

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Construcción
Maestría en Ingeniería Vial

ACTA DE APROBACION DE PROYECTO FINAL

Con fundamento en lo que establecen los Artículos 22-24-25 del "Manual de Normas y Procedimientos para optar por el título de MAESTRÍA", el Tribunal Examinador del Informe Final de Tesis denominado:

Propuesta de Modelo de priorización y metodologías para la intervención de losas, juntas y apoyos en puentes

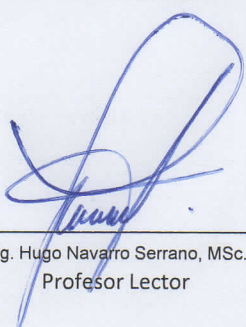
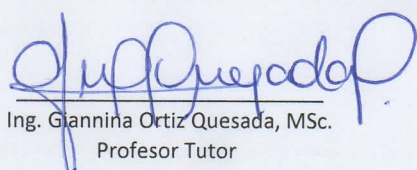
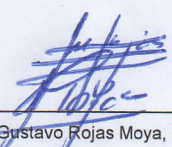
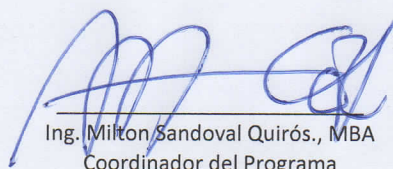
Habiendo analizado el resultado del trabajo presentado por el(los) estudiante(s):

Primer Apellido	Segundo Apellido	Nombre	No. de carné
PÁEZ	GONZÁLEZ	BYRON GERARDO	2013389904

Emite el siguiente dictamen:

☒ APROBADO	☐ REPROBADO ☐ SE RECOMIENDA ☐ NO SE RECOMIENDA Brindarle una nueva oportunidad para la DEFENSA PÚBLICA de su proyecto final. NUEVA FECHA: _____
---	--

Dando fé de lo aquí expuesto firmamos:

 Ing. Hugo Navarro Serrano, MSc. Profesor Lector	 Ing. Giannina Ortiz Quesada, MSc. Profesor Tutor	 Ing. Gustavo Rojas Moya, MSc. Profesor Observador
 Ing. Milton Sandoval Quirós., MBA Coordinador del Programa Maestría en Ingeniería Vial		
07 de setiembre del 2017		

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCION

MAESTRÍA EN INGENIERIA VIAL



**Propuesta de modelo de priorización y metodologías para la intervención de losas,
juntas y apoyos en puentes.**

Proyecto Final de Graduación para optar por el título de Máster en Ingeniería Vial grado
académico de Maestría

Realizado por:

Ing. Byron Gerardo Páez González

Cartago, enero de 2017

DEDICATORIA

A Dios por depositar en mi sabiduría y entendimiento a los nuevos conocimientos y a mis padres Genaro Páez Vásquez y Luz Odilia González por su amor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme, las bendiciones, la sabiduría, el entendimiento, la gracia y el amor. A mis padres Genaro Páez Vásquez y Luz Odilia González; por su amor incondicional, guía y educación que me hizo crecer en todos los ámbitos de mi vida, a mis hermanos Claudia, Doris, Genaro y Flor que son parte de mi motor para seguir. Un agradecimiento profundo al proyecto eBridge, en especial a la Ingeniera Giannina Ortiz Quesada por brindarme la oportunidad, el conocimiento, la guía, la asesoría, dedicación y la confianza que depositó en mi para formar parte del equipo de trabajo, para la realización de este proyecto. A la maestría en Ingeniería Vial del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por trascender los conocimientos a nivel centroamericano y creer en la internacionalización.

A todo el equipo de trabajo del proyecto eBridge por compartir su experiencia y conocimiento. A la Ingeniera Katherine Vargas, por su apoyo en todo momento. Ing. Sonia Vargas por la asesoría y apoyo hacia mi persona. Y en especialmente al Instituto Tecnológico de Costa Rica ITCR una institución de prestigio internacional en el ámbito académico, por aventajar mi desarrollo académico y profesional al compartirme una excelente experiencia académica y cultural.

EPÍGRAFE

“Un guerrero no se rinde ante lo que le apasiona, encuentra el amor en lo que hace.”
Dan Millaman

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Planteamiento del Problema.....	5
1.3. Justificación del Estudio.....	5
1.4. Objetivos	8
1.5. Alcance y Limitaciones.....	8
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	8
2.1. Gestión de puentes	8
SAEP El Sistema de Administración de Puentes (SAEP) es un programa informático bastante completo que permite el procesamiento de información recopilada por parte de los diferentes profesionales involucrados en la administración de estas estructuras.	11
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	23
3.1. Metodología	24
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	26
4.1. Caracterización de patologías.....	26
4.2. Características de las patologías en las rutas 4, 21 y 34.....	26

4.3.	Tipología y materiales de los puentes en las rutas 4, 21 y 34.	36
4.4.	Porcentaje de daños en las rutas 4, 21 y 34.....	39
4.5.	Análisis Causa-Efecto	47
4.6.	Modelo de Priorización	48
4.7.	Proceso de elaboración de pesos	60
4.8.	Validación del modelo	68
4.9.	Lineamientos generales de intervención	71
4.10.	Metodologías de atención para los daños en puentes.	92
4.11.	Materiales y nuevas tecnologías para reparaciones de elementos o sus reemplazos.....	131
4.12.	Reemplazo de los apoyos y juntas de expansión:.....	133
4.13.	Reparaciones o reemplazo de apoyos.....	134
4.14.	Tipos de apoyos.....	135
4.15.	Juntas de expansión:	141
4.16.	Tipos de juntas de expansión.....	141
	PUENTE PILOTO.....	143
4.17.	Estado de los elementos del puente	144
	CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	159
5.1.	Conclusiones	159
5.2.	Recomendaciones.....	161

CAPÍTULO 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	162
CAPITULO 7. APÉNDICES	166
5.3. Características de patologías	166
5.4. Análisis Causa- Efecto	211
CAPITULO 8. ANEXOS	218
8.1. Instrumento de encuesta	218
8.2. Histogramas de frecuencia de los resultados de la encuesta	225

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Tabla 1. Niveles de riesgo según la gravedad de los daños.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2. Términos de cada actividad según la atención que requiera el puente.</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 3. Niveles de mantenimiento para el apoyo en puentes.</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 4. Términos del consejo nacional de viabilidad (CONAVI) para manejo de activos viales.</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 5. Porcentajes de afectación en los elementos de los puentes en la Ruta Nacional 441</i>	
<i>Tabla 6. Porcentajes de afectación en los elementos de los puentes en la Ruta Nacional 4.</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 7. Porcentajes de afectación en los elementos de los puentes en la Ruta Nacional 21.</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 8. Porcentajes de afectación en los elementos de los puentes en la Ruta Nacional 21.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 9. Porcentajes de afectación en los elementos de los puentes en la Ruta Nacional 34.</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 10. Porcentajes de afectación en los elementos de los puentes en la Ruta Nacional 34.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 11. Causa-efecto de los daños en la losa.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 12. Ejemplo de importancia y ponderación de pesos.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 13. Ponderación de pesos por clasificación del puente: accesorios, superestructura, subestructura.</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 14. Resultados de la encuesta análisis de la desviación estándar de los datos y coeficiente de error de algunos de los elementos evaluados.</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 15.- Método matricial de confrontación de criterios.</i>	<i>53</i>

<i>Tabla 16. Matriz de confrontación de daños en junta de expansión.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 17. Comparación del cambio de posición de la magnitud de los daños en junta de expansión.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 18. Comparación del cambio de posición de la magnitud de los daños en los elementos del puente.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 19. Comparación del cambio de posición de la magnitud de los daños en los elementos del puente.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 20. Comparación del cambio de posición de la magnitud de los daños en los elementos del puente.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 21.- Pesos (%) en la clasificación y elementos del puente.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 22. Criterio de Factor de Unión (FC).....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 23. Proceso de elaboración de pesos de daños, elemento pavimento.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 24. Pesos de los daños para los modelos C1, C2, C3 y C4.</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 25. Pesos de los daños para los modelos C1, C2, C3 y C4.</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 26.- Pesos de los daños para los modelos A1, A2, A3 y A4.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 27.- Pesos de los daños para los modelos A1, A2, A3 y A4.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 28: Pesos de los daños en los modelos A1, A2, A3 y A4.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 29. Algoritmo de los pesos y porcentajes correspondientes en el elemento pavimento.</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 30. Notas de puentes según algoritmo y criterio de inspectores.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 31. Notas de puentes según algoritmo y criterio de inspectores.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 32. Factores de Condición (ϕ_c).....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 33. Tabla de lineamientos generales para nota total del puente.</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 34. Tabla de lineamiento para clasificación del puente.</i>	<i>74</i>

<i>Tabla 35. Tabla de lineamiento para clasificación del puente.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 36. Tabla de lineamiento según escala de calificación SAEP.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 37. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en los accesorios.</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 38. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en los accesorios.</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 39. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en la superestructura.</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 40. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en los elementos de la superestructura.</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 41. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en la subestructura.</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 42. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en los elementos de la subestructura.</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 43. Lineamientos de atención generales en la junta de expansión.</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 44. Lineamientos de atención generales en la losa.</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 45. Lineamientos generales de atención en los apoyos</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 46. Condición estructural del puente Rio Carrizal y Sapo.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 47: Condición estructural del puente Rio Kopper.</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 48. Condición estructural del puente Rio Parrita.</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 49. Condición estructural del puente Rio Gallina.</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 50. Condición estructural del puente Rio Belén.</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 51. Condición estructural del puente Rio Agua Caliente (Puente Negro).</i>	<i>87</i>

<i>Tabla 52. Metadatos o información de la capa realizada de los puentes analizados en las rutas 4, 21 y 34.</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 53. Información general del puente piloto.</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 54. Condición estructural del puente Agua Caliente (Puente Negro)</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 55. Condición estructural del Puente Negro.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 56. Condición de la clasificación del puente.</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 57. Condición estructural del puente</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 58. Lineamientos de atención en la losa</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 59. Lineamiento de atención en la losa.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 60. Lineamientos de atención en los apoyos.</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 61. Lineamiento de atención en los apoyos.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 62. Lineamiento de atención en las juntas de expansión.</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 63. Condición estructural de la junta de expansión.</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 64. Resumen de las atenciones requeridas por el puente.</i>	<i>158</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Componentes de un Sistema de Gestión de Puentes.</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2: Actividades de Mantenimiento de Puentes y Flujo de Información.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3: Ejemplo de criterios de Priorización.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4: Modelo de deterioro del puente a partir del índice de calificación.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5: Modelo de deterioro del componente de un puente y efecto de las intervenciones</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6: Juntas de construcción.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7: Balancín de concreto.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 8: Placas de neopreno</i>	<i>18</i>
<i>Figura 9: Apoyo fijo de acero.</i>	<i>18</i>
<i>Figura 10: Balancín de acero</i>	<i>19</i>
<i>Figura 11: Apoyo de rodillos (acero)</i>	<i>19</i>
<i>Figura 12: Apoyo de deslizamiento (acero).....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 13: Juntas abiertas, con perfiles verticales.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 14: Juntas selladas</i>	<i>20</i>
<i>Figura 15: Juntas de placa deslizante.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 16: Juntas de placa dentada.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 17: Metodología</i>	<i>23</i>
<i>Figura 18: Esquema ilustrativo del modelo de ponderación de pesos.</i>	<i>25</i>

<i>Figura 19: Deformación – Grado 5</i>	<i>26</i>
<i>Figura 20: Rotura de apoyos – Grado 5</i>	<i>27</i>
<i>Figura 21: Inclinación – Grado 5</i>	<i>27</i>
<i>Figura 22: Faltante – Grado 4.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 23: Apoyo inclinado – Grado 4.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 24: Deformación – Grado 4</i>	<i>29</i>
<i>Figura 25: Faltante – Grado 4.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 26: Sobrecapa de asfalto 5 cm – Grado 5.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 27: Sobrecapas de asfalto 8 cm – Grado 5</i>	<i>30</i>
<i>Figura 28: Daño en junta de caucho – Grado 4.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 29: Water stop roto – Grado 5</i>	<i>31</i>
<i>Figura 30: Juntas de expansión colapsada- Grado 5</i>	<i>32</i>
<i>Figura 31: Juntas de expansión con abertura de 6 cm – Grado 5.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 32: Tipificación de fotografías en campo ruta 4.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 33: Tipificación de fotografías en campo ruta 21</i>	<i>34</i>
<i>Figura 34: Tipificación de fotografías en campo ruta 34.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 35: Tipología de material de los puentes en las rutas 4, 21 y 34.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 36: Configuración estructural de la superestructura de concreto en los puentes de las rutas viales nacionales 4, 21 y 34.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 37: Configuración estructural de la superestructura de los puentes en las ruta vial nacional 4.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 38: Configuración estructural de la superestructura de los puentes en las ruta vial nacional 21.</i>	<i>37</i>

<i>Figura 39: Configuración estructural de la superestructura de los puentes en las ruta vial nacional 34.</i>	37
<i>Figura 40: Tipos de apoyos utilizados en la ruta 4.</i>	38
<i>Figura 41: Tipos de apoyos utilizados en la ruta 4.</i>	38
<i>Figura 42: Tipos de apoyos utilizados en la ruta 4.</i>	38
<i>Figura 43: Tipos de juntas de expansión utilizadas en la ruta 4</i>	39
<i>Figura 44: Tipos de juntas de expansión utilizadas en la ruta 21</i>	39
<i>Figura 45: Tipos de juntas de expansión utilizadas en la ruta 34</i>	39
<i>Figura 46: Frecuencia de respuesta de los inspectores evaluados para los porcentajes correspondientes a los accesorios.</i>	50
<i>Figura 47: Frecuencia de respuesta de los inspectores evaluados de asignación de porcentajes correspondientes a la superestructura.</i>	51
<i>Figura 48: Frecuencia de respuestas de los inspectores evaluados para el porcentaje correspondiente a la subestructura.</i>	51
<i>Figura 49: Tipos de clasificación del modelo</i>	58
<i>Figura 50: Diagrama del algoritmo de calificación</i>	59
<i>Figura 51: Representación gráfica de nota general</i>	71
<i>Figura 52: Representación gráfica de clasificación de puente.</i>	72
<i>Figura 53: Representación gráfica de nota por elemento.</i>	72
<i>Figura 54: Representación gráfica de evaluación por daño</i>	72
<i>Figura 55: Estado de los puentes analizados en las rutas 4, 21 y 34.</i>	89
<i>Figura 56: Mapa del estado de los puentes analizados en las ruta 4.</i>	89
<i>Figura 57: Mapa del estado de los puentes analizados en las ruta 21</i>	90
<i>Figura 58: Mapa de estado de los puentes analizados en las ruta 34.</i>	90

<i>Figura 59: Estados de los puentes analizados en la ruta 4.</i>	91
<i>Figura 60: Reparación de junta pasó 1</i>	108
<i>Figura 61: Reparación de junta pasó 2</i>	109
<i>Figura 62: Reparación de junta pasó 3</i>	109
<i>Figura 63: Reparación de junta pasó 4</i>	109
<i>Figura 64: Reparación de junta pasó 5</i>	109
<i>Figura 65: Reparación de junta pasó 6</i>	109
<i>Figura 66: Reparación de junta pasó 1</i>	110
<i>Figura 67: Reparación de junta pasó 2</i>	111
<i>Figura 68: Reparación de junta pasó 3</i>	111
<i>Figura 69: Reparación de junta pasó 4</i>	111
<i>Figura 70: Reparación de junta pasó 5</i>	111
<i>Figura 71: Medidas de extensiones de drenajes</i>	114
<i>Figura 72: Medidas de extensión de drenaje</i>	115
<i>Figura 73: Junta Asfáltica</i>	123
<i>Figura 74: Apoyo balancín</i>	135
<i>Figura 75: Apoyo de Rodillo</i>	136
<i>Figura 76: Apoyo placa deslizante</i>	136
<i>Figura 77: Apoyo elastómerico</i>	138
<i>Figura 78: Apoyo tipo POT</i>	139
<i>Figura 79: Apoyo esférico</i>	140
<i>Figura 80: Drenajes obstruidos</i>	144
<i>Figura 81: Acero de refuerzo expuesto en la losa</i>	145
<i>Figura 82: Juntas de expansión obstruidas.</i>	145

<i>Figura 83: Filtración de agua por medio de la junta de expansión.</i>	<i>145</i>
<i>Figura 84: Apoyo fijo corroído, perno perdido por corrosión</i>	<i>146</i>
<i>Figura 85: Apoyo fijo corroído</i>	<i>146</i>
<i>Figura 86: Corrosión en apoyo tipo balancín</i>	<i>146</i>
<i>Figura 87: Corrosión en apoyos intermedios</i>	<i>147</i>
<i>Figura 88: Corrosión en apoyos intermedios.</i>	<i>147</i>

RESUMEN

El desarrollo de un modelo de priorización y metodologías de atención e intervención de puentes, tiene como finalidad el poder tomar decisiones más acertadas a la hora de intervenir una estructura y darle la atención adecuada y oportuna de acuerdo a su condición actual, recuperando y manteniendo sus condiciones de funcionalidad y resistencia para evitar llevar el puente al colapso total o parcial de sus elementos, que implicaría una intervención mucho más costosa; así también servirá como guía a los entes públicos o privados encargados de la toma de decisiones para desarrollar planes de intervención.

El modelo utilizará un algoritmo matemático, el cual mediante el análisis de la información de los informes realizados en el Programa de Evaluación de Estructura de Puentes (PEEP) que tiene como objetivo alimentar la información de inventario e inspección de los puentes que conforman la red vial nacional al Sistema de Administración de puentes (SAEP). Establecerá la prioridad de intervención de las estructuras en función de la variable de capacidad estructural. Así mismo definirá las metodologías para dar solución a la problemática presentada en los diferentes puentes.

Con la base de datos de esos informes, se clasificarán los resultados de las inspecciones realizadas en campo, asignándoles lineamientos y procesos normalizados y técnicos que generen una actividad de mantenimiento, reparación o rehabilitación en la losa, juntas de expansión y apoyos, ya que estos elementos tienen gran incidencia en el funcionamiento de un puente y es alto el porcentaje de puentes con daños en ellos, en las rutas nacionales primarias inspeccionadas 4, 21 y 34. Siendo esta investigación una respuesta a la necesidad de dar continuidad al proceso de gestión de puentes.

ABSTRACT

The main goal of the development of a model of prioritization and methodologies of bridge interventions and attention is to intervene an structure and to give the prompt and proper attention based, on their actual conditions by recovering and keeping their function and resistance conditions in order to avoid a partial or full collapse of all bridge elements that would imply a high-cost intervention. This intervention will also be used as a guide for public and private authorities in charge of taking decisions of developing intervention plans.

A mathematical algorithm will be used in this model to analyze the data from the reports produced by the Bridge Structure Evaluation Program (Programa de Evaluación de Estructura de Puentes (PEEP)) which main objective is to provide the bridge inventory and inspection information of the national road network to the Bridge Administration System (Sistema de Administración de Puentes (SAEP)). This model will stablish structure intervention priorities based on the structural resilience variables. It will also define the methodologies to give a solution to the current problems of the different analyzed bridges.

Using the data base of the previously mentioned reports the field inspection results will be classified by assigning guidelines and technical standardized processes that would generate an activity of maintenance to high incidence damages these damages could be slab repairs, expansion connections, and bridge supports that are the most common damages in the bridges of the inspected primary national roads 4, 21, 34. This investigation offers an answer to the need of having to the process of bridge management continuity.

.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento y La atención a los daños de los puentes es una actividad primordial para mantener las rutas de comunicación en óptimas condiciones entre las regiones que conecta la red vial para el desarrollo en el país. La gestión de los activos viales es muy importante para lograr tomar decisiones certeras y oportunas de su atención, al analizar la información que se genera en una inspección como parte de un sistema de gestión. Distintos países han demostrado la importancia de realizar estos sistemas, que aporten información administrativa y técnica sobre la atención de estructuras a las entidades encargadas del mantenimiento, reparación o rehabilitación de las estructuras de puentes para mantenerlas en buen estado, evitando su deterioro o colapso total de la estructura que trae como consecuencia pérdidas económicas y aun peor las trágicas al perder vidas humanas.

Costa Rica en su proceso de gestión ha tenido logros importantes como lo es la implementación de las inspecciones del estado y el inventario de los puentes en las rutas nacionales del país. Pero este proceso ha demostrado deficiencias en la gestión y toma de decisiones.

Por la importancia de este tema es que el Programa de Evaluación de Puentes del Tecnológico de Costa Rica, a través de la realización de un proyecto de graduación de Maestría en Ingeniería Vial, ha venido trabajando en un modelo de priorización y asignación de lineamientos de atención que tiene como fin aportar a la toma de decisiones, programación y la asignación de recursos económicos a las entidades administradoras, haciéndole más fácil y practica el uso de la información.

La homogeneidad de los datos recolectados en las inspecciones de puentes para una mejor representación de los mismos, es una herramienta en la toma de decisiones, es el objetivo principal de este modelo de evaluación; que tiene como variable principal la deficiencia estructural, la cual es muy importante para estimar el estado del puente en su totalidad.

Esta metodología ayudara a evaluar las estructuras de una forma objetiva, validada con base en la experiencia de los profesionales en el área y la teoría. Para priorizar y consolidar los datos ya generados en las inspecciones visuales. Dicha metodología asigna una valoración y establece una calificación al puente. Además, realiza un lineamiento general del grado de la intervención o atención que requiere la estructura. Análisis causa y efecto de los daños y, así como también distintas actividades de limpieza, reparación, reemplazó de los elementos losa, juntas de expansión y apoyos, elementos importantes en el funcionamiento estructural del puente. Están los elementos que muestran gran deterioro en la investigación debido a aspectos de intemperismo, malas prácticas de construcción, diseño y falta de atención y al estar expuestos a los impactos del tráfico. Para efectos de la investigación se realizó la aplicación del modelo a las estructuras de las rutas nacionales del país 4, 21 y 34.

Es por esto que se motiva en la introducción a poder descubrir y aplicar dicha metodología que más que ser un sistema más de priorización, aporta a nuevas maneras de poder gestión atención de puentes, de una manera más práctica, sencilla y concisa.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

El mantenimiento de la red vial es un tema sumamente importante debido a que el transporte es fundamental en la dinámica de los seres humanos, las zonas urbanas y rurales están conectadas por carreteras y estas unidas por puentes. La civilización depende de la utilización de los vehículos y del sistema de transporte público, es por ello que se debe mantener segura la infraestructura vial (Mohiuddin, 2010), pero la realidad a veces puede ser muy distinta debido a que en las últimas dos décadas, el rápido deterioro de las estructuras de los puentes se ha convertido en un problema técnico y económico serio en muchos países, inclusive en los países desarrollados (Radomski, 2002).

La vida útil de los puentes está relacionada con el estado de la estructura y de sus características funcionales, así, como los trabajos de atención que le han realizado, lo cual resulta más económico reparar que sustituir, siempre y cuando tenga un análisis profundo (Fernando Baquedo, 2010)

El monitoreo de Salud Estructural (Structural Health Monitoring - SHM) es el registro de las condiciones del comportamiento de la estructura (B. Glisic and D. Inaudi, 2007) y esta información se usa para planear o elaborar las actividades de atención que reduzcan la incertidumbre y amplía el conocimiento de la estructura que se está evaluando, previendo la deficiencia estructural en ella (Obando y Garita, 2015)

En Costa Rica, en términos generales se desconocen las condiciones estructurales y funcionales de los puentes. (Castillo Barahona, 2014) Sin embargo, el país. Desde el año 2007, cuenta con un programa informático para la administración de puentes llamado Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). Este sistema fue desarrollado por la agencia de Cooperación Internacional del Japón – JICA, como resultado del convenio de cooperación técnica con el gobierno de Japón, solicitado por el gobierno de Costa Rica. Pero debido a la falta de personal no se ha alimentado y por deficiencia del mismo. Este sistema de administración de puentes, fue implementado para favorecer las labores del ministerio de transportes MOPT en la administración de sus activos viales, en este caso los puentes de la red vial nacional, el cual también servirá como apoyo a las municipalidades en la administración de sus estructuras a cargo. (Castillo Barahona, 2014)

El proyecto eBridge nace como un proyecto de investigación para aportar a la solución de estas deficiencias y limitaciones. El mismo, con el objetivo de desarrollar un prototipo de sistema integrado de información para consultas estratégicas sobre el desempeño de los puentes (Obando y Garita, 2015) el cual introdujo una metodología para la evaluación de los puentes, por medio de inspecciones visuales y también introduciendo tecnología para la evaluación del comportamiento de los elementos, “desarrollando un sistema experto de confiabilidad estructural que proporcione información de la vida útil del puente” (Ortiz, 2014 pag.9).

