales, en los cuales se produce la exudación de sales, que generan manchas de color blanco sobre las superficies.

Tabla 13. Ficha #6 Tablero de Circulación


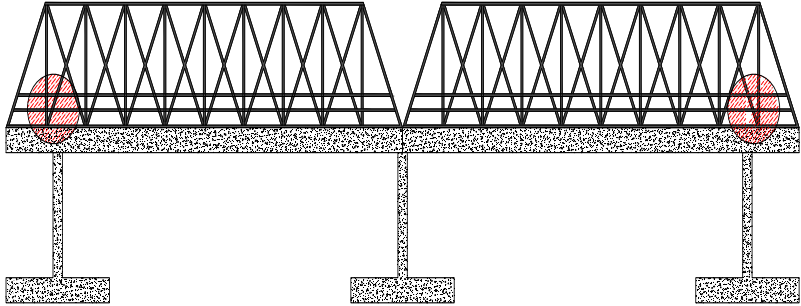


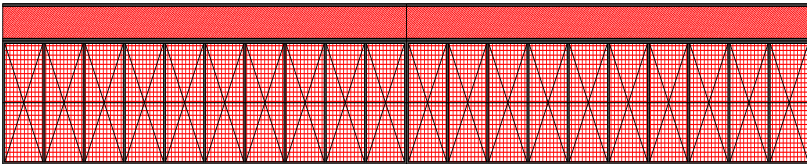
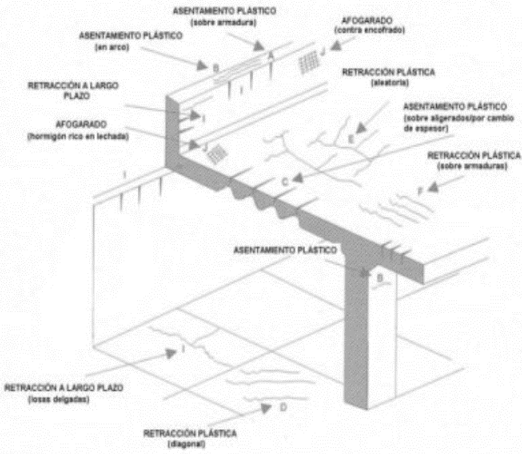
<b>FICHA No.</b>	006	<b>PROYECTO</b>	PUENTE CENTENARIO NEIVA - HUILA	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>
<b>FECHA</b>	4-dic-18	<b>SISTEMA</b>	Estructura metálica, tipo Pratt de forma rectangular, tipología X's y cerchas estructurales entrelapadas	
<b>MATERIALES</b>	Acero - concreto	<b>CONSTRUCTIVO</b>		
<b>AREA CONSTRUIDA</b>	90m2	<b>AREA INVESTIGACION</b>	General	
<b>EVALUADOR</b>		<b>ELEMENTO</b>	Tablero de circulación	
<b>TIPO DE LESION</b>				
<b>FISICAS</b>		<b>MECANICAS</b>	<b>QUIMICAS</b>	
HUMEDAD ACCIDENTAL		GRIETAS	OXIDACIÓN	
HUMEDAD POR FILTRACION		FISURAS	CORROSIÓN	
HUMEDAD CAPILAR		FRACTURAS	CARBONATACIÓN	
HUMEDAD DE OBRA		DESPRENDIMIENTO	REACCIÓN ALCALI SILICE	
HUMEDAD POR CONDENSACIÓN		PANDEO	EFLORESCENCIAS	
EROSION		DEFORMACION	OTRO	
SUCIEDAD		EROSION		
OTRO		OTRO		
<b>BIOLOGICAS</b>		<b>CONTEXTO</b>	<b>INDIRECTAS</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> PRESENCIA VEGETAL		DESASTRE NATURAL	DISEÑO	
PRESENCIA ANIMAL		DESASTRE TECNOLÓGICO	EJECUCIÓN	
FLUÍDOS		OTRO	MATERIALES	
MATERIAL DESCOMP.			CAMBIO DE USO	
OTRO			MANTENIMIENTO	
			OTRO	
<b>PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN</b>				<b>DESCRIPCIÓN</b>
				
<p>El puente se encuentra localizado sobre el río las ceibas, lo que hace una fácil presencia de organismos vegetales y/o animales. Se evidencia la falta de mantenimiento ya que la maleza lleva creciendo allí durante muchos años y, aunque esto aparentemente no afecta la resistencia y/o durabilidad del puente, si tiene un muy mal aspecto y puede presentarse una lesión más grave a futuro.</p>				<b>ESQUEMA DE LA LESIÓN</b>
				