En el 2013 se formaliza un contrato interadministrativo entre Instituto Tecnológico de Costa Rica TEC y el Consejo Nacional de Viabilidad, CONAVI, el cual tiene como objetivo implementar el SAEP, para inventariar todas las estructuras, por medio de inspecciones de inventario, visual de daños, inspecciones de emergencia, Inspecciones detalladas, pruebas de carga y monitoreo. (TEC, 2014) y en el 2015 el Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP) del TEC había ingresado al Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) el 56% de las estructuras estimadas en la red vial nacional. Que corresponde a 418 puentes de un total estimado de 1440 (Giannina Ortiz, 2015) Como una ayuda para la priorización y las decisiones tomadas en mantenimiento y rehabilitación de puentes (Valenzuela, de Solminihac y Echaveguren, 2010).

La información que se recopila en las inspecciones de puentes es primordial para organizar y programar el mantenimiento puntual, apropiado y adecuado (MOPT, 2007). En Costa Rica es de suma importancia aprovechar los resultados de estos proyectos e implementar la investigación necesaria para lograr actividades de atención inmediata a la infraestructura vial del país.

1.2. Planteamiento del Problema

La atención de puentes es unas de las actividades más importantes para mantener la red vial en óptimas condiciones de servicio, ya que esta aporta a la economía nacional, permitiendo las conexiones entre distintos puntos para realizar actividades que desarrollan turismo y exportación. Actualmente uno se cuenta con un sistema adecuado de mantenimiento o rehabilitaciones que ayude a mantenerlos en buenas condiciones y que alargue la vida útil de estos.

Esta falta de planificación impide corregir las malas prácticas de construcción, la mala calidad de los materiales, los daños ocasionados por las condiciones naturales o de intemperismo a las que se enfrenta los puentes. Así también los eventos naturales o accidentales que dañen la estructura deben ser considerados. Estos fenómenos pueden producir daños como grietas, deformaciones, nidos de piedras, filtración, faltantes, corrosión, oxidación, entre otros daños que afectan gravemente a las condiciones físicas, mecánicas o químicas de los materiales y por ende la resistencia de los elementos del puente.

La ausencia de un inventario y seguimiento a la información generada por el Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes PEEP, en el sistema de administración de puentes SAEP, y de modelos de priorización que analicen la información generada en las inspecciones visuales y detalladas, de una forma estructural para la toma de decisiones en su intervención, realización de estudios más detallados o su atención inmediata. Además, el análisis de causas de sus daños, y también el desarrollo de metodologías de atención para las estructuras. Esta falta de proceso muestra un rezago y un problema en el avance de la gestión de puentes. Ya que el país no cuenta con manuales técnicos o lineamientos que logren intervenir la estructura y puedan guiar las atenciones oportunas. Aportando al sistema de administración de puentes que ayudara a la toma de decisiones analíticas, para que logre llevar al puente a sus condiciones de inicio, y puedan evitar el colapso total o parcial del puente, que llevaría a una intervención mucho más costosa o lo trágico al cobro de vidas humanas.

1.3. Justificación del Estudio

Una de las variables del deterioro de los puentes se debe a un rápido crecimiento económico, ya que muchos de estos países tienen que hacer frente a una demanda cada vez mayor de grandes volúmenes de tráfico y los camiones pesados en las carreteras, causan graves deficiencias de capacidad de carga y capacidad de servicio (Diaz, Moreno, & Mohammadi, 2009).

Otros aspectos que afectan los puentes en su entorno natural, como lo es el vapor, materiales químicos nocivos en el aire y cambio de temperatura ambiental, causando daños en los elementos de la estructura como lo es la corrosión en el acero y grietas en el concreto (Xu & Qiang, 2007). Los fenómenos naturales también afectan la vulnerabilidad de los puentes (Agdas, Rice, Martinez, & Lasa, 2015), en fin, las estructuras están expuestas a numerosas influencias de degradación que causan diversos tipos de daños y finalmente reducen su condición estructural (Appuhamy, Ohga, Kaita, Chun, & Dissanayake, 2012).

En Estados Unidos la *Federal Highway Administration, FHWA*, mantiene una radiográfica actualizada y bastante precisa del estado de todos los puentes, que ayuda a administrar su mantenimiento y que obliga a realizar inspecciones periódicas de cada obra (del Carril, 2007), es

importante resaltar que estos sistemas tienen un área de base de datos que es alimentada por las inspecciones visuales, y el análisis de la fiabilidad estructural del puente no debe ser excesivamente complejo para satisfacer el objetivo de la cuantificación y la predicción de la fiabilidad (Branco, 2004).

Los sistemas de administración de puentes generan información para desarrollar las técnicas de reparación recomendadas y las estimaciones de las cantidades de trabajo requeridas, mejorando la capacidad estructural del puente con el fortalecimiento de la estructura, así también su funcionalidad al ampliar los elementos o el aumento de las cargas vivas máximas permitidas (Branco, 2004).

En efecto, el sistema de puentes permite la implementación de la asistencia del manteamiento o reparación (Brito & Branco, 1998) que tiene como objetivo un buen programa de preservación de puente que emplee estrategias y acciones rentables. La aplicación de los procesos y actividades de preservación de las estructuras adecuado y en el momento oportuno puede prolongar la vida útil del puente en costo de por vida inferior. Las actividades de preservación a menudo cuestan mucho menos que las principales actividades de reconstrucción o sustitución. Retrasar o renunciar tratamientos de conservación dará lugar al empeoramiento de la condición y puede escalar la atención o actividad viable a la no viable, desde la preservación hasta el reemplazo (Federal Highway Administration, 2011).

En Costa Rica se sufre de graves problemas de mantenimiento y renovación de su infraestructura vial, pero es en el caso de los puentes que las estructuras presentan mayores daños. lo que ha dado como resultado pérdidas de vidas humanas (Ortiz, 2014). Como ejemplo la muerte de cinco pasajeros en un bus con 38 personas a bordo que cayó al agua por el colapso del puente hamaca sobre el río Tárcoles entre Orotina y Turrubares, Costa Rica (Fernández, 2009).

Los daños en los puentes, al no ser atendidos oportunamente provocan o pueden provocar , el colapso del puente, que puede tener consecuencias dramáticas en el sistema de transporte y la pérdida de vidas humanas (Díaz et al., 2009), por lo tanto la rehabilitación del puente también se ha convertido en un factor muy esencial y decisivo en la ingeniería de puentes (Federal Highway Administration, 2011). La vida útil del puente se mide en términos de servicio, siempre que no se producen importantes problemas de degradación estructural y funcional, y termina cuando los beneficios obtenidos en la operación superan en lo funcional, construcción, inspección o costos de mantenimiento (Brito & Branco, 1998).

Ahora bien, para estar al tanto de los problemas existentes en el servicio y para ayudar en la racionalización de las decisiones de mantenimiento, los sistemas de gestión de puentes se han desarrollado y puesto en uso en varios países (Brito & Branco, 1998).

Datos del Ministerio de Obras Públicas y Transportes indican que la información total de los puentes, es de 36.39 kilómetros (MOPT, 2007), y que “la mayoría de los puentes fueron construidos entre los años 1955 y 1965, por ende el 40% de los puentes, ya alcanzaron su vida útil, estimada en 50 años, lo cual implica un costo estimado de reposición de 597 millones de dólares” lo cual afecta a la economía del país según (Ortiz, 2014 pág. 9).

Es por esto que en el presente proyecto se pretende desarrollar criterios de intervención a los puentes del sistema vial a través de manuales o lineamientos que asignen tareas necesarias para llevar al puente en su estado óptimo de acuerdo a su requerimiento de atención, donde se coloquen las notas generales a tratar y luego los materiales específicos, la seguridad, la especificación estándar y los productos (Dirección de Vialidad de la provincia de Buenos Aires, 2007).

La importancia de los elementos de los puentes, como las losas, son estructuras que soporta de forma directa las cargas de los vehículos, transmitiéndolas a las vigas o directamente a los pilares y

estribos dependiendo su configuración estructural, siendo estas sus sistemas de apoyo (Dirección de Vialidad de la provincia de Buenos Aires, 2007). En la losa es donde se observan más daños ya que es la parte de la estructura que soporta las cargas directamente de los vehículos (MOPT, 2007).

Los apoyos son elementos sobre los que se apoya la superestructura y que permiten el traspaso de las cargas del tablero a la infraestructura. Pueden consistir en elementos elastoméricos o mecanismos de cualquier tipo (MOPC, 2011). Los aparatos de apoyo, como los elementos de juntas, están expuestos a degradarse a lo largo de su vida útil, por la causa de mala colocación, calidad defectuosa de los materiales, diseño incorrecto de aparatos de apoyo y filtraciones por falta de permeabilidad (Dirección General de Carreteras, 1995).

Las juntas son un elemento tiene el propósito de permitir las deformaciones longitudinales debidas a cambios de temperatura, u otras acciones. Deben permitir los movimientos, y ser impermeables para proteger los sistemas de apoyo (MOPC, 2011). Estos son los elementos de los puentes más vulnerables del equipamiento, debido a su complejidad de funcionamiento estructural, por las cargas que recibe al estar en contacto directo con los vehículos en los puntos de discontinuidad. Los deterioros producidos en las juntas tienen consecuencias inmediatas que afectan el servicio del puente, y que pueden afectar gravemente si no se toman a tiempo las medidas correctivas (Asociación Técnica de Carreteras de España, 2003).

Los resultados de las inspecciones de campo realizadas por el programa PEEP, muestran que los puentes tienen el 50% en la ruta 4 y el 57% de la ruta 21, así como el 48% de la ruta 34; grietas en las losas, y de esos porcentajes, el 23% en la ruta 4 requieren una atención en el corto plazo debido a la magnitud del daño (PEEP, 2015).

Las juntas de expansión según daños encontrados en las inspecciones el 80% en la ruta 4, 52% en ruta 21 y 86% en ruta 34, muestran filtraciones de agua. Y de estos porcentajes el 55% en la ruta 4, 14% en la ruta 21 y 40% en la ruta 34 muestran calificaciones altas de daño, lo cual requieren de una atención inmediata o en el corto plazo. Así también el daño de juntas obstruidas, el 83% en la ruta 4, en la ruta 21, 52% y en la ruta 34, 79% de afectación en los puentes. Y para la ruta 4 el 53%, ruta 21, 38% y ruta 34, 64% muestran una nota alta de magnitud del daño (PEEP, 2015).

Los apoyos, en la ruta 4 muestran el 15% con rotura y de este porcentaje un 8% con calificación alta, poniéndola en una atención en el corto plazo. Así también la ruta 34 muestra 17% con rotura, y de este porcentaje el 7% muestra una atención inmediata, por la magnitud del daño. La ruta 21 muestra un 19% de puentes con inclinación de los apoyos y un 10% con desplazamiento (PEEP, 2015).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un modelo para la priorización y metodologías de intervención de losas, juntas y apoyos, como elementos principales en el funcionamiento de la estructura de puentes, a través de evaluaciones técnicas apoyadas en la investigación de tecnologías y la validación con los respectivos procedimientos.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Caracterizar las principales patologías encontradas en la evaluación de las estructuras en general de puentes de las rutas nacionales 4, 21 y 34.
- Proponer un modelo de priorización para la atención e intervención en puentes.
- Proponer metodologías de intervención para losas, juntas y apoyos en los puentes.
- Aplicación del modelo y la metodología a un puente piloto: Puente Río Negro de Orosi.

1.5. Alcance y Limitaciones

1.5.1. Alcance

Las metodologías propuestas aportarán criterios y técnicas de priorización, así como también de mantenimiento, reparación y rehabilitación de los elementos del puente enfocados en los elementos como la losa, juntas de expansión y apoyos, para dar solución a los daños únicamente tipificados por el (SAEP) a través de actividades de mantenimiento, reparación o rehabilitación. Esto se logra por medio del conocimiento y planes de acción para las entidades encargadas de realizarlo, dando solución a las diferentes patologías que presentan los distintos puentes a través de manuales o documentos técnicos.

1.5.2. Limitaciones

El sistema de priorización según el estado del puente clasificara por áreas de atención generales a los daños y elementos de la estructura solo se consideran los elementos, losa, juntas y apoyos tendrán especificaciones técnicas específicas y detalladas de atención las cuales se realizarán a nivel de experiencia, teórico y no experimental.

Los análisis globales y específicos de los daños se realizarán con los datos de las rutas primarias evaluadas 4, 21 y 34 de la red nacional de Costa Rica, siendo estas rutas de gran importancia a nivel comercial y turístico.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1. Gestión de puentes

La atención de los puentes es fundamental para completar su ciclo de vida útil, dicho ciclo está conformado por la construcción y el mantenimiento, por eso es importante la investigación y documentación de la comprensión de las necesidades de conservación que se requieran (Valenzuela y Khan, 2010). La gestión de puentes muestra una serie de actividades que son objetivos para conseguir un sistema de conservación de puentes que ayudan a una intervención oportuna las cuales son según Villar (2012): ordenamiento de las prioridades técnicas de reparación, preparación de

estrategias de reparación, estimación del costo de los trabajos de reparación, optimización de la utilización de los presupuestos disponibles y definición de las tareas de mantenimiento rutinario.

Un sistema de gestión involucra todas las actividades que forman parte del ciclo de vida de un puente, desde su diseño, construcción, mantenimiento y reemplazo, para garantizar condiciones óptimas de seguridad y funcionalidad. Según Valenzuela (2008), un sistema de gestión de puentes tiene como objetivos principales:

- Garantizar la seguridad de los usuarios.
- Entregar un nivel de servicio adecuado para la ruta.
- Asegurar la conservación del patrimonio en el largo plazo a un costo óptimo.

Un sistema de gestión de puentes es una herramienta compleja que está formada principalmente por una estructura organizacional, procedimientos generales, y un soporte analítico (Valenzuela, 2008). Según Villar (2010), asigna los recursos económicos disponibles, ordenando las estructuras por su importancia o nivel de deterioro (priorización) para su conservación o reemplazo. El Inventario contiene la información de la caracterización de las estructuras. Esta base de datos contiene fichas, planos y fotos, los cuales contienen información administrativa, de identificación y localización, datos de los materiales, características geométricos y funcionales y datos de limitaciones de carga y velocidad. Los planos deben de contener al menos la planta y el perfil de la estructura y las fotografías respectivas.

2.1.1. Jerarquización de los puentes

Según Villar (2010) el orden de importancia de cada puente al aplicar el sistema de jerarquización, puede ser de acuerdo a los siguientes factores:

- Factor económico: Este enfoque determina la importancia de una estructura basándose en los costos de ciclo de vida de un puente, el cual toma en consideración los costos de operación de los usuarios al utilizar los puentes en diferentes condiciones (diferentes niveles de deterioro con respecto a un nivel óptimo).
- Factor funcional: Se basa en los efectos de la estructura, su presencia y estado, en el sistema económico de su área de influencia. El grado de accesibilidad es la base de este sistema y determina la habilidad de los individuos para participar en actividades sociales y económicas en el sistema en que se encuentran insertos.
- Factor de impacto: es una manera de considerar la importancia de un puente, considerando su repercusión en la red y la funcionalidad de éste (Valenzuela, 2008) La repercusión incluye los siguientes elementos: tipo de camino, volumen del tráfico, ubicación del puente y valor histórico del puente.

2.1.2. Inspecciones principales y especiales

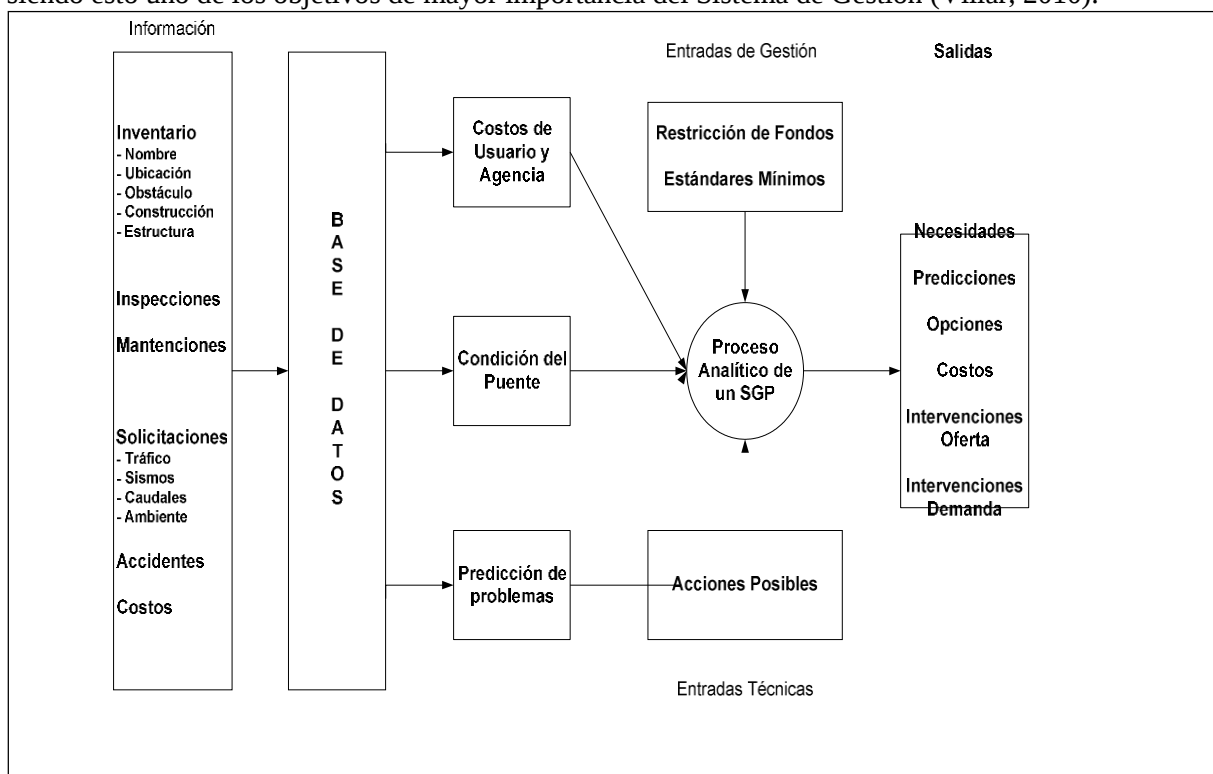
Consisten en una inspección visual detallada de todos los elementos visibles que conforman el puente, generando información homogénea y congruente. Según (Villar, 2010) debe de implementarse la sistematización de lo siguiente:

- De los elementos de que consta la estructura.
- La forma en que se deben inspeccionar los puentes.
- La tipificación de los posibles daños en función del elemento y material (la cual debe de ser objetiva, homogénea, comparable y fiable)

Las especiales se desarrollan a través de equipos y medios auxiliares necesarios. La Evaluación del estado de conservación: En esta parte se cuantifican los daños de una forma sistemática y objetiva, con una marca de condición que calcule los niveles de severidad y extensión de cada daño (Villar, 2010).

Modelo de asignación de prioridades: Los índices de evaluación dependen de la condición y capacidad de carga, la cual también está influenciada por la condición deterioro, mal funcionamiento y pérdida de estética (Villar, 2010).

Estimación del coste de las actuaciones: Se realiza la estimación de los costos económicos que representan la atención correctiva de la estructura, siendo esta una idea aproximada de su ejecución siendo esto uno de los objetivos de mayor importancia del Sistema de Gestión (Villar, 2010).



*Figura 1: Componentes de un Sistema de Gestión de Puentes.
Fuente: Adaptado de Valenzuela, 2008*

A nivel internacional existen diferentes países que han implementado distintos sistemas de gestión, siendo los siguientes los más conocidos en la actualidad: PONTIS y Bridgit en Estados Unidos; BRIME y RIMES en la comunidad europea; DANBRO y Austroads en Australia y Nueva Zelanda. (Valenzuela, 2008)

2.1.3. Gestión de Puentes en Costa Rica: SAEP

La Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) elaboró un estudio sobre el desarrollo en la planificación de la rehabilitación, mantenimiento y administración de Puentes en Costa Rica junto con los entes encartados Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) – Consejo de Nacionalidad y Viabilidad (CONAVI) para implementar un sistema de gestión de estos activos viales (JICA, 2007).

El Sistema de Administración Estructural de Puentes (SAEP) fue establecido como una herramienta de apoyo para las decisiones técnicas, que homogeniza la información de las inspecciones, evaluaciones, análisis y técnicas de conservación como mantenimiento, reparación y rehabilitación de los elementos estructurales de los puentes. Según (JICA, 2007) las funciones de este sistema son las siguientes:

- Registro y renovación de datos.
- Administración de datos tales como la evaluación de la eficiencia.
- Recuperación de datos incluyendo el inventario de puentes y datos de la inspección de puentes y ubicación de los mismos.
- Salidas del inventario de puentes.

El sistema de administración unifica y pone en a disposición todos los datos a través de un software que se alimenta por medio de actividades realizadas por inspectores especializados en el área, por medio del conocimiento, teoría y experiencia, apoyados con manuales establecidos de inspección, manuales de operación para el sistema implementado y lineamientos para la administración de puentes.

SAEP El Sistema de Administración de Puentes (SAEP) es un programa informático bastante completo que permite el procesamiento de información recopilada por parte de los diferentes profesionales involucrados en la administración de estas estructuras.

El objetivo del SAEP es apoyar la toma de decisiones sobre el uso óptimo de los recursos humanos y económicos para el mantenimiento, reparación y rehabilitación de puentes con base en información registrada en el sistema y así garantizar que las estructuras y puentes se mantendrán la mayor cantidad de años posible de una manera funcional y segura.

El SAEP funciona a partir de una base de datos de puentes existentes la cual registra la información de todos los puentes debidamente inspeccionados.

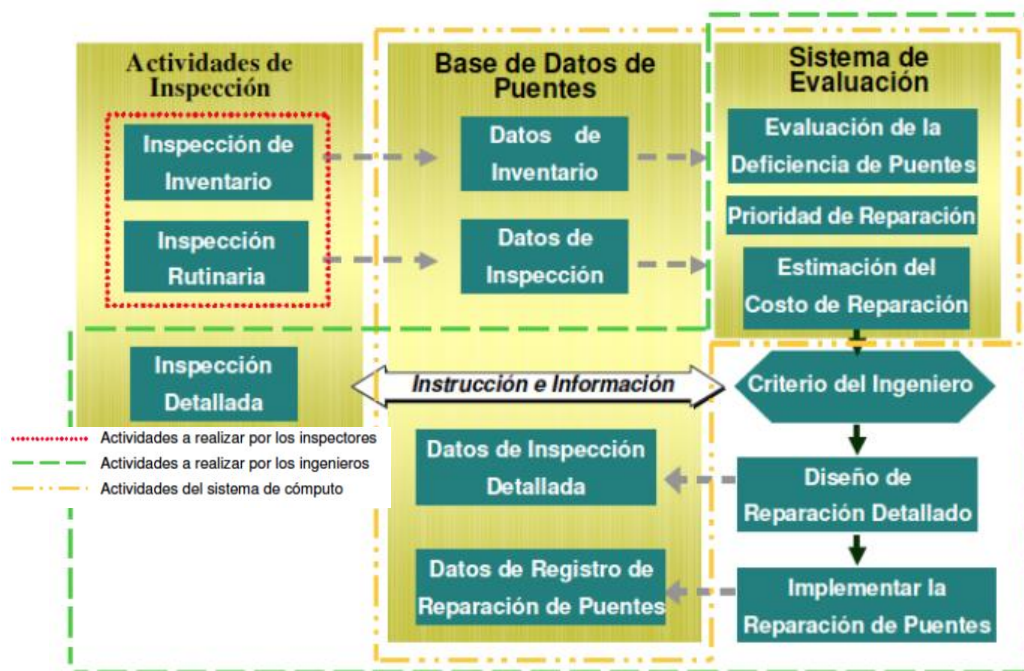


Figura 2: Actividades de Mantenimiento de Puentes y Flujo de Información
Fuente:(JICA-MOPT 2007)

En la Figura 5 se observa el diagrama que resume el funcionamiento del SAEP y enmarcado en línea punteada naranja se encuentran los procesos que el mismo puede realizar a lo interno de su programación. Los procesos que están fuera de la línea son los que dependen de la estructura administrativa de la institución correspondiente.

Una vez registrada la información de inventario e inspección de los puentes, el programa informático SAEP la procesa para generar salidas de información que sirvan de apoyo para la toma de decisiones. Estas salidas de información son según (MOPT, 2017):

- Evaluación de las deficiencias del puente: Es un proceso mediante el cual se determina el daño general de un puente a partir del deterioro observado en la inspección visual de cada uno de sus componentes.
- Priorización de las reparaciones: Realiza una asignación de pesos de importancia relativa, comparando tanto la importancia de un puente sobre otro, como la importancia de encontrar daños en diferentes elementos de un mismo puente. Toma en cuenta factores como: deficiencia estructural, obsolescencia funcional, importancia de la vía y tipo de estructura.
- Estimación de costos para reparación de puentes: Una vez definido el tipo de reparación, el programa asocia los volúmenes, áreas y longitudes de los elementos por reparar con una base de datos actualizada de costos unitarios de materiales, para obtener así el costo total aproximado de la reparación.

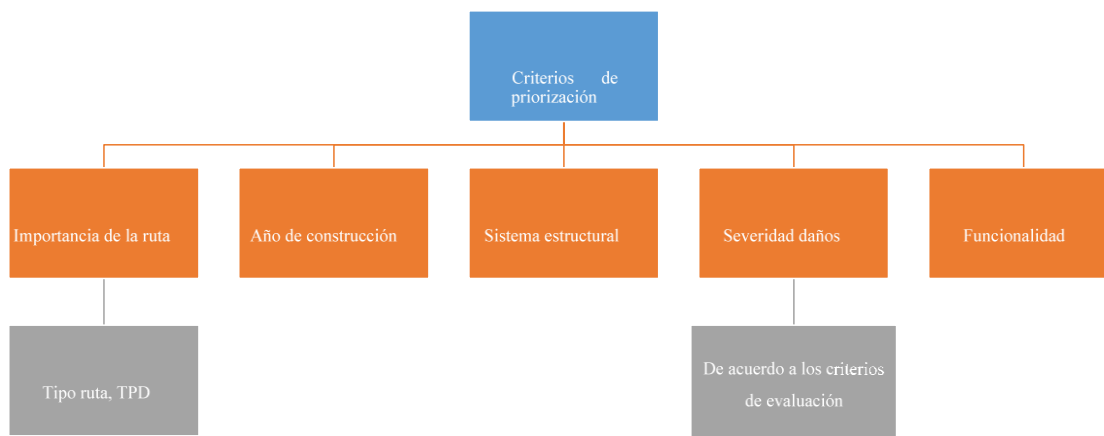


Figura 3: Ejemplo de criterios de Priorización.

Fuente: (Ortiz, 2016)

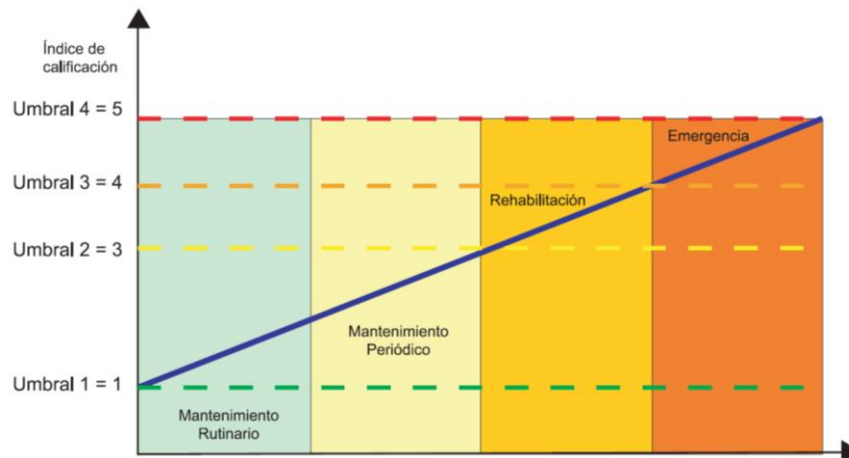


Figura 4: Modelo de deterioro del puente a partir del índice de calificación.
Fuente: (Benzadón, Duarte y Hernández, 2007)

Es fundamental definir los componentes comunes del puente, para que el personal responsable del manteniendo pueda conocer la importancia y la función de al menos los componentes básicos como lo son: la losa, superestructura, rodamiento, subestructura y juntas de expansión (Department of Transportation Georgia, 2012) así también identificar las causas y análisis de colapsos de puentes (Díaz, Moreno, y Mohammadi, 2009) identificando las diferentes patologías como los son daños por diseño, construcción y por funcionamiento (Ministerio de Transportes, 2006).

Los daños y patologías más comunes que suelen aparecer o representarse en los elementos de los puentes, son en las cimentaciones, en especial las pilas ya que están situadas en el cauce, así también los aparatos de apoyo, los sistemas de drenaje y la impermeabilización debido con relación a las juntas de expansión (Matute Rubio y Pulido Sánchez, 2012) y las losas (Wisconsin, 2016) de acuerdo a la magnitud de las patologías un sistema de priorización es importantes ya que se considera, no solo la parte de infraestructura, sino también la parte operacional, es decir se le asigna al puente un peso de un 40% a aspectos estructurales y 60% a los aspectos de operación (Bañuelos, 2008) la *Federal Highway Administration* establece criterios en función de políticas de expansión de red y mejoramiento de los servicios, evaluando la deficiencia de 0 a 100 donde 0 es para puente en óptimas condiciones y 100 el colapso de este, calificando los aspectos como: capacidad de carga, ancho del puente y condición estructural (Flores, 1999) estas asignaciones muestran niveles de riesgos como indicadores que permiten indicar las medidas de seguridad necesarias manteniendo la integridad de respuesta a las condiciones de la estructura, estas pueden ser representadas por colores, letras o números que nos ayudarán a darle un estado al puente (Leyton, Galvis Giron, Reyes Bernal y Sarria Castillo, 2014) como se muestra a continuación:

Tabla 1. Niveles de riesgo según la gravedad de los daños

- Nivel de riesgo bajo: “Cuando la vulnerabilidad sísmica de la estructura no se ha visto afectada de forma significativa después de un evento o por la afectación directa o indirecta de algún agente externo o interno y que no representa un daño o peligro de colapso para la integridad del sistema estructural”
- Nivel de riesgo medio: “Sucede cuando la estructura afectada muestra síntomas o signos puntuales, con fisuras o pérdida de recubrimientos que se pueden percibir a simple vista, las cuales pueden comprometer de una manera no muy significativa pero que de igual forma son importantes el sistema estructural de la edificación”

- **Nivel de riesgo alto:** “Este se da cuando las estructuras después de un evento sísmico o después de una grave lesión por causa de alguna patología severa. En este caso se recomienda de forma inmediata el desalojo de las estructuras afectadas su sistema estructural primario esta tan afectado que en cualquier momento puede presentar un colapso.”

Fuente:(Leyton, Galvis Giron, Reyes Bernal y Sarria Castillo, 2014 Pág 9)

Los criterios de reparación, reemplazo y rehabilitación de puentes es fundamental analizarlos económicamente, a pesar de que la mayor parte de sus datos se caracterizan técnicamente (Branco, 2004), también se analiza la degradación de la fiabilidad de los puentes individuales y el valor presente de los costos de mantenimiento tanto en este proceso y de ingeniería. (Frangopol, Miyake, Kong, y Gharaibeh, 2000; Nykänen, Uotila, Äijälä, Laaksonen, y Guthrie, 2013). Para efectos de evaluación se analiza el flujo de información que contiene el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) basado en la inspección e inventario de diversos tipos de estructuras (MOPT, 2007) siendo una herramienta informática que tiene como fin mostrar información técnica, puntualizando el grado de deterioro. La información recopilada durante la inspección de puentes es esencial para las técnicas de atención (MOPT, 2007). Es necesario tomar una decisión en base a toda la información descrita. Esto es, básicamente, el resultado de un análisis económico que se puede hacer en tres niveles diferentes comparando en un nivel uno la eliminación del defecto, nivel dos la reparación de puentes y el nivel tres la gestión de la red de puentes (Brito 1992). Es importante la implementación de métodos de evaluación simple, precisa y rápida y una estrategia de gestión de mantenimiento eficaz desarrollado mediante el uso de resultado de inspección (Appuhamy, Ohga, Kaita, Chun, y Dissanayake, 2012), a través de un sistema de gestión que lleve a la toma de decisiones, en la selección de los trabajos de reparación (Brito & Branco, 1998) basados en un mantenimiento preventivo cíclico que no contiene condiciones y actividades generales y los trabajos de reparaciones las cuales son periódicas basadas en condiciones y actividades específicas (Federal Highway Administration, 2011). Se tiene que lograr con la ejecución de las medidas de prevención, la funcionalidad que minimice los retrasos del tráfico, la seguridad, el uso, la estética, apariencia aceptable, sostenibilidad y la economía, basada en el análisis del coste del ciclo de vida (Parra Palacio y Agudelo, 2011) se proponen procesos constructivos generales para su mantenimiento a través de las siguientes medidas correctivas:

Tabla 2. Términos de cada actividad según la atención que requiera el puente.

Reparación: Poner en buena forma para reacondicionar, renovar, restaurar y corregir los daños locales de los miembros o elementos estructurales del puente de equipos de la estructura general (Radomski, 2002).
Reemplazo: Significa sustituir, cambiar e intercambiar algunos elementos de las estructuras de puentes, por ejemplo, juntas de dilatación, rodamientos, barreras, etc.(Radomski, 2002), se indicará cuando se encuentre en un colapso total o tenga graves fallencias de desplazamiento que afecten la seguridad vial y también cuando un mantenimiento o rehabilitación no prologuen suficiente vida útil y sus gastos sean más costos (Dirección de Viabilidad de la provincia de Buenos Aires, 2007) en conclusión el puente debe ser estructuralmente deficientes o funcionalmente obsoletos (Wisconsin, 2016).
Rehabilitación: Es restaurar para volver a poner en buena condición, trayendo de vuelta la plena utilización de la estructura, renovando y reviviendo sobre todo la estructura del puente entero, incluyendo a los elementos estructurales primarios (Radomski, 2002). Cuando las inspecciones detecten la posible necesidad del tipo de tarea de esta magnitud (Dirección de Vialidad de la provincia de Buenos Aires, 2007) hace mención a la reparación en casi la totalidad de la estructura (esto incluye reparación y reemplazo) (Valenzuela, 2010).
Fortalecimiento: los medios para aumentar la capacidad de carga mediante la adición de materiales

y componentes adicionales (Radomski, 2002).

Modernización: Es una forma de mejora mediante la adición de nuevas características, por ejemplo, nueva disposición de flujo de tráfico, nuevas muestras, nueva iluminación, nuevas barreras, este término se aplica comúnmente a estructuras diseñadas y construidas antes de la disponibilidad de estas características modernas. Sin embargo, la modernización puede ser también considerada en un sentido más amplio. Por ejemplo, la modernización del puente requiere en muchos casos su fortalecimiento, disposición de flujo de tráfico nuevo, también la ampliación del puente, (Radomski, 2002) y modernización (Valenzuela, 2010).

Fuente: (Radomski, 2002; Valenzuela, 2010; Dirección de Vialidad, 2007; Wisconsin, 2016)

Tabla 2. Continuación. Términos de cada actividad según la atención que requiera el puente.

Adaptación: se utiliza en algunas situaciones Retrofit este es un procedimiento de fortalecimiento aplicada a una estructura existente, no necesariamente, aunque en muchos casos relacionados con la fuerza sísmica. Se aplica por lo general después de que se encontró que el diseño original no es suficiente a la luz de una nueva experiencia adquirida (Radomski, 2002).

Mantenimiento Rutinario: Cuando las distintas partes del puentes requieren la misma actividad cíclica como ejemplo limpieza por medio de arena a presión (Dirección de Viabilidad, 2007)

Fuente: (Radomski, 2002; Valenzuela, 2010; Dirección de Vialidad, 2007; Wisconsin, 2016)

Descrito todo lo anterior es objetivo desarrollar un manual con los tipos de tareas necesarias para llevar al puente a su estado óptimo (Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, 2007) implementando la conservación de estructuras a través de actividades, renglones de pago, materiales, equipos y herramientas, procedimientos de ejecución, así también acciones preliminares (Ministerio de Transportes, 2015) como por ejemplo en caso de un reemplazo en los apoyos, el diseño de los apoyos deben cumplir con los requisitos establecidos por la AASHTO LRFD (Colegio Federado de Ingenieros de Costa Rica, 2012).

El análisis económico de las alternativas se determina de acuerdo a los costos y beneficios de la alternativa como lo son: costos de construcción, conservación y operación. Analizando los “Beneficios inmediatos y futuros en función de la evolución prevista del tránsito y adicionando el valor de rescate de la estructura al término de la vida económica. Obtención de la decisión económica calculando los valores presentes netos, aplicando la tasa de descuento usual para proyectos públicos. El valor presente neto es la diferencia de los beneficios totales a valor presente. Si esta diferencia es positiva, la acción analizada es aceptable económicamente.” (Bañuelos, 2009, pág. 91)

Clasificar la atención según la inversión económica es importante por medio de diferentes niveles. En los menores se asigna actividades generales como mantenimiento ya que pueden ser atendidas con menor inversión económica y las actividades de conocimiento mayor como lo son las reparaciones (Mendoza, Navarro y Portillo, 2003).

Tabla 3. Niveles de mantenimiento para el apoyo en puentes.

Clasificación	Diagnóstico	Atención
Bueno	Cuando los apoyos se encuentran libres de deformaciones, Principalmente si son de neopreno, o desplazamientos horizontales excesivos	No requiere de intervención.

Regular	Se encuentran deformados o desplazados, aunque no afecten por el momento la estabilidad ni la funcionalidad del puente.	Requiere observar periódicamente su evolución o realizar una intervención mínima.
Malo	Estén rotos o falten de sus respectivos lugares	Requieren su reemplazo por estar en malas condiciones.

Fuente: adaptado según (Bañuelos, 2009)

Como ejemplo para las reparaciones se toma el neopreno para el cambio de apoyo (Flores, 1999) como una solución a la sustitución de apoyos ya que se necesita menos conservación y tiene las propiedades físicas que se requieren, así también es altamente resistente al deterioro debido a las acciones del ambiente sobre ella y la resistencia a la compresión es suficiente para soportar cargas hasta 70 Kg/cm² (Bañuelos, 2009) y esta sería una clasificación de conocimiento mayor siendo una reparación.

Costa Rica en la ley 7798 Creación del Consejo Nacional de Viabilidad CONAVI, establece los siguientes términos de atención para el manejo de sus activos viales, para el financiamiento con fondos locales en la red vial.

Tabla 4

Tabla 4. Términos del consejo nacional de viabilidad (CONAVI) para manejo de activos viales.

Conservación vial: “La conservación comprende actividades tales como el mantenimiento rutinario y periódico, la rehabilitación y el refuerzo de la superficie de rudo, así como el mantenimiento y la rehabilitación de las estructuras de puentes. La conservación vial no comprende la construcción de vías nuevas ni partes de ellas; tampoco, la reconstrucción ni el mejoramiento de vías. La restauración de vías provocada por emergencias no forma parte de la conservación vial, salvo lo dispuesto por la presente ley como excepción.”
Mantenimiento rutinario: “Conjunto de labores de limpieza de drenajes, control de vegetación, reparaciones menores y localizadas del pavimento y la restitución de la demarcación, que deben efectuarse de manera continua y sostenida a través del tiempo, para preservar la condición operativa, el nivel de servicio y seguridad de las vías. Incluye también la limpieza y las reparaciones menores y localizadas de las estructuras de puentes. ”
Mantenimiento periódico: “Conjunto de actividades programables cada cierto período, tendientes a renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de lastre, grava, tratamientos superficiales o recarpeteos asfálticos o de secciones de concreto, según el caso, sin alterar la estructura de las capas del pavimento subyacente. El mantenimiento periódico de los puentes incluye la limpieza, pintura y reparación o cambio de elementos estructurales dañados o de protección. ”
Rehabilitación: “Reparación selectiva y refuerzo del pavimento o la calzada, previa demolición parcial de la estructura existente, con el objeto de restablecer la solidez estructural y la calidad de rudo originales. Además, por una sola vez en cada caso, podrá incluir la construcción o reconstrucción del sistema de drenaje que no implique construir puentes o alcantarillas mayores. Antes de cualquier actividad de rehabilitación en la superficie de rudo, deberá verificarse que el sistema de drenaje funcione bien. La rehabilitación de puentes se refiere a reparaciones mayores, tales como el cambio de elementos o componentes estructurales principales o el cambio de la losa del piso. ”

Reconstrucción: “Renovación completa de la estructura del camino, con previa demolición parcial o total de la estructura del pavimento o las estructuras de puente.”

Mejoramiento: “Mejoras o modificaciones de estándar horizontal o vertical de los caminos, relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, a fin de incrementar la capacidad de la vía, la velocidad de circulación y aumentar la seguridad de los vehículos. También se incluyen dentro de esta categoría, la ampliación de la calzada, la elevación del estándar del tipo de superficie (“upgrade”) de tierra a lastre o de lastre a asfalto, entre otros, y la construcción de estructuras tales como alcantarillas grandes, puentes o intersecciones.”

Obras nuevas: “Construcción de todas las obras viales que se incorporen a la red nacional existente, de acuerdo con la presente ley.”

Fuente: Ley No. 7798 Asamblea Legislativa

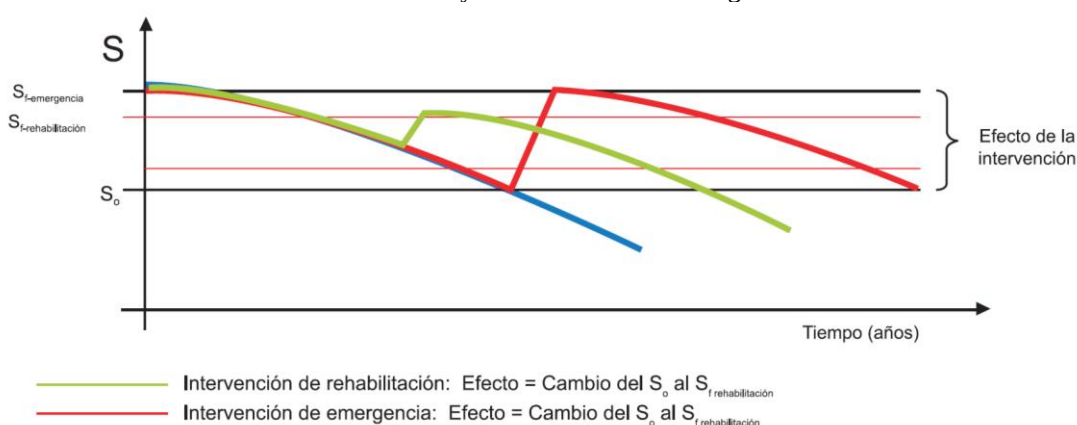


Figura 5: Modelo de deterioro del componente de un puente y efecto de las intervenciones.

Fuente: (Benzadón, Duarte y Hernández, 2007)

2.1.4. Elementos en el Puente

Los apoyos: Son dispositivos mecánicos que transfieren las cargas verticales de la superestructura a la subestructura (MOPT, 2007). Estos aparatos no solamente deberán de ser capaces de absorber las fuerzas horizontales y verticales transmitidas por la superestructura las cuales son originadas por cargas permanentes y sobrecargas, sino también determinados movimientos e impedir otros (Dirección General de Carreteras, 1995). Permitiendo los grados de libertad del diseño de la estructura, los cuales son la traslación por expansión o contracción térmica, sismo y la rotación la cual es causada por la deflexión de la carga muerta y viva (MOPT, 2007).

Los apoyos como todos los elementos del puente, están vulnerables a degradarse a lo largo de la vida útil de este por causas como: malas prácticas de colocación, mala calidad de los materiales, mal diseño y filtraciones a través de las juntas (Dirección General de Carreteras, 1995). Los apoyos requieren una buena inspección ya que los altos esfuerzos y la contaminación en estas zonas puede genera diversos daños.

Los tipos de apoyos según MOPT, 2007 son:

Apoyo de Expansión: Este dispositivo permite que la estructura rote y se traslade en el sentido longitudinal, puede ser de los siguientes tipos, placa, neopreno, nódulo y balancín.

Apoyo de fijo: Este tipo de apoyo restringe la traslación y permite únicamente la rotación.

Rígido o empotrado: Este dispositivo restringe los movimientos de traslación y movimientos de rotación.

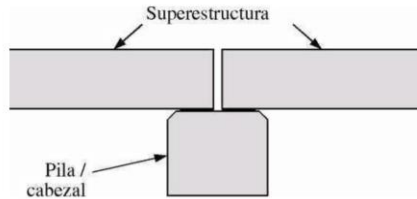


Figura 6: Juntas de construcción
Fuente: (Ministerio de transportes, 2016)

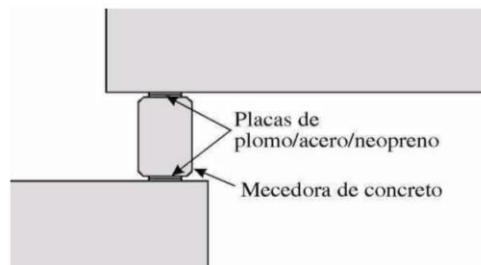


Figura 7: Balancín de concreto.
Fuente: (Ministerio de transportes, 2016)

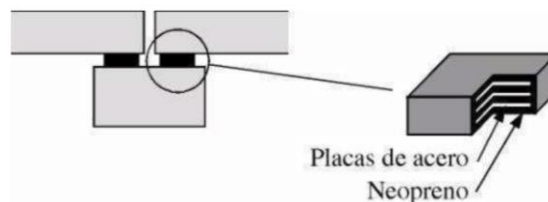


Figura 8: Placas de neopreno
Fuente: (Ministerio de transportes, 2016)

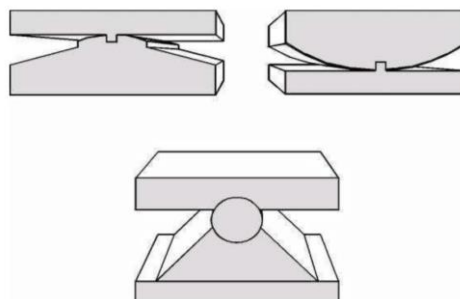


Figura 9: Apoyo fijo de acero.

Fuente: (Ministerio de transportes, 2016)

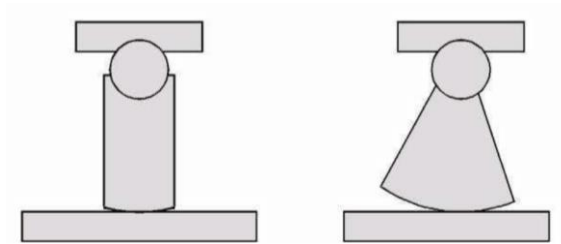


Figura 10: Balancín de acero.