<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>				<b>OBSERVACIONES</b>
GRADO DE LESION	SEVERO	<b>COMENTARIO</b> Es una lesión de un grado leve ya que no está comprometiendo resistencia, funcionalidad ni durabilidad de la estructura.		
	MODERADO			
	LEVE			
NECESIDAD DE RECUPERACIÓN	ALTA	<b>COMENTARIO</b> Aunque ésta lesión no compromete la resistencia de la estructura, es recomendable darle una pronta solución ya que con el paso del tiempo puede generar lesiones más graves		
	MEDIA			
	CONVENIENTE			
RIESGO DE AFECTACIÓN	FUNCIONABILIDAD	<b>COMENTARIO</b> Es evidente que la lesión sí está afectando en gran medida el aspecto físico de la estructura.		
	SEGURIDAD			
	ASPECTO			

Tabla 14. Ficha #7 Tablero de Circulación Peatonal

<b>FICHA No.</b>	007	<b>PROYECTO</b>	PUENTE CENTENARIO NEIVA - HUILA	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
<b>FECHA</b>	4-dic-18	<b>SISTEMA</b>	Estructura metálica, tipo Pratt de forma rectangular, tipología X's y cerchas estructurales entrelapadas			
<b>MATERIALES</b>	Acero - concreto	<b>CONSTRUCTIVO</b>				
<b>AREA CONSTRUIDA</b>	90m2	<b>AREA INVESTIGACION</b>	General			
<b>EVALUADOR</b>		<b>ELEMENTO</b>	Tablero de circulación			
<b>TIPO DE LESION</b>						
<b>FISICAS</b>		<b>MECANICAS</b>			<b>QUIMICAS</b>	
HUMEDAD ACCIDENTAL		GRIETAS			OXIDACIÓN	
HUMEDAD POR FILTRACION		<b>X</b> FISURAS			CORROSIÓN	
HUMEDAD CAPILAR		FRACTURAS			CARBONATACIÓN	
HUMEDAD DE OBRA		DESPRENDIMIENTO			REACCIÓN ALCALI SILICE	
HUMEDAD POR CONDENSACIÓN		PANDEO		EFLORESCENCIAS		
EROSION		DEFORMACION		OTRO		
SUCIEDAD		EROSION				
OTRO		OTRO				
<b>BIOLOGICAS</b>		<b>CONTEXTO</b>		<b>INDIRECTAS</b>		
PRESENCIA VEGETAL		DESASTRE NATURAL		DISEÑO		
PRESENCIA ANIMAL		DESASTRE TECNOLÓGICO		EJECUCIÓN		
FLUÍDOS		OTRO		MATERIALES		
MATERIAL DESCOMP.				CAMBIO DE USO		
OTRO				MANTENIMIENTO		
				OTRO		
<b>PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN</b>				<b>DESCRIPCIÓN</b>		
				<p>El tablero de circulación presenta fisuras, posiblemente por desgaste, fatiga y falta de mantenimiento. Es de gran importancia realizar ensayos para poder determinar sus causales y sus tratamientos.</p>		
<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>				<b>ESQUEMA DE LA LESIÓN</b>		
<b>GRADO DE LESION</b>	SEVERO	<b>COMENTARIO</b> Actualmente el grado de lesión es moderado, pero si no recibe una intervención prontamente, éstas fisuras pueden pasar a ser grietas y provocar fracturas y desprendimientos mayores a la estructura.				
	MODERADO					
	LEVE					
<b>NECESIDAD DE RECUPERACIÓN</b>	ALTA	<b>COMENTARIO</b> La lesión tiene un alto grado de necesidad de reparación, ya que está comprometido el elemento de mayor importancia y puede provocarse un terrible accidente.				
	MEDIA					
	CONVENIENTE					
<b>RIESGO DE AFECTACIÓN</b>	FUNCIONABILIDAD	<b>COMENTARIO</b> Ésta lesión está afectando el aspecto físico a la estructura, dando un mal aspecto y alarmando a los usuarios de éste; Además la seguridad de las personas que transitan diariamente por ella se ve en riesgo dado que la lesión puede aumentar, afectando también la funcionalidad de la estructura.			<b>OBSERVACIONES</b>	
	SEGURIDAD				Es importante realizar una serie de ensayos para poder determinar el grado de la lesión con exactitud y así poder realizar una pronta intervención.	
	ASPECTO					