Fuente: (Ministerio de transportes, 2016)

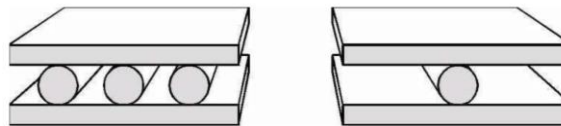


Figura 11: Apoyo de rodillos (acero)

Fuente: (Ministerio de transportes, 2016)

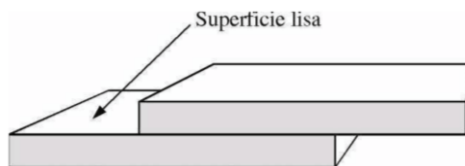


Figura 12: Apoyo de deslizamiento (acero)

Fuente: (Ministerio de transportes, 2016)

Juntas de expansión: Son elementos que permiten las traslaciones y rotaciones entre dos partes de la estructura (MOPT, 2007). Al no permitirle a la estructura estos movimientos que logren la expansión y contracción se efectúan sobreesfuerzos que logran deformaciones y daños en la estructura (Ministerio de transportes, 2006).

Las juntas unen la discontinuidad entre dos partes de la estructura o los espacios libres inducidos para el comportamiento estructural, según (Ministerio de transportes, 2006) las juntas de expansión tienen que cumplir con los siguientes:

- Transmitir las cargas verticales y libertad de movimiento horizontal
- Durabilidad
- Que los movimientos del puente absorbidos por la junta cumplan con su funcionamiento sin golpear o deteriorar los elementos estructurales.
- Funcionalidad del puente al darle continuidad a la losa
- No generar ruidos, impactos o vibraciones al soportar las cargas vehiculares.

Las juntas se pueden clasificar en:

Juntas Abiertas: Permitiendo el paso directo del agua al no tener continuidad en el espacio de la abertura libre (Ministerio de transportes, 2006). La abertura libre inferior es de 12.7 mm (1/2" pulgada) entre discontinuidad dependiente la estructura como por ejemplo losa-bastión o losas-losa. Es construida con angulares o perfiles de acero para prevenir el daño en los bordes (MOPT, 2007).



Figura 13: Juntas abiertas, con perfiles verticales.
Fuente: (Ministerio de transportes, 2016)

Juntas Selladas:

Rellenas moldeadas: De acuerdo al sistema constructivo son juntas que no permiten el paso del agua y fueron construidas en el sitio (Ministerio de transportes, 2006).

Rellenas premoldeadas: Son juntas que de acuerdo al sistema constructivo fueron ensambladas con elementos ajenos, los cuales no permiten el paso del agua (Ministerio de transportes, 2006).

Juntas rellenas: Es tipo de junta se coloca en puentes cortos, los cuales tienen desplazamientos inferiores a 38.1 mm (1 ½" pulgada), las cuales cuentan con una goma o banda de hule preformado tipo "wáter stop" el cual garantiza el relleno premoldeado que se sella con hule chorreado. (MOPT, 2007).

Juntas con sellos comprimidos de neopreno: Se coloca en puentes con desplazamientos de 12.7 mm a 63.5 mm (de ½ a ½ pulgada), se instala un sello elástico preformado comúnmente de neopreno de celda abierta, comprimido dentro de una junta abierta y adherido a ésta, la elasticidad del material utilizado en el sello permite la no permeabilidad y los movimientos que se realizan en la losa (MOPT, 2007).

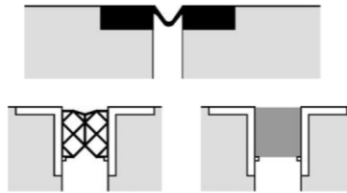


Figura 14: Juntas selladas
Fuente: (Ministerio de transportes, 2016)

Juntas de placas de acero deslízate. Se colocan en puentes con desplazamientos mayores a 101 mm (4" pulgadas). La cual está conformada por una placa de acero anclada en un extremo del espacio entre la losa que al movimiento de la superestructura se desliza (MOPT, 2017).



Figura 15: Juntas de placa deslizante.
Fuente: (Ministerio de transportes, 2016)

Juntas de placas dentadas, es aplicable a puentes que tienen desplazamientos de hasta 610 mm (24" pulgadas), por dos placas de acero en forma de dientes que cazan entre sí, dejando un área libre para admitir los movimientos y junto a un material elastómero instalado por debajo de las placas para la función de impermeabilización.



Figura 16: Juntas de placa dentada
Fuente: (Ministerio de transportes, 2016)

Losa: Es la parte del puente que transmite las cargas de los vehículos a la superestructura. Su refuerzo principal de flexión es paralelo al tráfico (1ª1) (Ministerio de transportes, 2010). Las losas transmiten las cargas a los bastiones directamente por los apoyos, estos solamente deben de ser capaces de absorber fuerzas horizontales y verticales, cargas muertas y vivas, así también permitir determinados movimientos e impedir otros según el tipo de la estructura. (Dirección General de Carreteras, 1995).

La rehabilitación de la losa es un componente importante del programa de conservación de puentes. Variedad de tratamientos de la losa están disponibles para atender a la condición de esta, se pueden proporcionar estrategias para su preservación. (Departamento de transporte del estado de Nueva York, 1992). La selección de tratamientos apropiados requiere que el ingeniero de diseño conozca el proceso de evaluación e interpretación de la condición de la losa, debe de estar familiarizado con los tratamientos disponibles y puede integrar los datos de la condición, el tipo de tratamiento y el costo en la selección de una estrategia de rehabilitación rentable (Departamento de transporte del estado de Nueva York, 1992).

Debido a la exposición al medio ambiente, junto con las cargas directas de las ruedas de camiones pesados y altas presiones de neumáticos, las losas de puentes están sujetas a las cargas más severas de todos los componentes del puente. Esto generalmente resulta en una vida de servicio de la losa que es menos que los otros componentes principales del puente. (Ed, Ramey, Russell S. Oliver, (1998).

Los tipos principales de deterioro de la losa según (Ed, Ramey, Russell S. Oliver, 1998) son:

- Secado temprano y fisuración por contracción térmica.
- El desgaste por congelación-descongelación, húmedo-seco, frío-caliente.
- Impacto y fatiga del tráfico de camiones.

Según JICA 2014, otros daños típicos que afectan a la losa son, las grietas, la cual es una fractura lineal de la estructura en el concreto que se expande parcial o completamente. Las grietas en el concreto se producen como resultado de las tensiones de tracción, ya que el concreto tiene baja resistencia a la tracción y alta resistencia a la compresión.

Las grietas estructurales, las cuales son inducidas por la carga en los elementos de concreto pueden ser reconocidas, como grietas con patrones de fisuras específicos, los cuales se relacionan con el tipo de fuerza aplicada. Estas pueden ser un signo de deficiencia estructural. El ancho y el espaciado de la fisura indicarán si hay algo malo o no.

Para el concreto pretensado, el agrietamiento es un índice de un problema potencialmente grave de sobrecarga, bajo diseño o error de diseño. Desde el punto de vista estructural, es importante distinguir las grietas estructurales de las fisuras no estructurales causadas por los movimientos de temperatura de los materiales.

El desprendimiento es un daño en el área donde el concreto se ha quebrado debido a la corrosión de barras de acero de refuerzo. Otras causas también son: Las fuerzas vehiculares u otras fuerzas de

impacto sobre los bordes del concreto, las juntas de construcción expuesta, también pueden resultar en el desprendimiento local de piezas de concreto.

La delaminación es una discontinuidad en el concreto superficial que está sustancialmente separada pero no completamente separada del concreto por debajo o por encima de ella. Visiblemente, puede aparecer como una superficie sólida pero puede ser identificada debido al sonido hueco mediante la derivación. Esta comienza con la corrosión de las barras de refuerzo y luego el desprendimiento.

Sin embargo, en el caso de barras estrechamente separadas, el agrietamiento se extiende en el plano de la varilla de refuerzo paralelo a la superficie exterior del concreto.

La corrosión es el deterioro de las varillas corrugadas por electrólisis. El contenido de álcali en el concreto protege las barras de refuerzo de la corrosión, pero cuando los iones de humedad, aire y / o cloruro por encima de una cierta concentración se disuelven en agua y penetran a través del concreto hasta las barras de refuerzo. Esta protección se rompe y comienza la corrosión. En la etapa inicial, la corrosión puede aparecer como manchas de óxido en la superficie del concreto. En la etapa avanzada, la superficie de concreto por encima de las grietas. La corrosión ocurrirá más rápidamente cuando el concreto esté dentro o cerca del agua salada.

Los nidos de piedra son causados por la vibración inadecuada o incompleta del concreto en su fase de construcción que da lugar a los huecos que son dejados en el concreto vertido donde el mortero del cemento falló llenar completamente los espacios entre las partículas gruesas del agregado.

Filtración de agua como resultado del progreso continuo de la fisuración, las grietas penetran el grosor de la losa, y luego arranque de fugas de agua. (JICA, 2014)

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

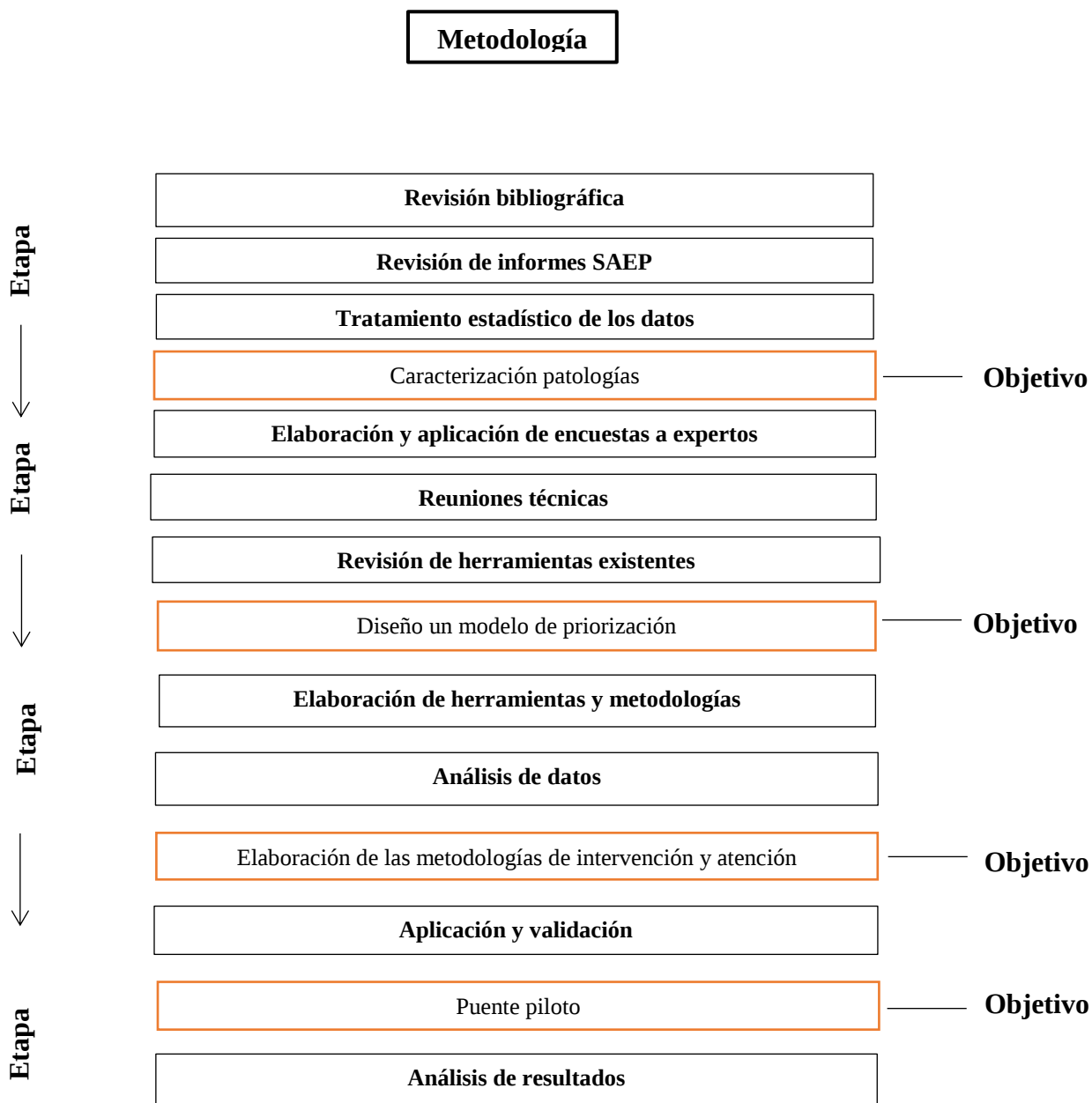


Figura 17: Metodología
Fuente: Elaboración propia

3.1. Metodología

3.1.1. Caracterización de patologías

Para términos del cumplimiento de los objetivos, se realizó una revisión bibliográfica sobre gestión de puentes, inspección de puentes, priorización de atención de puentes, lineamientos de atención, material para reparaciones o mantenimientos, tecnologías, metodologías y documentos técnicos, normas de reparaciones y mantenimiento de estructuras. Así mismo las causas de los daños y sus efectos en los puentes. Entre estas se consultaron manuales de inspección nacional e internacional, el manual de inspección de American Association of State Highway and Transportation Officials de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), manuales de atención de puentes internacionales. También los lineamientos de atención de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Información que aporte al estado del arte y a las herramientas del proyecto.

Se revisaron los informes generados por el Sistema de Administración de Puentes SAEP, de los cuales se caracterizaron y se seleccionaron las fotografías más representativas y comentarios de las patologías que tienen porcentajes altos de incidencia de afectación, extensión y magnitud en las rutas. Donde también se analizaron sus causas por medio de los comentarios aportados por los inspectores.

Se clasificaron las notas de las inspecciones en dos zonas de acuerdo a su potencial y extensión de daño. Los daños de atención a corto plazo en la primera zona, son los daños que obtuvieron notas de (4 a 5) y los de mediano plazo la siguiente con notas de (2 a 3). Así mismo por tipo de subestructura y tipo de material, se tabuló y se realizó un tratamiento estadístico de los datos, promediando la cantidad de daños con notas semejantes entre la cantidad de puentes analizados.

Se realizó un análisis causa-efecto de los elementos con porcentajes altos de los daños tipificados por el SAEP debido a su extensión y magnitud de afectación. Por medio de consultas a expertos y revisiones bibliográficas.

3.1.2. Modelo de priorización

Para términos del modelo de priorización que ayudara a evaluar las estructuras de una forma subjetiva, Se realizó como actividad principal e importante, la consulta de profesionales con base a su experiencia en el área y la teoría. Para priorizar y consolidar la importancia de los elementos y el grado de afectación de los daños.

Como primera instancia se obtuvieron los pesos del algoritmo para el modelo por medio del método Delphi, el cual consistió en unificar y acercarse al consenso de un grupo de profesionales o expertos en el tema a tratar con base al análisis por medio del recurso del juicio subjetivo de estos (Varela Rui, Díaz Bravo, García Durán, 2012). Se realizaron encuestas y entrevistas a expertos en el área, extrayendo la experiencia y el conocimiento que han desarrollado los inspectores, conocimiento de docentes y masters en el área, que tuvo como objetivo ponderar el porcentaje de funcionalidad estructural de los elementos y el nivel de afectación estructural de los daños. Los expertos en el área respondieron y ponderaron los porcentajes de acuerdo a su criterio, conocimiento y experiencia ingenieril, el cual asignaron un peso (%), que varió de acuerdo a la funcionalidad e importancia de los elementos del puente que logra la integridad estructural y así mismo se aplicó el criterio en

los daños, de acuerdo a su grado de afectación en los elementos a los cuales se le asignó una posición con numero entero (1-10); como se muestra el siguiente esquema:

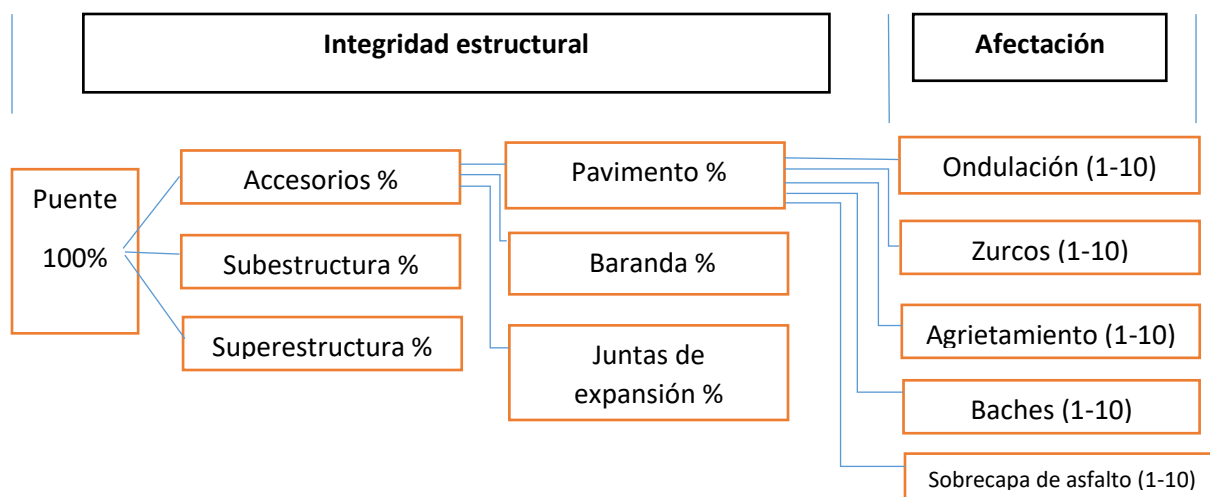


Figura 18: Esquema ilustrativo del modelo de ponderación de pesos.

Para los resultados del modelo se asignó una nota numérica y la clasificación con color representativo en escala de condición de la estructura y el respectivo lineamiento general de atención e intervención para los daños, condición del elemento y totalidad del puente, la cual se realizó, consultado normativas, documentos internacionales y de expertos para su validación.

3.1.3. Metodologías de Intervención y atención

Para la elaboración de las metodologías de intervención se analizaron los datos de las causas y efectos de las patologías caracterizadas en la fase 1, con el propósito de poder ser una respuesta a esta donde se realizaron directrices de trabajo para las medidas de mitigación y recomendaciones para la atención en los elementos siguientes: Juntas de expansión, losas y apoyos. Se consultó bibliografía de soluciones, materiales y tecnologías, juntos a entrevistas de expertos y proveedores en el mercado de soluciones, del cual se elaboró un documento técnico sobre la intervención recomendada el cual contiene el objetivo de los documentos, criterios técnicos, procedimientos, manos de obra, materiales y equipo.

El Puente piloto, como etapa final, se aplicó toda la herramienta desarrollada a un puente en específico, con sus daños analizados y las propuestas de intervención y atención de recomendaciones correspondientes, las cuales se analizaron y se compararon con la inspección detallada y las recomendaciones hechas por los expertos. Así también se cubrieron los daños que no están tipificados por el modelo, este se realizó únicamente en las juntas de expansión, apoyos y losas.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1. Caracterización de patologías

Se realizó la revisión de 103 informes de los puentes ingresados por el Sistema de administración de Puentes SAEP de los años 2014 y 2015 y las rutas nacionales 4, 21 y 34, de los cuales se caracterizó y analizó la información contenida en ellos, como lo son las fotografías y comentarios de las patologías que tienen porcentajes altos de incidencia de afectación, extensión y magnitud en las rutas. Se agruparon las fotos por su calificación y los daños tipificados por el SAEP los cuales son 83 daños en base a la escala de calificación de esta (1-5), se clasificaron las notas de las inspecciones en dos zonas de acuerdo a su potencial y extensión de daño. Los daños de atención a corto plazo, son los daños que obtuvieron notas de (4 a 5) y los de mediano plazo de (2 a 3).

4.2. Características de las patologías en las rutas 4, 21 y 34

Las siguientes patologías requieren atención en el corto plazo, ya que estos daños son los que requieren atención lo más pronto posible en la ruta 21, ya que sus propiedades mecánicas, químicas, físicas o estáticas están en estado crítico, afectando el servicio y funcionalidad del puente. Se encuentran con notas de 4 a 5.

3.1.4. Patologías en los puentes Ruta 4

Clasificación: Superestructura, APOYO

Daño: Deformación Extraña



Figura 19: Deformación – Grado 5

Fuente: PEEP

Descripción del Daño: deformación, el apoyo está de completamente deforme y no funciona como apoyo.

Causas: debido a las filtraciones, mantienen húmeda el área.

Dañó: Rotura de apoyos



Figura 20: Rotura de apoyos – Grado 5
Fuente: PEEP

Descripción del Daño: los apoyos, el perno de anclaje está totalmente cortado, se selecciona grado de daño 5 por inclinación de apoyo pues al menos 3 tornillos están quebrados.

Dañó: Inclinación y Desplazamiento

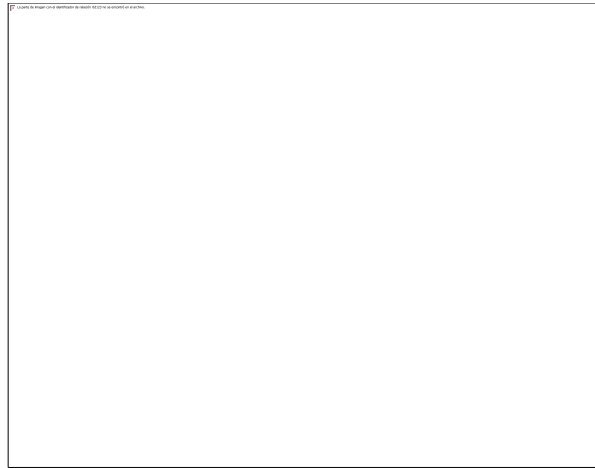


Figura 21: Inclinación – Grado 5
Fuente: PEEP

Descripción del Daño: apoyos están ligeramente desplazados. Los apoyos internos presentan corrimientos de alrededor de los 1,5 cm se selecciona grado de daño 5 por inclinación de apoyo.

Clasificación: Accesorios, JUNTAS DE EXPANSION

Dañó: Faltante o deformación

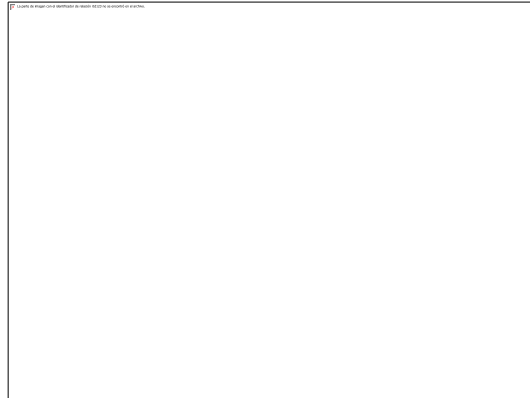


Figura 22: Faltante – Grado 4
Fuente: PEEP

Descripción del Daño: perdida del sello elastomérico en la junta de expansión sobre pilas.

3.1.5. Patologías en la ruta 21

Clasificación: Superestructura, APOYO

Daño: Inclinación

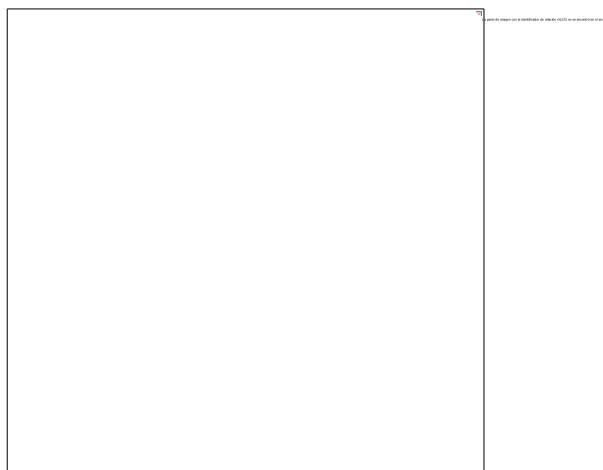


Figura 23: Apoyo inclinado – Grado 4
Fuente: PEEP

Descripción del daño: desplazamiento en apoyos rotado con gran inclinación. Este desplazamiento en el apoyo móvil de margen izquierda influye directamente en el apoyo fijo de la otra margen lo que causa el desprendimiento del concreto en el bastión.

Clasificación: Superestructura, JUNTAS DE EXPANSIÓN

Daño: Faltante o deformación



Figura 24: Deformación – Grado 4
Fuente: PEEP

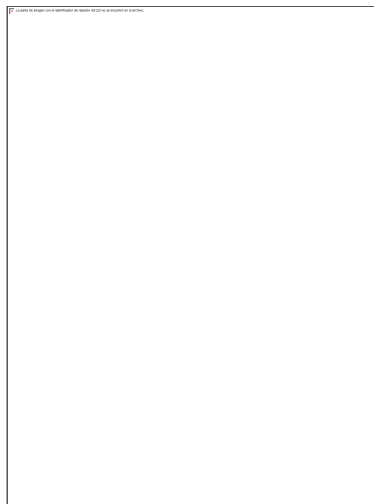


Figura 25: Faltante – Grado 4
Fuente: PEEP

Descripción del daño: junta con pérdida de relleno; se han perdido partes de la placa.

3.1.6. Patologías en los puentes en la ruta 34

Clasificación: Accesorios, PAVIMENTO

Daño: Sobrecapa de asfalto

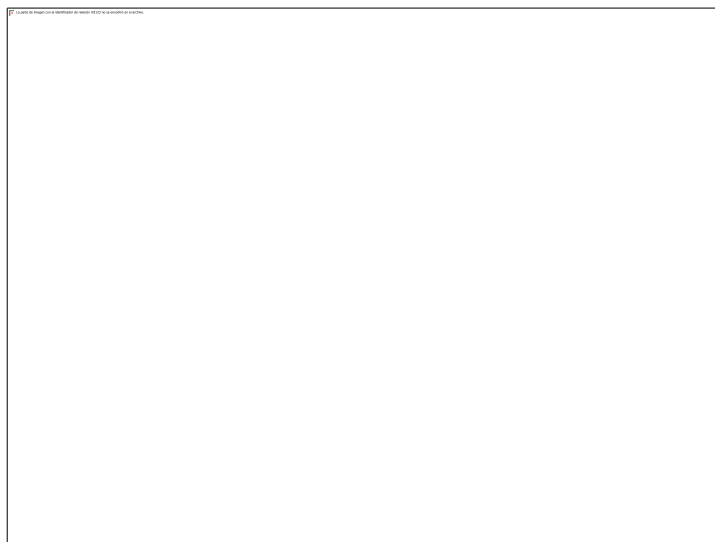


Figura 26: Sobrecapa de asfalto 5 cm – Grado 5
Fuente: PEEP

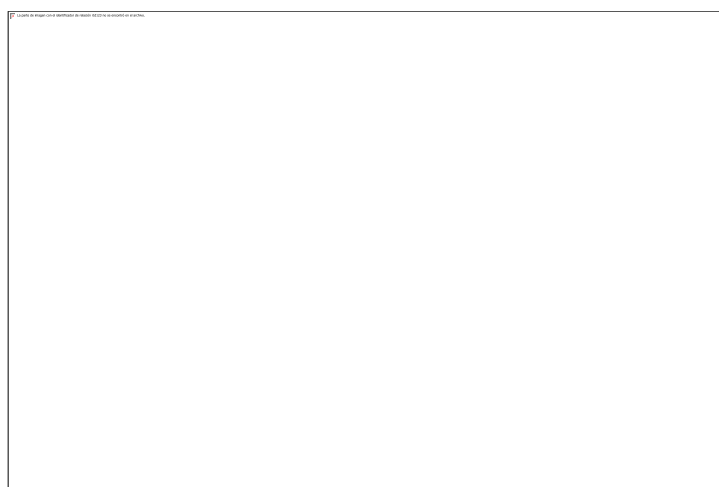


Figura 27: Sobrecapas de asfalto 8 cm – Grado 5
Fuente: PEEP

Descripción del Daño: se observan sobre capas de asfalto que van de los 5 a 8 cm, obstruyendo parcial o totalmente los drenajes en PVC, así mismo las juntas afectando su funcionalidad ya que la filtración es visible en los apoyos, bastiones y pilas centrales, la sobrecapa de asfalto puede aumentar la carga muerta en el puente afectando la capacidad para la cual este pudo estar diseñada.

Causas: mal diseño en el recarpeteo o en el mantenimiento de la carpeta de rodadura.

Clasificación: Accesorios, JUNTAS DE EXPANSION

Daño: Faltante o Deformación.



Figura 28: Daño en junta de caucho – Grado 4
Fuente: PEEP

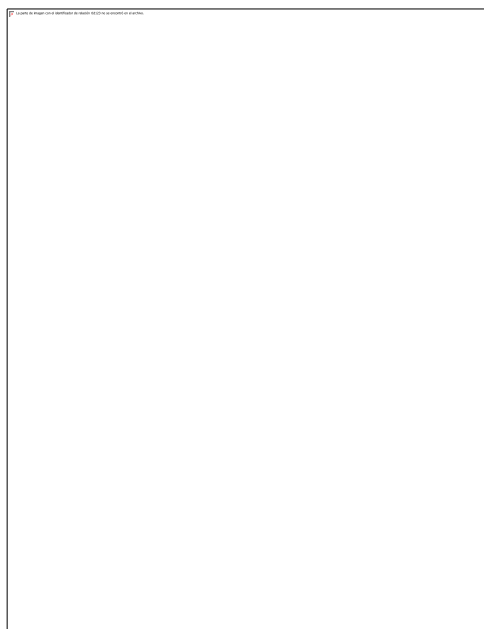
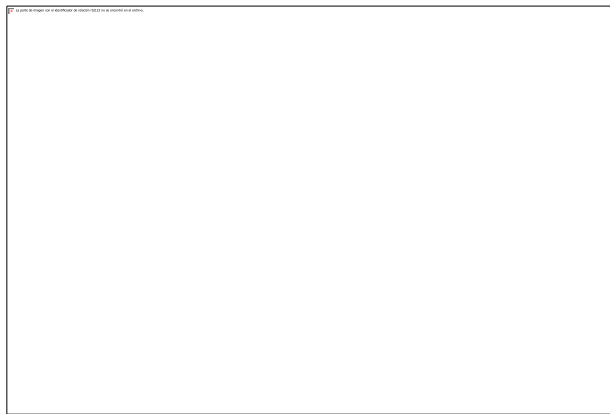


Figura 29: Water stop roto – Grado 5
Fuente: PEEP



*Figura 30: Juntas de expansión colapsada- Grado 5
Fuente: PEEP*



*Figura 31: Juntas de expansión con abertura de 6 cm – Grado 5
Fuente: PEEP*

Descripción del Daño: las juntas de expansión se encuentran totalmente colapsadas ya que presentan separaciones de hasta 6,00 cm medidos en campo o faltantes de hasta un 75% a 85%, esta abertura provoca el golpeteo de la carga de impacto del vehículo, el “water stop” se encuentra totalmente cortado y colapsado provocando la total filtración del agua a la subestructura, también se encuentran morteros para su relleno que se han desprendido y agrietando.

Causas:

- Deficiencia en el diseño de su capacidad de absorber las deformaciones verticales y horizontales.
- Falta de mantenimiento y rehabilitación.

El objetivo principal fue caracterizar los daños encontrados en las inspecciones realizadas en campo, para un mejor análisis y atención de estas. Se adjunta en **ANEXO 1** el documento final de la caracterización de las patologías encontradas.

Se realizó un mapa de daños en las rutas 4, 21 y 34, de los daños tipificados por el SAEP

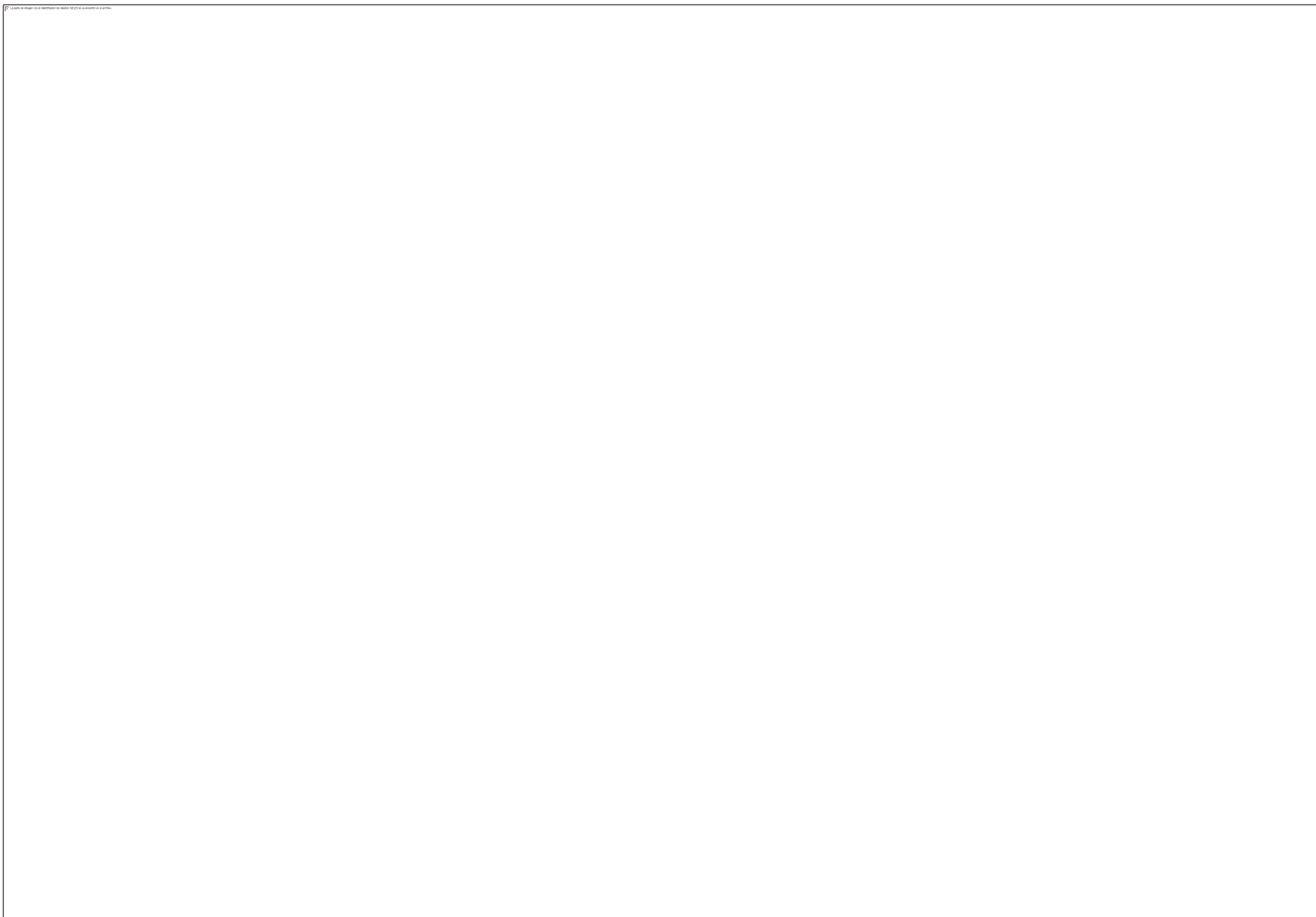


Figura 32: Tipificación de fotografías en campo ruta 4

Fuente: Propia

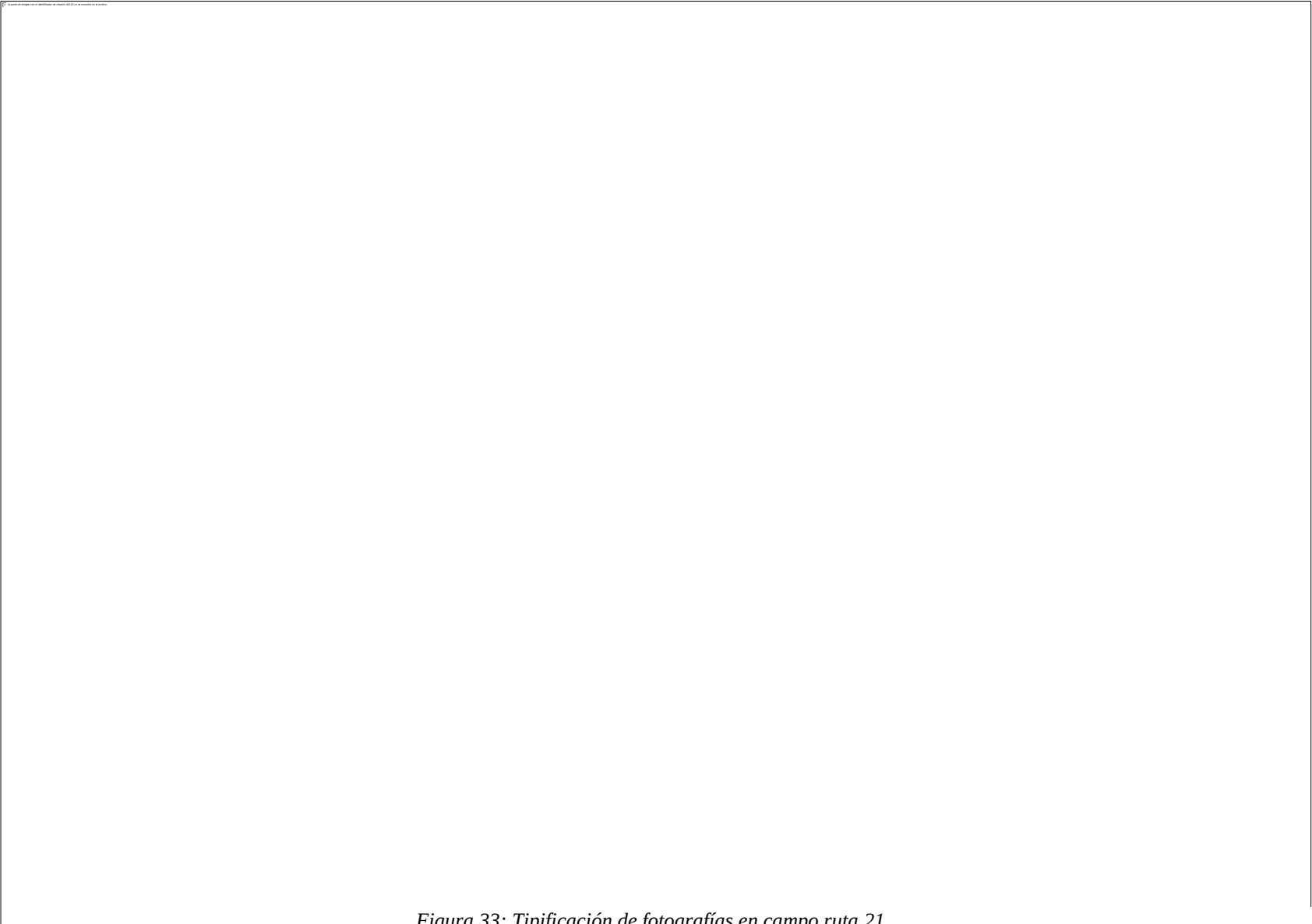


Figura 33: Tipificación de fotografías en campo ruta 21
Fuente: Propia

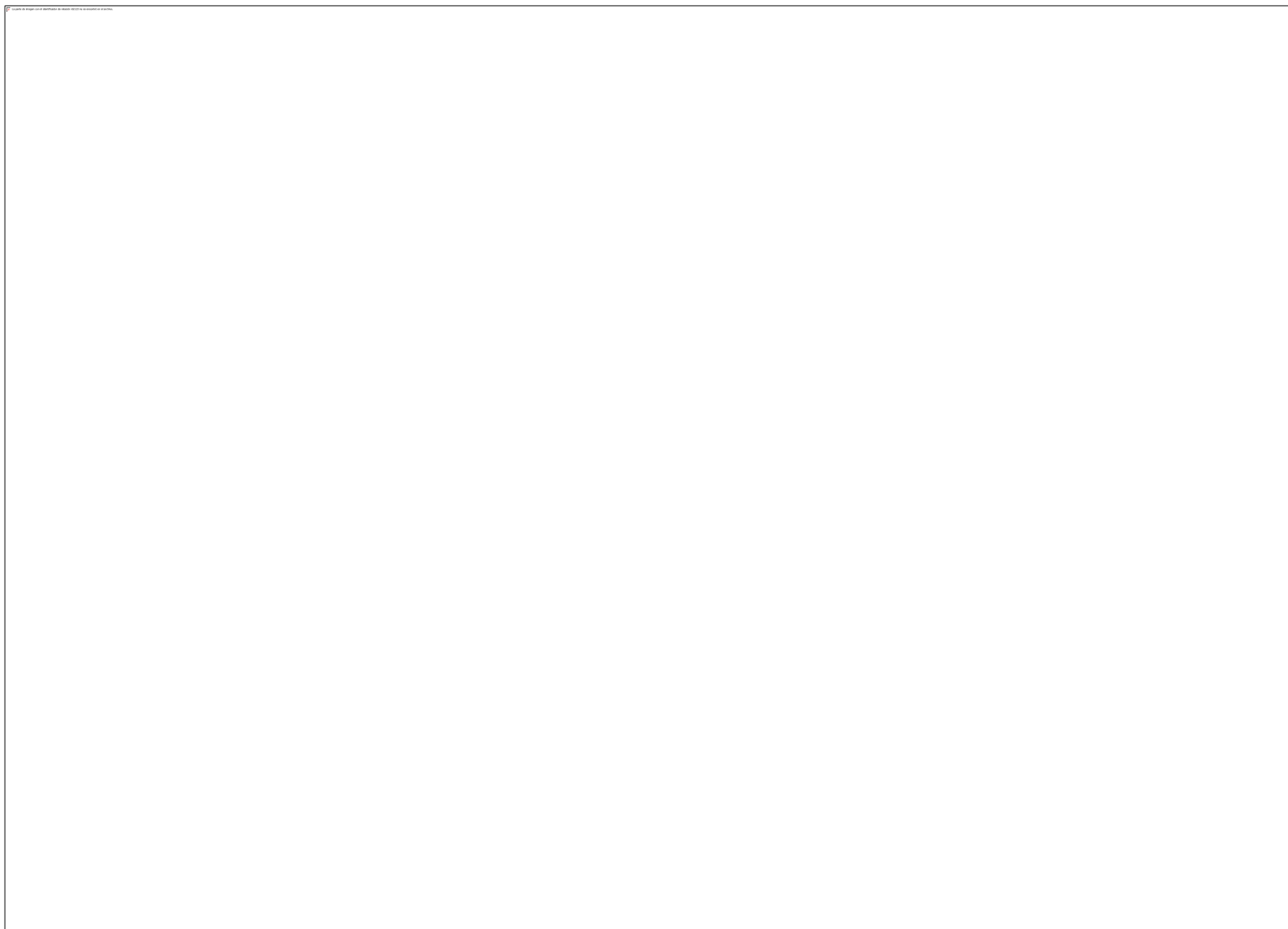


Figura 34: Tipificación de fotografías en campo ruta 34

Fuente: Propia

4.3. Tipología y materiales de los puentes en las rutas 4, 21 y 34.

En el manejo estadístico de los datos, los gráficos muestran que la mayoría de puentes son de material de concreto; los puentes de concreto los cuales son 81 en dichas rutas tienen distintas configuraciones, la mayor parte de los puentes son de concreto con un **79%**, y de acero con un **21%**; en su configuración estructural la mayoría son de viga simple **75%** un **15%** en viga continua, **7%** viga tipo losa, **4%** viga continua tipo cajón.

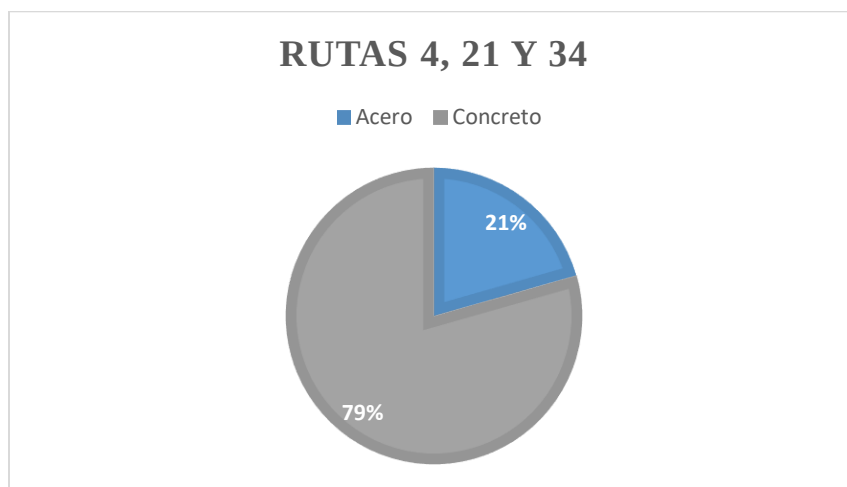


Figura 35: Tipología de material de los puentes en las rutas 4, 21 y 34.

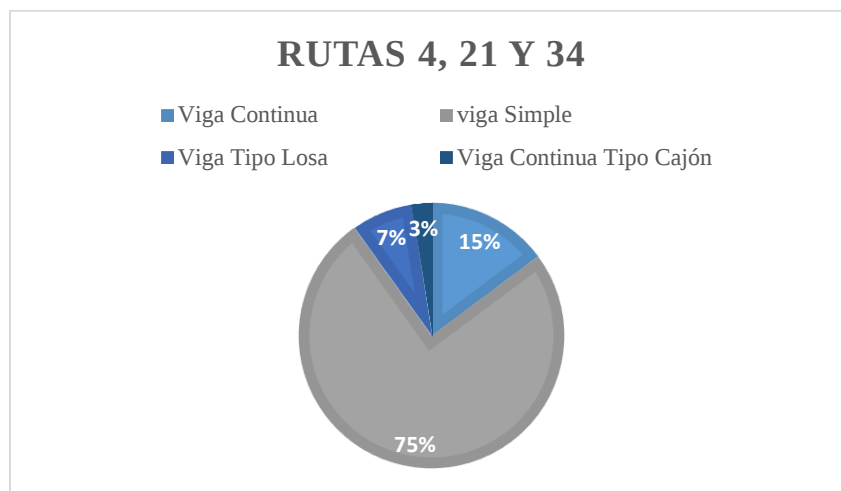


Figura 36: Configuración estructural de la superestructura de concreto en los puentes de las rutas viales nacionales 4, 21 y 34

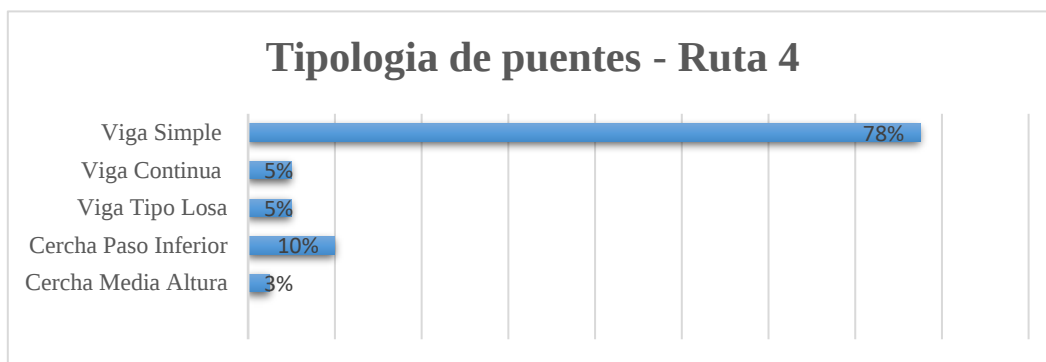


Figura 37: Configuración estructural de la superestructura de los puentes en las ruta vial nacional 4.

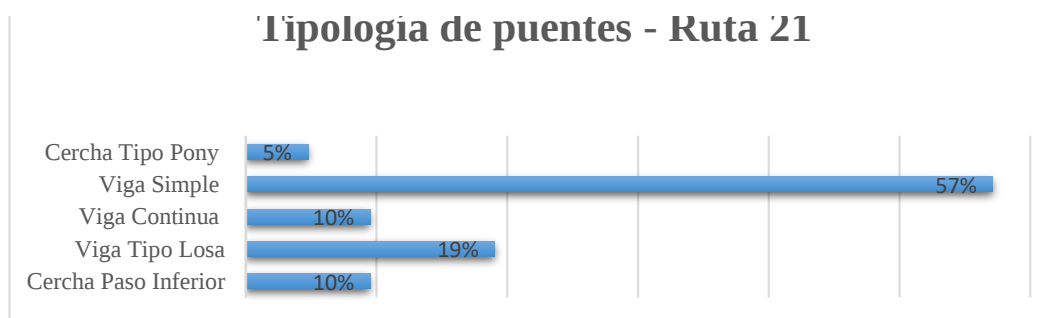


Figura 38: Configuración estructural de la superestructura de los puentes en las ruta vial nacional 21.

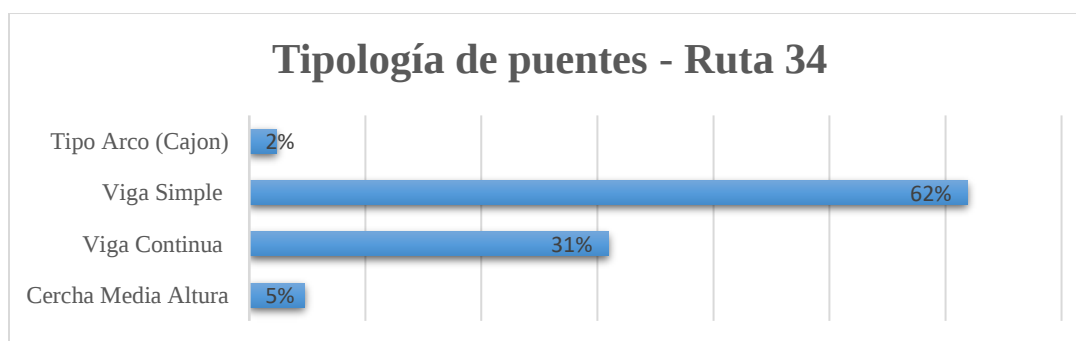


Figura 39: Configuración estructural de la superestructura de los puentes en la ruta vial nacional 34.

Los tipos de apoyo utilizados en las rutas. Los porcentajes indican el tipo de apoyo que se encuentra en los puentes. El 50 % de los puentes en la ruta 4 tienen apoyo expansivo.

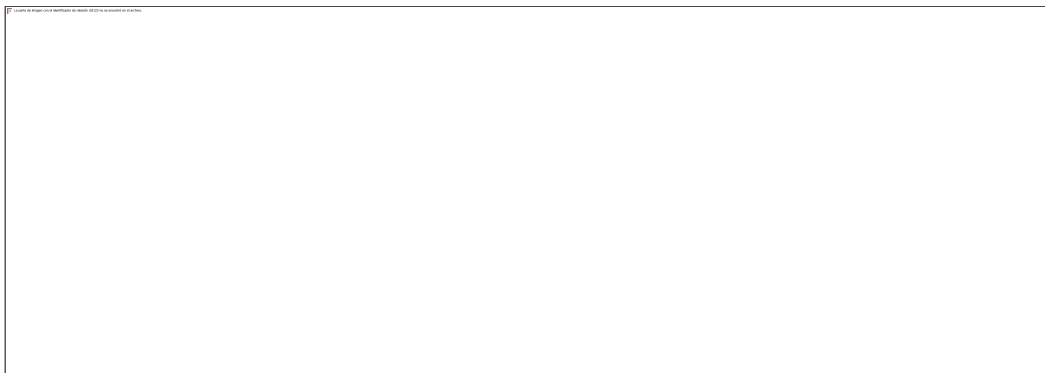


Figura 40: Tipos de apoyos utilizados en la ruta 4

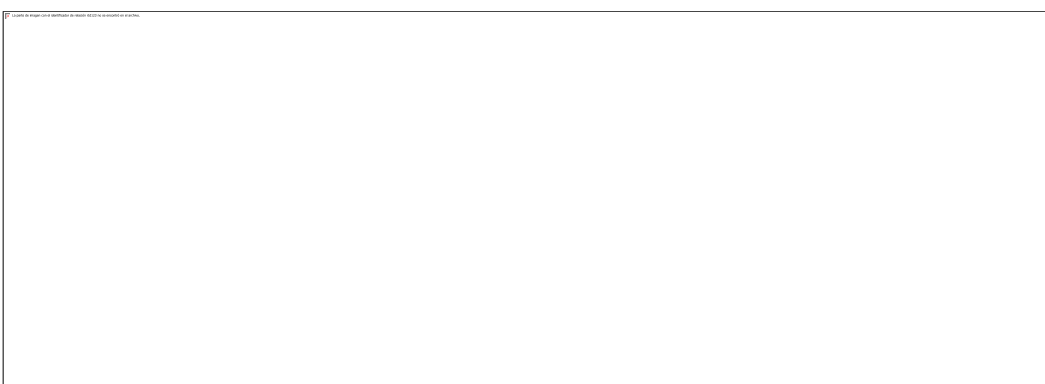


Figura 41: Tipos de apoyos utilizados en la ruta 4

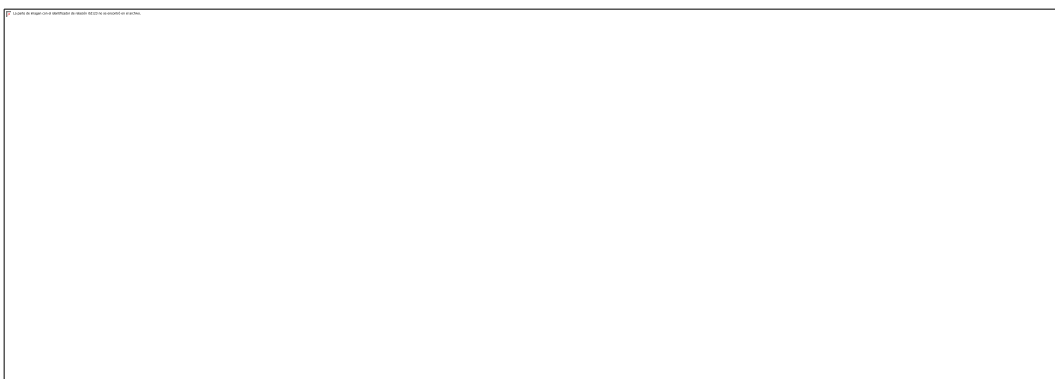


Figura 42: Tipos de apoyos utilizados en la ruta 4

Las juntas, los tipos que se encuentran en la ruta. El 50 % de los puentes en la ruta 4 tienen juntas selladas.

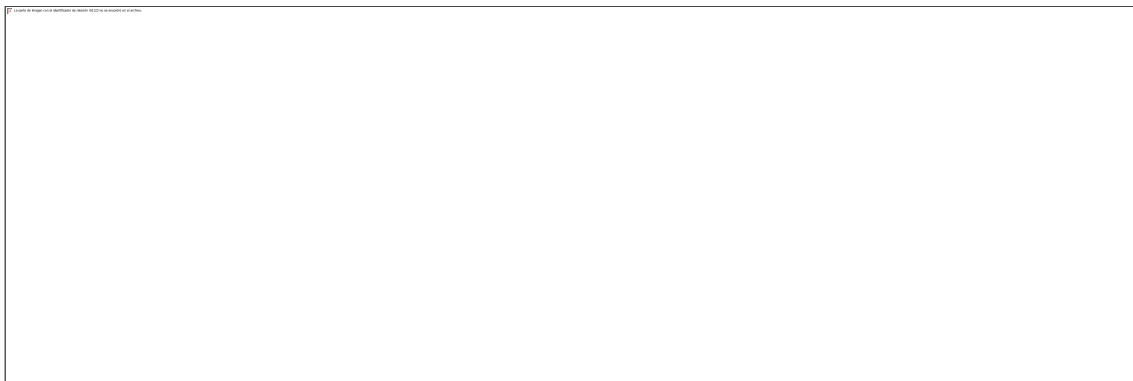


Figura 43: Tipos de juntas de expansión utilizadas en la ruta 4.

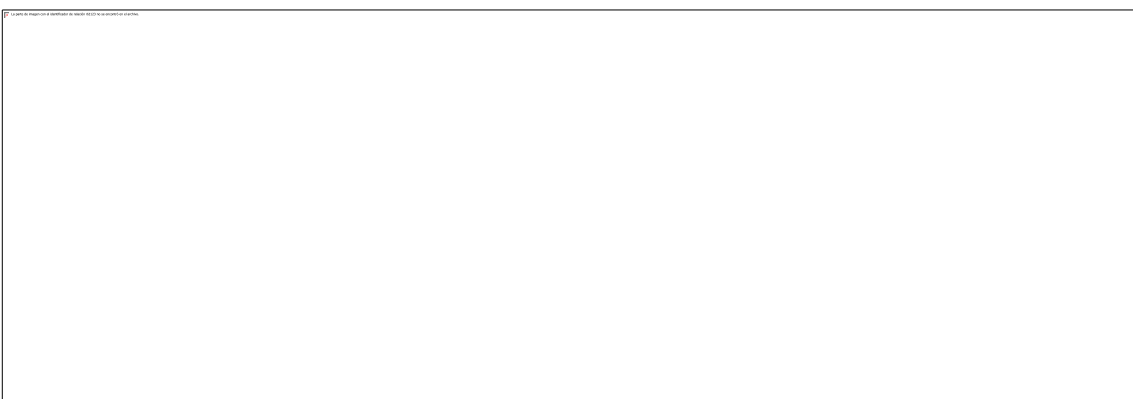


Figura 44: Tipos de juntas de expansión utilizadas en la ruta 21.

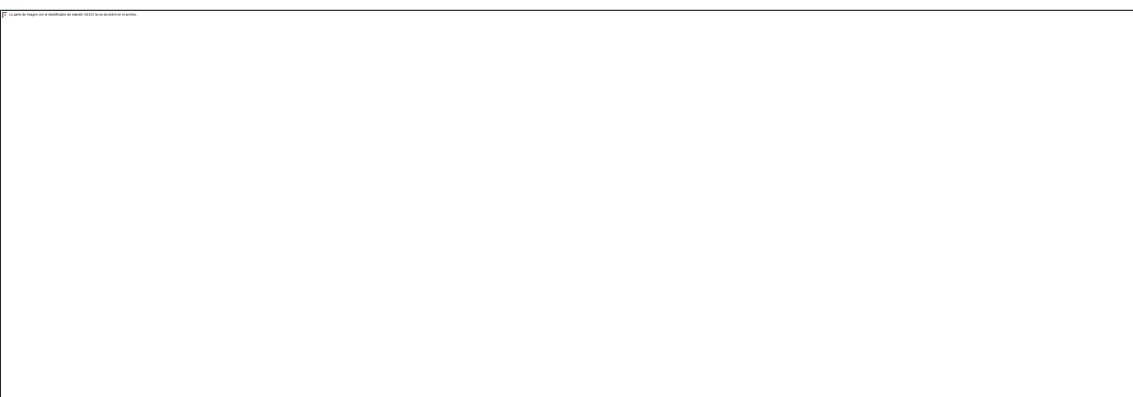


Figura 45: Tipos de juntas de expansión utilizadas en la ruta 34

4.4. Porcentaje de daños en las rutas 4, 21 y 34

Se clasificaron las notas generadas en campo de acuerdo a las condiciones de los daños del puente en escala SAEP, clasificadas en zonas de atención a corto y mediano plazo, y en mantenimiento rutinario para la calificación 1. La tabulación se realizó promediando las notas por rutas de las cuales resalta los elementos más afectados.

Al analizar las tablas, las juntas de expansión muestran porcentaje altos de afectación en una atención inmediata por sus rangos de calificación de (4-5), Además la losa, muestra daños de los cuales requiere ser intervenida. Los apoyos, aunque los porcentajes no son tan altos, pero están en zonas de intervención a corto y mediano plazo y siendo este un elemento fundamental en el funcionamiento estructural de los puentes, pone en alarma la priorización de estos. Es evidente al analizar las tablas que hay porcentajes altos de las condiciones del elemento en buen estado, pero estas al no tener un mantenimiento rutinario pasaran a las zonas afectadas. Se muestran los siguientes cuadros de los 83 daños tipificados por el SAEF con el porcentaje de afectación en las rutas.

Tabla 7. Porcentajes de afectación en los elementos de los puentes en la Ruta Nacional 21.

Tabla 8. Porcentajes de afectación en los elementos de los puentes en la Ruta Nacional 21.

Tabla 9. Porcentajes de afectación en los elementos de los puentes en la Ruta Nacional 34.

4.5. Análisis Causa-Efecto

En base a los daños con mayor incidencia en los elementos de los puentes de las rutas se realizó un análisis Causa-Efecto, por medio de consultas a expertos y revisiones bibliográficas de documentos nacionales e internacionales de las consecuencias de los daños y los factores que las causan.

Tabla 11. Causa-efecto de los daños en la losa.

Losa	
Causa	Efecto
Grietas en una dirección • Esfuerzos debido a la carga viva y muerta. • Zonas a tensión. • Grietas en la parte inferior debido a los momentos positivos. • Cambios de temperatura. • Afectación del ambiente salino en el concreto debido al sector costero. • Exceso de agua en la mezcla de concreto. • Falta de curado del concreto. • Retiro de la formaleta antes del tiempo. • Aumento de las cargas de servicio (muertas y vivas). Eflorescencia • Cloruro de calcio llevado a la superficie del concreto por el agua. • Presencia de grietas las cuales son profundas y han atravesado la losa. • Evaporación del agua en el concreto. • Filtración de agua. Acero Expuesto • Áreas de pérdida de material. • Malas prácticas constructivas. • Deficiencia de los materiales.	Grietas en una dirección • Filtración en las grietas afectando el acero de refuerzo o transporte de los cloruros. • Afectan la resistencia estructural. • Filtración de sustancias nocivas que inician el proceso de corrosión del acero de refuerzo. • Comprometen la durabilidad de la estructura. • Afecta su rigidez. • Dependiendo su ancho, el elemento se compromete en soportar las cargas de servicio. Eflorescencia • Corrosión en el acero de refuerzo. • Señal de posible grieta. • Humedad en el área. • No causa problemas estructurales. • Afecta la estática del puente. Acero Expuesto • La pérdida de material a veces se extiende más allá del acero de refuerzo, quedando expuesto a la intemperie y adquiriera corrosión. Logrando que el acero pueda fisurarse y perder sección.

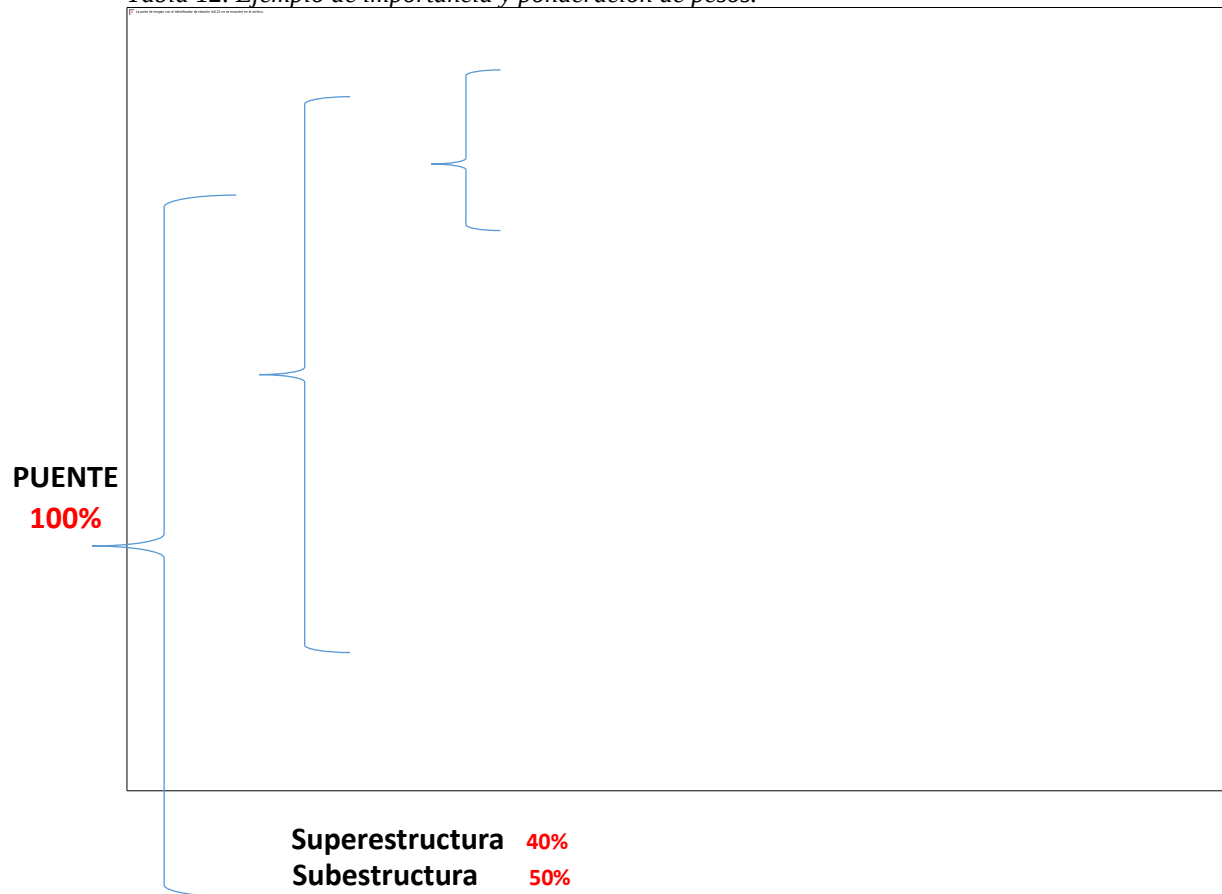
Fuente: (MOPT, 2007, Dirección General de Carreteras, 1995, Ministerio de transportes, 2006, Ministerio de transportes, 2010, Dirección de Vialidad, 2007, Leyton, Giron Juan, Reyes, Castillo, y Pilar, D. C. ,2014, Asociación Técnica de Carreteras, 2003, Matute Rubio, L. &, & Pulido Sánchez, I. 2012).

Se adjunta en el **ANEXO 2** el documento completo de los daños investigados y consultados con sus causas y efectos.

4.6. Modelo de Priorización

Para efectos del modelo de priorización se realizó un proceso de consulta a expertos y teoría del manual de mantenimiento del MOPT, ponderando los pesos subjetivos como se muestra en la **tabla 1**, el ejemplo de priorización y ponderación de acuerdo al criterio del evaluador y metodología utilizada fue la siguiente, para los daños se usaron números enteros **(1 a 10)** donde **1 es el daño con más afectación** a la integridad estructural del puente, el mismo número fue asignado a varios daños si los dos daños afectaban de igual manera; en el **(peso %)** porcentaje de importancia de cada elemento; El puente tiene el **100%**, este porcentaje se dividió en la clasificación del puente (**accesorios, superestructura y subestructura**) de acuerdo a su funcionalidad estructural y luego cada porcentaje, se pondero en los elementos que corresponde a cada uno como por ejemplo: el porcentaje de los accesorios fue distribuido en el pavimento, baranda y juntas de expansión.

Tabla 12. Ejemplo de importancia y ponderación de pesos.



La población, los profesionales encuestados fueron 14, entre ellos ingenieros civiles, ingenieros en construcción, inspectores de puentes y master en estructuras y geotecnia. La muestra es baja debido a que pocos profesionales cuentan con la experiencia en el área de puentes.

Tabla 12. Población encuestada

Población	
Ing. Civil Hugo Navarro MSc.	Ing. Civil Alejandro Alfaro
Ing. Construcción Miltón Sandoval MBA.	Ing. Construcción Osvaldo Cubero
Ing. Construcción Ángel Navarro	Ing. Construcción Rolando Pereira
Ing. Civil Mauricio Araya	Ing. Civil Daniel Ureña MSc.
Ing. Civil Mauricio Carranza MSc.	Ing. Construcción Israel Monge
Ing. Civil Renán Espinoza MSc.	Ing. Construcción Katherine Vargas
Ing. Civil Eduardo Hernández	Ing. Construcción Rommel Cuevas

4.6.1. Análisis e interpretación estadística de los datos.

De acuerdo con las mediciones que se hicieron, estas fueron una combinación de mediciones cuantitativas y cualitativas, ya que la toma de decisiones está basada en un criterio teórico y de experiencia representada en una escala numérica y de porcentaje, debido a dicha representación se tomaron dos métodos estadísticos para analizar los datos y compararlos los cuales son la moda y promedio para evaluar los resultados y escoger el método que se aproximó a la nota.

La moda, debido a que este es un análisis donde se ve la mayor frecuencia de datos, es decir se ve la repetitividad de variables de acuerdo a cada criterio. Pero al tabular los resultados los criterios de los profesionales con mayor experiencia y conocimiento y altos grados académicos, se despegan de la mayoría de criterios, los cuales quedan fuera de los criterios a utilizar.

El promedio, este análisis se realizó ya que el criterio de los profesionales con mayor experiencia y conocimiento académico, es menor al de la mayoría de profesionales, lo cual para alcanzar estas muestras en los resultados se realizó y se escogió este método.

En la parte de anexos se detalla el aporte de los encuestados, según las variaciones de criterios y de importancia de acuerdo con la funcionalidad estructural de los elementos y en la columna de daños la afectación de los mismos.

Para términos de calibración del modelo se tomaron los informes técnicos generados por los inspectores en campo que obtuvieron las notas más altas al meterlos al proceso de calificación de las rutas evaluadas 4, 21 y 34. Luego se realizó una consulta estratégica a los inspectores que generaron dichos informes y aportaron una nota de 1 a 100 donde 100 es el colapso del puente (deficiencia estructural) y 1 es el estado del puente en óptimas condiciones de acuerdo a su criterio y visita en campo.

Tabla 13. Ponderación de pesos por clasificación del puente: accesorios, superestructura, subestructura.

Puente				
Inspector	Accesorios	Superestructura	Subestructura	Suma total
Hugo Navarro	10	50	40	100
Miltón Sandoval	10	50	40	100
Ángel Navarro	10	45	45	100
Mauricio Araya	8	37	55	100
Mauricio Carranza	10	40	50	100
Renán Espinoza	15	35	50	100
Eduardo Hernández	10	40	50	100
Alejandro Alfaro	10	40	50	100
Osvaldo Cubero	15	50	35	100
Rolando Pereira	10	40	50	100
Daniel Ureña	10	40	50	100
Israel Monge	20	40	40	100
Katherine Vargas	10	50	40	100
Rommel Cuevas	20	40	40	100
Promedio	12	43	45	100
Moda	10	40	50	100

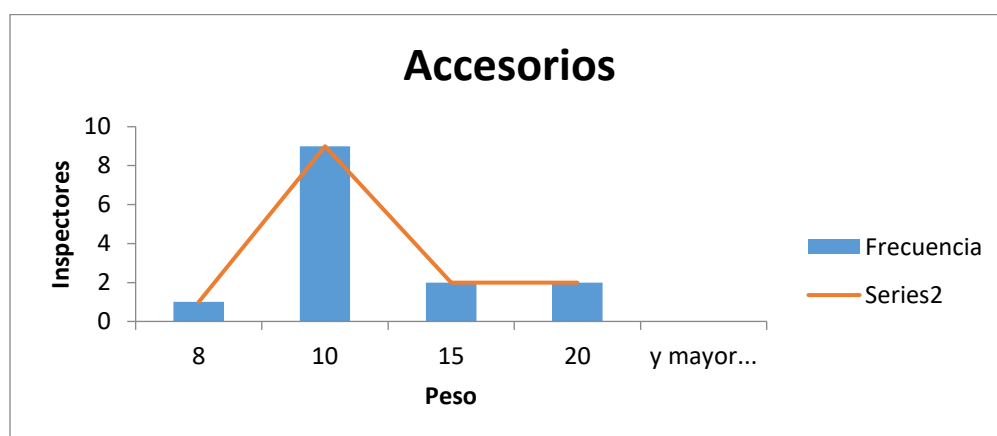


Figura 46: Frecuencia de respuesta de los inspectores evaluados para los porcentajes correspondientes a los accesorios.

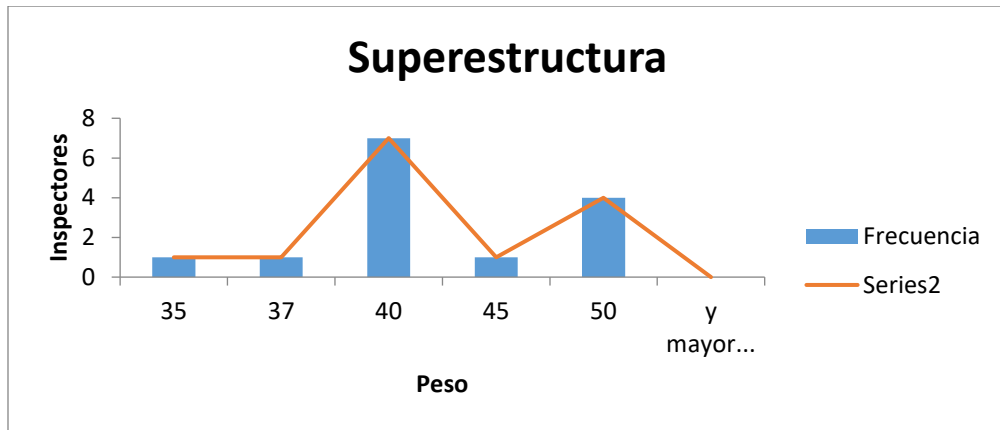


Figura 47: Frecuencia de respuesta de los inspectores evaluados de asignación de porcentajes correspondientes a la superestructura.

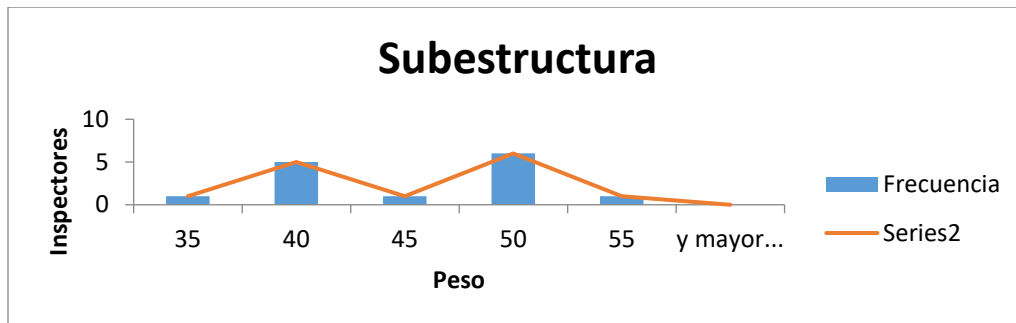


Figura 48: Frecuencia de respuestas de los inspectores evaluados para el porcentaje correspondiente a la subestructura.

Tabla 14. Resultados de la encuesta análisis de la desviación estándar de los datos y coeficiente de error de algunos de los elementos evaluados.

Clasificación	DAÑOS/ Inspector	Desviación estándar	Coeficiente de error
PAVIMENTO	Ondulación	1.311403912	0.470760379
	Surcos	0.916874768	0.298517366
	Agrietamiento	1.099450412	0.59201176
	Bachas	1.342459609	0.552777486
	Sobrecapas de Asfalto	1.446860945	0.547460898
BARANDA (ACERO)	Deformación	1.222499691	0.475416547
	Oxidación	1.081817762	0.409336451
	Corrosión	1.42389344	0.64304865
	faltante	0.892582375	0.735067838
BARANDA (CONCRETO)	Agrietamiento	0.82874193	0.429718038
	Acero de Refuerzo	0.578934224	0.324203165
	Faltante	0.825420306	0.641993571
JUNTA DE EXPANSION	Sonidos extraños	1.542439911	0.392621068
	Filtración de aguas	1.311403912	0.470760379
	faltante o deformación	0.928782732	0.565346011
	Movimiento Vertical	1.157868447	0.450282174
	Juntas Obstruidas	1.069044968	0.467707173
	Acero de refuerzo	1.741541568	0.487631639
LOSA	Grietas de una dirección	1.591529778	0.518172486
	Grietas en dos direcciones	1.910065875	0.742803396
	Descascaramiento	1.368804724	0.425850359
	Acero de refuerzo	1.251372872	0.565136136
	Nidos de piedra	1.94569121	0.579567595
	Eflorescencia	2.082105866	0.435066897
	Agujeros	1.898524586	0.699456426

Los resultados muestran que el coeficiente de error es alto lo cual se requiere de una nueva calibración a los resultados para el modelo.

Para el análisis de las medidas realizadas en la encuesta y la elaboración del modelo, se realizaron gráficos para mostrar las desviaciones estándar, errores estándar, o intervalos de confianza. Y un análisis por medio de histogramas que nos muestran la frecuencia de criterios de los expertos. De acuerdo a que varios de los resultados tienen un coeficiente de error estándar alto, y hay variación en algunos criterios, el cual fue debido a las experiencias y grados académicos de los expertos encuestados. Se realizó, otra actividad más, la aplicación del método Delphi ya que el modelo aun cuenta con márgenes de error y esto llevo a realizar más consultas a expertos en el área de inspección y diseño de estructuras de puentes. Evaluando nuevas formas de evaluación, actividades de aportación y comparación de criterios.

© 2014 Pearson Education, Inc. or its affiliate(s). All rights reserved. This publication is protected by copyright. Permission is granted to reproduce this document for personal or internal use, not for redistribution.

Para la junta de expansión se muestra la confrontación realizada al experto sobre la magnitud de afectación de cada daño.

Los inspectores colocaron un uno (1) sobre el daño que más afectación logra en su comparación. La Fila predomina sobre la columna. Y el daño con mayor puntuación es el daño con mayor afectación y así consecutivamente se le asigno la posición a los daños tipificados por el SAEP.

Tabla 16. Matriz de confrontación de daños en junta de expansión.

JUNTAS DE EXPANSIÓN	Sonidos extraños	Filtración de aguas	faltante o deformación	Movimiento Vertical	Juntas Obstruidas	Acero de refuerzo	Sumatoria
Sonidos extraños	0	1	0	0	1	0	2
Filtración de aguas	0	0	0	0	1	0	1
faltante o deformación	1	1	0	1	1	0	4
Movimiento Vertical	1	1	0	0	1	0	3
Juntas Obstruidas	0	0	0	0	0	0	0
Acero de refuerzo	1	1	1	1	1	0	5

Luego se realizó la modificación y comparación del cambio de posición de la magnitud de los daños según los nuevos criterios realizados con el método Delphi y confrontación de criterios.

Tabla 17. Comparación del cambio de posición de la magnitud de los daños en junta de expansión.

<i>Elemento</i>	<i>Daño</i>	<i>Importancia del daño según encuesta a inspectores</i>	<i>Posición según multicriterio</i>
JUNTA DE EXPANSION	Sonidos extraños	3	4
	Filtración de aguas	2	5
	faltante o deformación	1	2
	Movimiento vertical	2	3
	Juntas Obstruidas	1	0
	Acero de refuerzo	2	1

Los resultados de las posiciones se muestran a continuación, como nueva calibración al modelo de evaluación.

Tabla 18. Comparación del cambio de posición de la magnitud de los daños en los elementos del puente.

<i>Elemento</i>	<i>Daño</i>	<i>Importancia del daño según encuesta a inspectores</i>	<i>Posición según criterio en reunión</i>
PAVIMENTO	Ondulación	4	2
	Surcos	3	0
	Agrietamiento	1	1
	Baches	2	3
	Sobrecapas de Asfalto	2	4
BARANDA(ACERO)	Deformación	2	2
	Oxidación	2	0
	Corrosión	1	1
	faltante	1	3
BARANDA (CONCRETO)	Agrietamiento	2	0
	Acero de refuerzo	2	1
	Faltante	1	2
JUNTA DE EXPANSION	Sonidos extraños	3	2
	Filtración de aguas	2	1
	faltante o deformación	1	4
	Movimiento vertical	2	3
	Juntas Obstruidas	1	0
	Acero de refuerzo	2	5
LOSA	Grietas en una dirección	2	2
	Grietas en dos direcciones	1	3
	Descascaramiento	2	1
	Acero de refuerzo	1	5
	Nidos de piedra	1	4
	Eflorescencia	3	0
	Agujeros	1	6

Tabla 19. Comparación del cambio de posición de la magnitud de los daños en los elementos del puente

<i>Elemento</i>	<i>Daño</i>	<i>Importancia del daño según encuesta a inspectores</i>	<i>Posición según criterio en reunión</i>
VIGA PRINCIPAL DE ACERO	Oxidación	2	0
	Corrosión	1	1
	Deformación	1	2
	Rotura de uniones	1	4
	Rotura de elementos	1	3
SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	Oxidación	3	0
	Corrosión	1	1
	Deformación	2	2
	Rotura de uniones	1	4
	Rotura de elementos	1	3
PINTURA	Decoloración	3	0
	Ampollas	2	1
	Descascaramiento	1	2
VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	Grietas en una dirección	1	2
	Grietas en dos direcciones	1	3
	Descascaramiento	2	1
	Acero de refuerzo	1	5
	Nido de piedra	3	4
	Eflorescencia	4	0
VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	Grietas en una dirección	1	1
	Grieta en dos direcciones	1	2
	Descascaramiento	2	3
	Acero de refuerzo	1	5
	Nido de piedra	3	4
	Eflorescencia	4	0

Tabla 20. Comparación del cambio de posición de la magnitud de los daños en los elementos del puente.

<i>Elemento</i>	<i>Daño</i>	<i>Importancia del daño según encuesta a inspectores</i>	<i>Posición según criterio en reunión</i>
APOYO	Rotura de apoyos	1	3
	Deformación extraña	3	1
	Inclinación	2	1
	Desplazamiento	1	1
PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIONES)	Grietas en una dirección	1	3
	Grietas en dos direcciones	1	4
	Descascaramiento	2	2
	Acero de refuerzo	1	5
	Nidos de piedra	3	6
	Eflorescencia	4	0
	Protección de terraplén	2	1
CUERPO PRINCIPAL (BASTION)	Grietas en una dirección	1	2
	Grietas en dos direcciones	2	3
	Descascaramiento	2	1
	Acero de refuerzo	2	5
	Nidos de piedra	3	4
	Eflorescencia	3	0
	Pendiente en taludes	2	6
	Inclinación	2	7
	Socavación	1	8
MARTILLO (PILA)	Grietas en una dirección	1	2
	Grietas en dos direcciones	1	3
	Descascaramiento	2	1
	Acero de refuerzo	2	5
	Nidos de piedra	3	4
	Eflorescencia	4	0
CUERPO PRINCIPAL (PILA)	Grietas en una dirección	1	2
	Grietas en dos direcciones	2	3
	Descascaramiento	2	1
	Acero de refuerzo	3	4
	Nidos de piedra	4	5
	Eflorescencia	5	0
	Inclinación	2	6
	Socavación	1	7

4.6.3. Tipos de modelos

Para efectos de la evaluación de la estructura y precisión de los resultados se homogenizo la información de los puentes, los cuales se clasificaron de acuerdo a su tipología y material. Los puentes tienen diferentes configuraciones, según material y tipo de estructura, estos pueden ser de acero/concreto, con/sin diafragma, con/sin pila, con/sin pintura. Para emplear de modo eficiente y racional los modelos de evaluación, que conforman el algoritmo de calificación, se desarrollaron las siguientes configuraciones de evaluación:

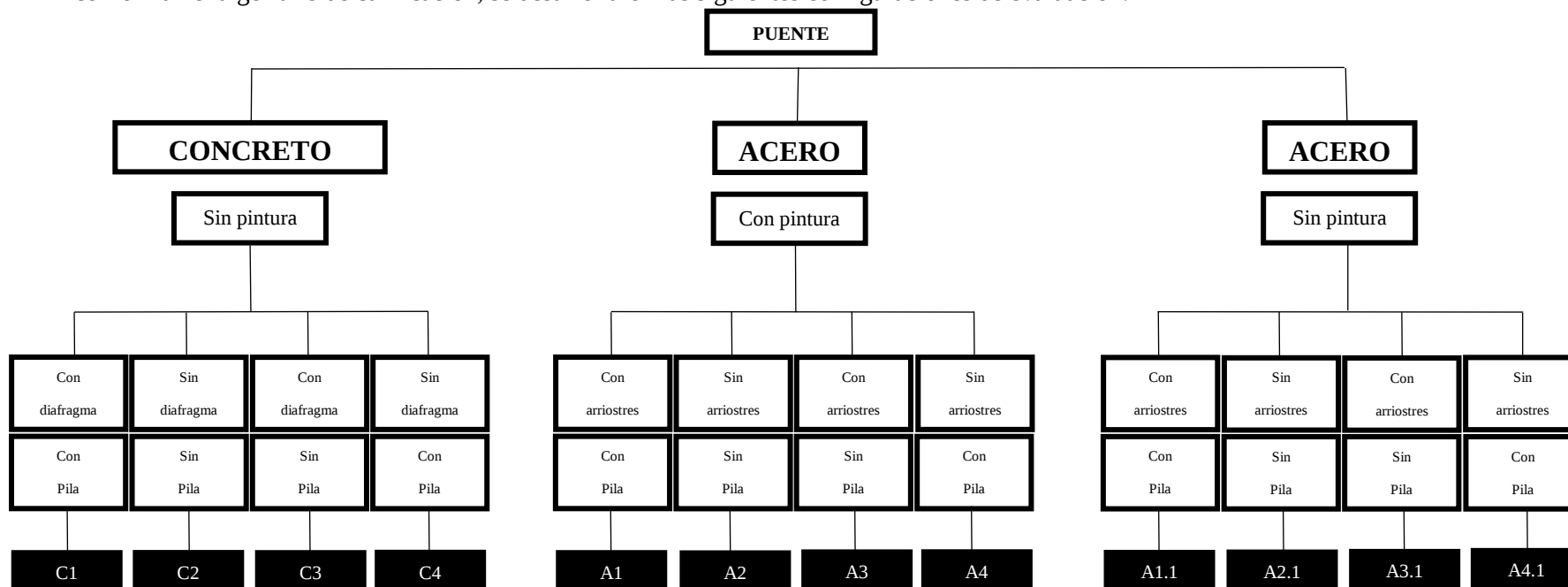


Figura 49: Tipos de clasificación del modelo
Fuente: Propia

Se presenta un diagrama de flujo del proceso del modelo para términos de guía en los resultados obtenidos.

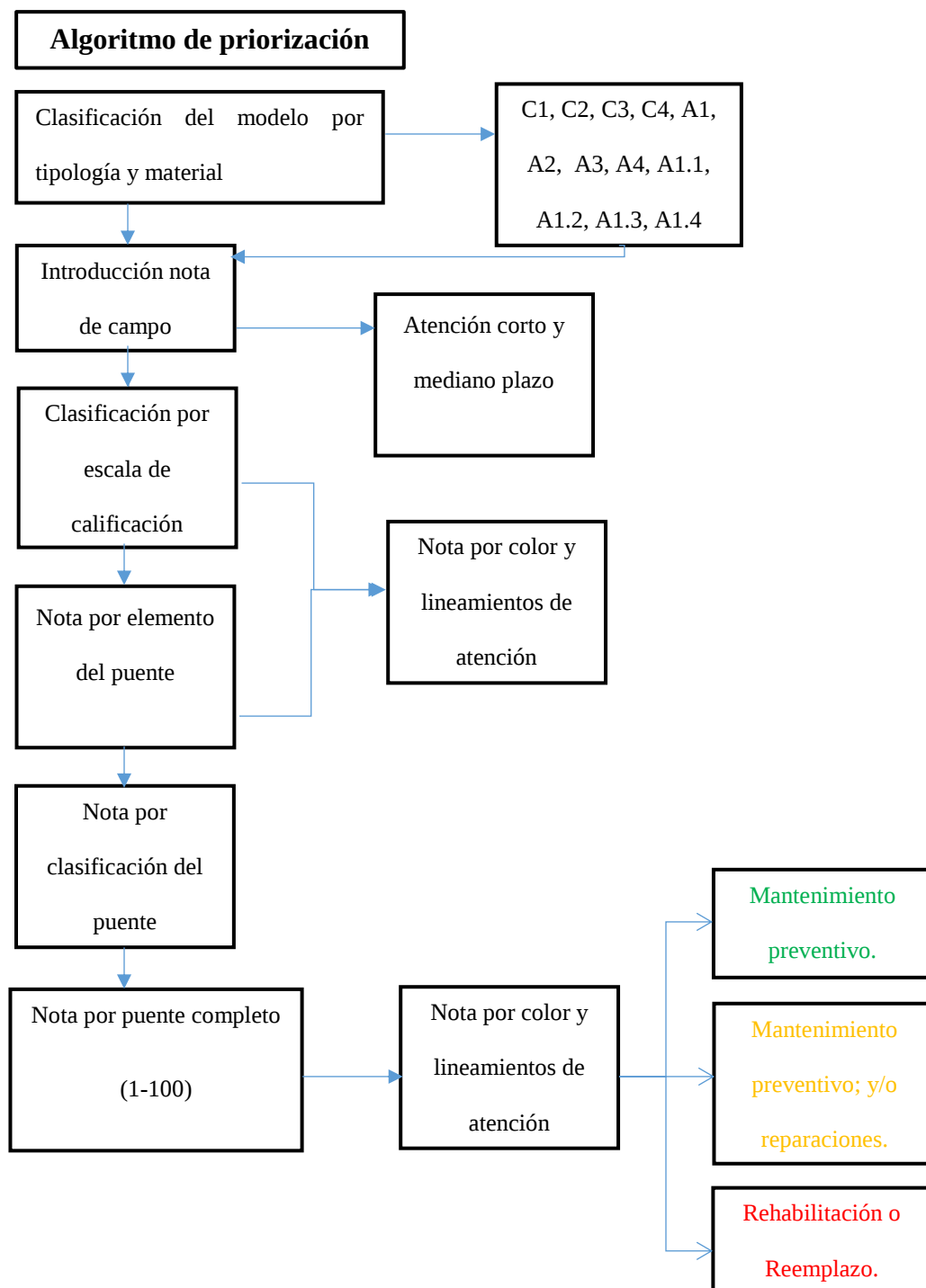


Figura 50: Diagrama del algoritmo de calificación

Fuente: Propia

De acuerdo a la tabulación y el análisis estadístico se establecen los pesos (%) constantes para cada elemento del puente y modelo establecido.

Tabla 21.- Pesos (%) en la clasificación y elementos del puente.

Clasificación del puente														
Clasificación	Peso	Elementos	C1	C2	C3	C4	A1	A2	A3	A4	A1,1	A2,1	A3,1	A4,1
Accesorios	10%	Pavimento	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
		Baranda	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
		Baranda	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
		Juntas de Expansión	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Superestructura	40%	Losa	7%	7%	7%	7%	5%	6%	5%	6%	4%	5%	4%	5%
		Viga Principal de Acero					19%	20%	19%	20%	19%	20%	19%	20%
		Sistema de Arriostramiento					4%		4%		4%		4%	
		Pintura					3%	4%	3%	4%				
		Viga Principal de Concreto	15%	22%	15%	22%								
		Viga Diafragma concreto	7%		7%									
		Apoyo	11%	11%	11%	11%	9%	10%	9%	10%	13%	15%	13%	15%
Subestructura	50%	Pared cabeza y Aletones (Bastiones)	10%	20%	20%	10%	10%	20%	20%	10%	10%	20%	20%	10%
		Cuerpo Principal (Bastión)	15%	30%	30%	15%	15%	30%	30%	15%	15%	30%	30%	15%
		Martillo (Pila)	10%			10%	10%			10%	10%			10%
		Cuerpo Principal Pila	15%			15%	15%			15%	15%			15%

4.7. Proceso de elaboración de pesos

Para lograr los pesos de los daños, se procedió a dividir el porcentaje asignado de cada elemento entre el total de la sumatoria de la nota mayor (5 escala SAEP) de los daños tipificados en cada elemento.

$$(\text{Peso } \%) / (\Sigma \text{ notas mayor SAEP})$$

El Factor Unión (FC), es el eslabón entre los criterios de niveles de afectación de cada daño y la nota de inspección de campo, ya que es necesario para que ambas sean homogéneas, y para ello se implementó un criterio de un porcentaje (%) de resta a su peso, de acuerdo al grado de afectación que logra el daño. Este factor tiene como objetivo puntualizar con mayor peso el daño que afecta de forma estructural. Por ejemplo, en el **pavimento**, el daño de **sobre capa de asfalto** es el daño estructural con más afectación, esta conserva su peso, los daños **baches y sobrecapa de asfalto** tiene una segunda posición de afectación, estos tienen una resta del 10%, los **surcos** tienen una tercera posición la cual tiene una resta del 20% y el ultimo daño en la posición por su afectación estructural es menor del 30% y así sucesivamente. Este porcentaje se puede aumentar dependiendo de qué tan puntual queremos la nota en términos de deficiencia estructural.

Dónde: FC es el porcentaje de resta según grado de afectación del daño. Los números negativos muestran el porcentaje de resta al peso de cada daño.

Tabla 22. Criterio de Factor de Unión (FC).

Escala de afectación del daño (FC)	
1	0%
2	-10%
3	-20%
4	-30%
5	-40%

Según el grado de afectación del daño asignado se le aplica el Factor Unión al $((\text{Peso } \%) / (\Sigma \text{ notas mayor SAEP}))$.

$$(\text{FC}) * ((\text{Peso } \%) / (\Sigma \text{ notas mayor SAEP}))$$

Después de haber aplicado el factor unión se resta el porcentaje distribuido de elemento por el porcentaje de grado de afectación del daño.

$$((\text{Peso } \%) / (\Sigma \text{ notas mayor SAEP})) - ((\text{FC}) * ((\text{Peso } \%) / (\Sigma \text{ notas mayor SAEP})))$$

Al obtener el resultado de estos porcentajes obtuvimos es el peso para cada daño del modelo de evaluación. Debido a la aplicación del FC hay un peso restante el cual se le sumo al daño con más afectación.

Tabla 23. Proceso de elaboración de pesos de daños, elemento pavimento.

Elemento	Daño	Porcentaje asignado por expertos	nota mayor Escala SAEP	Nota mayor	Σ notas mayor SAEP	(Peso %) / (Σ notas mayor SAEP)	Grado de afectación del daño según consulta a expertos	Aplicación del Factor Unión FC	(FC)* (Peso %) / (Σ notas mayor SAEP))	((Peso %) / (Σ notas mayor SAEP)) – ((FC)* ((Peso %) / (Σ notas mayor SAEP))))	Peso restante al aplicar el FC a los porcentajes	Peso de daños
Pavimento	Ondulación	4%	5	5%	25	0,0016	2 (20%)	0,8	0,00128	0,0003200	0,0044800	0,0003200
	Zurcos		5	5%	25	0,0016	0 (40%)	0,4	0,00064	0,0009600		0,0009600
	Agrietamiento		5	5%	25	0,0016	1 (30%)	0,9	0,00144	0,0001600		0,0001600
	Baches		5	5%	25	0,0016	3 (10%)	0,7	0,00112	0,0004800		0,0004800
	Sobrecapas de Asfalto		5	5%	25	0,0016	4 (0%)	0	0	0,0016000		0,0060800
Σ						0,0080	Σ			0,0035200		0,0080000

Estos valores, se convierten en factores que, al multiplicar con las notas de campo, nos llevaran a la condición de este.

Tabla 24. Pesos de los daños para los modelos C1, C2, C3 y C4.

Clasificación		Modelos y sus pesos			
Elemento	Daños	C1	C2	C3	C4
PAVIMENTO	Ondulación	0,0014400	0,0014400	0,0014400	0,0014400
	Zurcos	0,0009600	0,0009600	0,0009600	0,0009600
	Agrietamiento	0,0027200	0,0027200	0,0027200	0,0027200
	Baches	0,0012800	0,0012800	0,0012800	0,0012800
	Sobrecapas de Asfalto	0,0016000	0,0016000	0,0016000	0,0016000
BARANDA (ACERO)	Deformación	0,0004500	0,0004500	0,0004500	0,0004500
	Oxidación	0,0003500	0,0003500	0,0003500	0,0003500
	Corrosión	0,0005500	0,0005500	0,0005500	0,0005500
	faltante	0,0006500	0,0006500	0,0006500	0,0006500
BARANDA (CONCRETO)	Agrietamiento	0,0005333	0,0005333	0,0005333	0,0005333
	Acero de Refuerzo	0,0006000	0,0006000	0,0006000	0,0006000
	Faltante	0,0008667	0,0008667	0,0008667	0,0008667
JUNTA DE EXPANSION	Sonidos extraños	0,0011667	0,0011667	0,0011667	0,0011667
	Filtración de aguas	0,0010000	0,0010000	0,0010000	0,0010000
	faltante o deformación	0,0027500	0,0027500	0,0027500	0,0027500
	Movimiento Vertical	0,0013333	0,0013333	0,0013333	0,0013333
	Juntas Obstruidas	0,0020833	0,0020833	0,0020833	0,0020833
	Acero de refuerzo	0,0016667	0,0016667	0,0016667	0,0016667
LOSA	Grietas de una dirección	0,0012000	0,0012000	0,0012000	0,0012000
	Grietas en dos direcciones	0,0024000	0,0024000	0,0024000	0,0024000
	Descascaramiento	0,0010000	0,0010000	0,0010000	0,0010000
	Acero de refuerzo	0,0028000	0,0028000	0,0028000	0,0028000
	Nidos de piedra	0,0026000	0,0026000	0,0026000	0,0026000
	Eflorescencia	0,0010000	0,0010000	0,0010000	0,0010000
	Agujeros	0,0030000	0,0030000	0,0030000	0,0030000
VIGA PRINCIPAL DE ACERO	Oxidación	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Corrosión	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Deformación	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Rotura de uniones	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Rotura de elementos	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	Oxidación	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Corrosión	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Deformación	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Rotura de uniones	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Rotura de Elementos	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
PINTURA	Decoloración	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Ampollas	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Descascaramiento	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000

Tabla 25. Pesos de los daños para los modelos C1, C2, C3 y C4.

Clasificación		Modelos y sus pesos			
Elemento	Daños	C1	C2	C3	C4
VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	Grietas en una dirección	0,0060000	0,0088000	0,0060000	0,0088000
	Grietas en dos direcciones	0,0065000	0,0095333	0,0065000	0,0095333
	Descascaramiento	0,0030000	0,0044000	0,0030000	0,0044000
	Acero de refuerzo	0,0075000	0,0110000	0,0075000	0,0110000
	Nido de piedra	0,0045000	0,0066000	0,0045000	0,0066000
VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	Eflorescencia	0,0025000	0,0036667	0,0025000	0,0036667
	Grietas en una dirección	0,0024111	0,0000000	0,0024111	0,0000000
	Grieta en dos direcciones	0,0028778	0,0000000	0,0028778	0,0000000
	Descascaramiento	0,0018667	0,0000000	0,0018667	0,0000000
	Acero de refuerzo	0,0035778	0,0000000	0,0035778	0,0000000
APOYO	Nido de piedra	0,0021000	0,0000000	0,0021000	0,0000000
	Eflorescencia	0,0011667	0,0000000	0,0011667	0,0000000
	Rotura de poyos	0,0063250	0,0063250	0,0063250	0,0063250
	Deformación extraña	0,0049500	0,0049500	0,0049500	0,0049500
	Inclinación	0,0049500	0,0049500	0,0049500	0,0049500
PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIONES)	Desplazamiento	0,0057750	0,0057750	0,0057750	0,0057750
	grietas en una dirección	0,0039048	0,0078095	0,0078095	0,0039048
	grietas en dos direcciones	0,0044762	0,0089524	0,0089524	0,0044762
	Descascaramiento	0,0017143	0,0034286	0,0034286	0,0017143
	Acero de Refuerzo	0,0041905	0,0083810	0,0083810	0,0041905
CUERPO PRINCIPAL (BASTION)	Nidos de Piedra	0,0028571	0,0057143	0,0057143	0,0028571
	Eflorescencia	0,0014286	0,0028571	0,0028571	0,0014286
	Protección de terraplén	0,0014286	0,0028571	0,0028571	0,0014286
	grietas en una dirección	0,0066667	0,0133333	0,0133333	0,0066667
	grietas en dos direcciones	0,0016667	0,0033333	0,0033333	0,0016667
MARTILLO (PILA)	Descascaramiento	0,0016667	0,0033333	0,0033333	0,0016667
	Acero de refuerzo	0,0023333	0,0046667	0,0046667	0,0023333
	Nidios de Piedra	0,0020000	0,0040000	0,0040000	0,0020000
	Eflorescencia	0,0016667	0,0033333	0,0033333	0,0016667
	Pendiente en Taludes	0,0026667	0,0053333	0,0053333	0,0026667
CUERPO PRINCIPAL (PILA)	Inclinación	0,0030000	0,0060000	0,0060000	0,0030000
	Socavación	0,0083333	0,0166667	0,0166667	0,0083333
	grietas en una dirección	0,0048333	0,0000000	0,0000000	0,0048333
	grietas en dos direcciones	0,0051667	0,0000000	0,0000000	0,0051667
	Descascaramiento	0,0020000	0,0000000	0,0000000	0,0020000
CUERPO PRINCIPAL (PILA)	Acero de refuerzo	0,0033333	0,0000000	0,0000000	0,0033333
	Nidios de Piedra	0,0030000	0,0000000	0,0000000	0,0030000
	Eflorescencia	0,0016667	0,0000000	0,0000000	0,0016667
	grietas en una dirección	0,0065625	0,0000000	0,0000000	0,0065625
	grietas en dos direcciones	0,0022500	0,0000000	0,0000000	0,0022500
CUERPO PRINCIPAL (PILA)	Descascaramiento	0,0018750	0,0000000	0,0000000	0,0018750
	Acero de refuerzo	0,0026250	0,0000000	0,0000000	0,0026250
	Nidios de Piedra	0,0030000	0,0000000	0,0000000	0,0030000
	Eflorescencia	0,0018750	0,0000000	0,0000000	0,0018750
	Inclinación	0,0033750	0,0000000	0,0000000	0,0033750
CUERPO PRINCIPAL (PILA)	Socavación	0,0084375	0,0000000	0,0000000	0,0084375

Tabla 26.- Pesos de los daños para los modelos A1, A2, A3 y A4

Clasificación		Modelos y sus pesos			
Elemento	Daños	A1	A2	A3	A4
PAVIMENTO	Ondulación	0,0014400	0,0014400	0,0014400	0,0014400
	Zurcos	0,0009600	0,0009600	0,0009600	0,0009600
	Agrietamiento	0,0027200	0,0027200	0,0027200	0,0027200
	Baches	0,0012800	0,0012800	0,0012800	0,0012800
	Sobrecapas de Asfalto	0,0016000	0,0016000	0,0016000	0,0016000
BARANDA (ACERO)	Deformación	0,0004500	0,0004500	0,0004500	0,0004500
	Oxidación	0,0003500	0,0003500	0,0003500	0,0003500
	Corrosión	0,0005500	0,0005500	0,0005500	0,0005500
	faltante	0,0006500	0,0006500	0,0006500	0,0006500
BARANDA (CONCRETO)	Agrietamiento	0,0005333	0,0005333	0,0005333	0,0005333
	Acero de Refuerzo	0,0006000	0,0006000	0,0006000	0,0006000
	Faltante	0,0008667	0,0008667	0,0008667	0,0008667
JUNTA DE EXPANSION	Sonidos extraños	0,0011667	0,0011667	0,0011667	0,0011667
	Filtración de aguas	0,0010000	0,0010000	0,0010000	0,0010000
	faltante o deformación	0,0027500	0,0027500	0,0027500	0,0027500
	Movimiento Vertical	0,0013333	0,0013333	0,0013333	0,0013333
	Juntas Obstruidas	0,0020833	0,0020833	0,0020833	0,0020833
	Acero de refuerzo	0,0016667	0,0016667	0,0016667	0,0016667
LOSA	Grietas de una dirección	0,0008571	0,0010286	0,0008571	0,0010286
	Grietas en dos direcciones	0,0017143	0,0020571	0,0017143	0,0020571
	Descascaramiento	0,0007143	0,0008571	0,0007143	0,0008571
	Acero de refuerzo	0,0020000	0,0024000	0,0020000	0,0024000
	Nidos de piedra	0,0018571	0,0022286	0,0018571	0,0022286
	Eflorescencia	0,0007143	0,0008571	0,0007143	0,0008571
	Agujeros	0,0021429	0,0025714	0,0021429	0,0025714
VIGA PRINCIPAL DE ACERO	Oxidación	0,0045600	0,0048000	0,0045600	0,0048000
	Corrosión	0,0072200	0,0076000	0,0072200	0,0076000
	Deformación	0,0079800	0,0084000	0,0079800	0,0084000
	Rotura de uniones	0,0087400	0,0092000	0,0087400	0,0092000
	Rotura de elementos	0,0095000	0,0100000	0,0095000	0,0100000
SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	Oxidación	0,0009600	0,0000000	0,0009600	0,0000000
	Corrosión	0,0016533	0,0000000	0,0016533	0,0000000
	Deformación	0,0012800	0,0000000	0,0012800	0,0000000
	Rotura de uniones	0,0021333	0,0000000	0,0021333	0,0000000
	Rotura de Elementos	0,0019733	0,0000000	0,0019733	0,0000000
PINTURA	Decoloración	0,0016000	0,0021333	0,0016000	0,0021333
	Ampollas	0,0018000	0,0024000	0,0018000	0,0024000
	Descascaramiento	0,0026000	0,0034667	0,0026000	0,0034667

Tabla 27.- Pesos de los daños para los modelos A1, A2, A3 y A4

Clasificación		Modelos y sus pesos			
Elemento	Daños	A1	A2	A3	A4
VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	Grietas en una dirección	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Grietas en dos direcciones	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Descascaramiento	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Acero de refuerzo	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Nido de piedra	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Eflorescencia	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	Grietas en una dirección	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Grieta en dos direcciones	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Descascaramiento	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Acero de refuerzo	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Nido de piedra	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Eflorescencia	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
APOYO	Rotura de poyos	0,0051750	0,0057500	0,0051750	0,0057500
	Deformación extraña	0,0040500	0,0045000	0,0040500	0,0045000
	Inclinación	0,0040500	0,0045000	0,0040500	0,0045000
	Desplazamiento	0,0047250	0,0052500	0,0047250	0,0052500
PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIONES)	grietas en una dirección	0,0039048	0,0078095	0,0078095	0,0039048
	grietas en dos direcciones	0,0044762	0,0089524	0,0089524	0,0044762
	Descascaramiento	0,0017143	0,0034286	0,0034286	0,0017143
	Acero de Refuerzo	0,0041905	0,0083810	0,0083810	0,0041905
	Nidos de Piedra	0,0028571	0,0057143	0,0057143	0,0028571
	Eflorescencia	0,0014286	0,0028571	0,0028571	0,0014286
	Protección de terraplén	0,0014286	0,0028571	0,0028571	0,0014286
CUERPO PRINCIPAL (BASTION)	grietas en una dirección	0,0066667	0,0133333	0,0133333	0,0066667
	grietas en dos direcciones	0,0016667	0,0033333	0,0033333	0,0016667
	Descascaramiento	0,0016667	0,0033333	0,0033333	0,0016667
	Acero de refuerzo	0,0023333	0,0046667	0,0046667	0,0023333
	Nidios de Piedra	0,0020000	0,0040000	0,0040000	0,0020000
	Eflorescencia	0,0016667	0,0033333	0,0033333	0,0016667
	Pendiente en Taludes	0,0026667	0,0053333	0,0053333	0,0026667
	Inclinación	0,0030000	0,0060000	0,0060000	0,0030000
	Socavación	0,0083333	0,0166667	0,0166667	0,0083333
MARTILLO (PILA)	grietas en una dirección	0,0048333	0,0000000	0,0000000	0,0048333
	grietas en dos direcciones	0,0051667	0,0000000	0,0000000	0,0051667
	Descascaramiento	0,0020000	0,0000000	0,0000000	0,0020000
	Acero de refuerzo	0,0033333	0,0000000	0,0000000	0,0033333
	Nidios de Piedra	0,0030000	0,0000000	0,0000000	0,0030000
	Eflorescencia	0,0016667	0,0000000	0,0000000	0,0016667
CUERPO PRINCIPAL (PILA)	grietas en una dirección	0,0065625	0,0000000	0,0000000	0,0065625
	grietas en dos direcciones	0,0022500	0,0000000	0,0000000	0,0022500
	Descascaramiento	0,0018750	0,0000000	0,0000000	0,0018750
	Acero de refuerzo	0,0026250	0,0000000	0,0000000	0,0026250
	Nidios de Piedra	0,0030000	0,0000000	0,0000000	0,0030000
	Eflorescencia	0,0018750	0,0000000	0,0000000	0,0018750
	Inclinación	0,0033750	0,0000000	0,0000000	0,0033750
	Socavación	0,0084375	0,0000000	0,0000000	0,0084375

Tabla 27. Pesos de los daños para los modelos A1, A2, A3 y A4

Clasificación		Modelos y sus pesos			
Elemento	Daños	A1,1	A2,1	A3,1	A4,1
PAVIMENTO	Ondulación	0,0014400	0,0014400	0,0014400	0,0014400
	Zurcos	0,0009600	0,0009600	0,0009600	0,0009600
	Agrietamiento	0,0027200	0,0027200	0,0027200	0,0027200
	Baches	0,0012800	0,0012800	0,0012800	0,0012800
	Sobrecapas de Asfalto	0,0016000	0,0016000	0,0016000	0,0016000
BARANDA (ACERO)	Deformación	0,0004500	0,0004500	0,0004500	0,0004500
	Oxidación	0,0003500	0,0003500	0,0003500	0,0003500
	Corrosión	0,0005500	0,0005500	0,0005500	0,0005500
	faltante	0,0006500	0,0006500	0,0006500	0,0006500
BARANDA (CONCRETO)	Agrietamiento	0,0005333	0,0005333	0,0005333	0,0005333
	Acero de Refuerzo	0,0006000	0,0006000	0,0006000	0,0006000
	Faltante	0,0008667	0,0008667	0,0008667	0,0008667
JUNTA DE EXPANSION	Sonidos extraños	0,0011667	0,0011667	0,0011667	0,0011667
	Filtración de aguas	0,0010000	0,0010000	0,0010000	0,0010000
	faltante o deformación	0,0027500	0,0027500	0,0027500	0,0027500
	Movimiento Vertical	0,0013333	0,0013333	0,0013333	0,0013333
	Juntas Obstruidas	0,0020833	0,0020833	0,0020833	0,0020833
	Acero de refuerzo	0,0016667	0,0016667	0,0016667	0,0016667
LOSA	Grietas de una dirección	0,0006857	0,0008571	0,0006857	0,0008571
	Grietas en dos direcciones	0,0013714	0,0017143	0,0013714	0,0017143
	Descascaramiento	0,0005714	0,0007143	0,0005714	0,0007143
	Acero de refuerzo	0,0016000	0,0020000	0,0016000	0,0020000
	Nidos de piedra	0,0014857	0,0018571	0,0014857	0,0018571
	Eflorescencia	0,0005714	0,0007143	0,0005714	0,0007143
	Agujeros	0,0017143	0,0021429	0,0017143	0,0021429
VIGA PRINCIPAL DE ACERO	Oxidación	0,0045600	0,0048000	0,0045600	0,0048000
	Corrosión	0,0072200	0,0076000	0,0072200	0,0076000
	Deformación	0,0079800	0,0084000	0,0079800	0,0084000
	Rotura de uniones	0,0087400	0,0092000	0,0087400	0,0092000
	Rotura de elementos	0,0095000	0,0100000	0,0095000	0,0100000
SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	Oxidación	0,0009600	0,0000000	0,0009600	0,0000000
	Corrosión	0,0016533	0,0000000	0,0016533	0,0000000
	Deformación	0,0012800	0,0000000	0,0012800	0,0000000
	Rotura de uniones	0,0021333	0,0000000	0,0021333	0,0000000
	Rotura de Elementos	0,0019733	0,0000000	0,0019733	0,0000000
PINTURA	Decoloración	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Ampollas	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Descascaramiento	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000

Tabla 28: Pesos de los daños en los modelos A1, A2, A3 y A4

Clasificación		Modelos y sus pesos			
Elemento	Daños	A1.1	A2.1	A3.1	A4.1
VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	Grietas en una dirección	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Grietas en dos direcciones	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Descascaramiento	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Acero de refuerzo	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Nido de piedra	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Eflorescencia	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	Grietas en una dirección	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Grieta en dos direcciones	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Descascaramiento	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Acero de refuerzo	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Nido de piedra	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Eflorescencia	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
APOYO	Rotura de poyos	0,0074750	0,0086250	0,0074750	0,0086250
	Deformación extraña	0,0058500	0,0067500	0,0058500	0,0067500
	Inclinación	0,0058500	0,0067500	0,0058500	0,0067500
	Desplazamiento	0,0068250	0,0078750	0,0068250	0,0078750
PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIONES)	grietas en una dirección	0,0039048	0,0078095	0,0078095	0,0039048
	grietas en dos direcciones	0,0044762	0,0089524	0,0089524	0,0044762
	Descascaramiento	0,0017143	0,0034286	0,0034286	0,0017143
	Acero de Refuerzo	0,0041905	0,0083810	0,0083810	0,0041905
	Nidos de Piedra	0,0028571	0,0057143	0,0057143	0,0028571
	Eflorescencia	0,0014286	0,0028571	0,0028571	0,0014286
	Protección de terraplén	0,0014286	0,0028571	0,0028571	0,0014286
CUERPO PRINCIPAL (BASTION)	grietas en una dirección	0,0066667	0,0133333	0,0133333	0,0066667
	grietas en dos direcciones	0,0016667	0,0033333	0,0033333	0,0016667
	Descascaramiento	0,0016667	0,0033333	0,0033333	0,0016667
	Acero de refuerzo	0,0023333	0,0046667	0,0046667	0,0023333
	Nidios de Piedra	0,0020000	0,0040000	0,0040000	0,0020000
	Eflorescencia	0,0016667	0,0033333	0,0033333	0,0016667
	Pendiente en Taludes	0,0026667	0,0053333	0,0053333	0,0026667
	Inclinación	0,0030000	0,0060000	0,0060000	0,0030000
	Socavación	0,0083333	0,0166667	0,0166667	0,0083333
MARTILLO (PILA)	grietas en una dirección	0,0048333	0,0000000	0,0000000	0,0048333
	grietas en dos direcciones	0,0051667	0,0000000	0,0000000	0,0051667
	Descascaramiento	0,0020000	0,0000000	0,0000000	0,0020000
	Acero de refuerzo	0,0033333	0,0000000	0,0000000	0,0033333
	Nidios de Piedra	0,0030000	0,0000000	0,0000000	0,0030000
	Eflorescencia	0,0016667	0,0000000	0,0000000	0,0016667
CUERPO PRINCIPAL (PILA)	grietas en una dirección	0,0065625	0,0000000	0,0000000	0,0065625
	grietas en dos direcciones	0,0022500	0,0000000	0,0000000	0,0022500
	Descascaramiento	0,0018750	0,0000000	0,0000000	0,0018750
	Acero de refuerzo	0,0026250	0,0000000	0,0000000	0,0026250
	Nidios de Piedra	0,0030000	0,0000000	0,0000000	0,0030000
	Eflorescencia	0,0018750	0,0000000	0,0000000	0,0018750
	Inclinación	0,0033750	0,0000000	0,0000000	0,0033750
	Socavación	0,0084375	0,0000000	0,0000000	0,0084375

Tabla 29. Algoritmo de los pesos y porcentajes correspondientes en el elemento pavimento.

100% Integridad estructural del puente		Clasificación	Importancia de la clasificación según encuesta a inspectores	Elemento	Importancia del elemento según encuesta a inspectores 10%	Daño	Importancia del daño según encuesta a inspectores (1-10)	Factor de resta según importancia del daño	Pesos de los daños	Notas de inspección visual (1-5)
Puente	100%	Accesorios	10%	PAVIMENTO	4%	Ondulación	4	-30%	0,0011200	1-5
						Surcos	3	-20%	0,0012800	1-5
						Agrietamiento	1	0%	0,0027200	1-5
						Baches	2	-10%	0,0014400	1-5
						Sobrecapa de Asfalto	2	-10%	0,0014400	1-5
				BARANDA (ACERO)	1%					
				BARANDA (CONCRETO)	0%					
				JUNTA DE EXPANSION	5%					
		Superestructura	40%							
		Subestructura	50%							

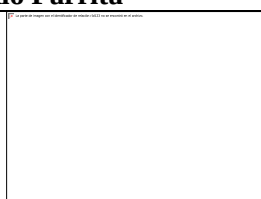
4.8. Validación del modelo

Al validar el modelo se realizó la consulta a los inspectores que realizaron los informes de inspección de campo que mostraron notas altas al evaluarlos con el algoritmo. Como se muestra a continuación, se consultó a los expertos que dieran una nota de deficiencia estructural global aplicando a su juicio ingenieril de acuerdo a las condiciones que observo en campo y dictamino en el informe, asignando una nota, donde 1 es la condición del puente está en óptimas condiciones y 100 el colapso total del puente.

Tabla 30. Notas de puentes según algoritmo y criterio de inspectores.

Puente: Río Carrizal	
	Inspector: Ing. Jorge Muñoz
	Ruta 21
	Nota inspector: 55
	Nota Algoritmo: 53
Puente: Río Sapoá	
	Inspector: Ing. Roberto Vega
	Ruta 4
	Nota inspector: 30
	Nota Algoritmo: 34

Tabla 31. Notas de puentes según algoritmo y criterio de inspectores

Puente: Rio Kopper		
		Inspector: Ing. Roberto Vega
		Ruta 4
		Nota Inspector: 70-40
		Nota algoritmo: 40
Puente: Rio Gallina		
		Inspector: Ing. Hugo Navarro
		Ruta 21
		Nota Inspector: 41
		Nota Algoritmo: 40
Puente: Rio Belén		
		Inspector: Ing. Mauricio Carranza
		Ruta 224
		Nota Inspector: 40
		Nota Algoritmo: 33
Puente: Rio Negro		
		Inspector: Mauricio Carranza
		Ruta 224
		Nota Inspector: 40
		Nota Algoritmo: 33
Puente: Rio Parrita		
		Inspector: Ing. Joseph Jiménez
		Ruta 34
		Nota inspector: 20
		Nota Algoritmo: 23

De acuerdo al criterio ingenieril de cada inspector y la nota aportada de la condición del puente, la nota que más varío está en una diferencia de 11 puntos de la nota del algoritmo, lo cual hace dilucidar que la nota del modelo está en un dato certero al dar una aproximación subjetiva de la condición de este.

Otra forma de validar las notas fue consultar el documento técnico de la inspección detallada realizada por el proyecto PEEP al puente piloto, Rio negro de Orosi. El objetivo del documento técnico detallado es inspeccionar de forma detallada los elementos del puente, analizar y modelar la estructura y determinar la capacidad de carga.

El puente analizado es una cercha de media altura, la cual se considera una cercha de paso inferior sin ningún sistema de arrostramiento superior, sin embargo, intervenciones realizadas en el puente cambio la configuración estructural.

Para el análisis se estableció el Factor de capacidad de carga (RF), este genera una aproximación sistémica de la capacidad de carga que posee un puente al momento en que este es inspeccionado. Para el procedimiento de la calificación de carga, se realizan distintas metodologías, en cumplimiento de secuencia unas dependientes de la otra. Los procedimientos están orientados hacia un modelo con factores de carga especialmente calibrados que mantienen el nivel de confiabilidad uniforme y aceptables en las evaluaciones (PEEP, 2015).

Para eso se necesita una calificación de carga, la cual es un factor de calificación (RF), cuando este factor es mayor a 1, los elementos cumplen. Para realizarlos se utilizó la siguiente ecuación:

$$RF = \frac{C - (\gamma DC)(DC) - (\gamma DW)(DW) \pm (\gamma P)}{(\gamma LL)(LL + IM)}$$

Donde C es: Capacidad ($C = \phi C \phi S \phi R_n$).

C es la variable que nos interesa evaluar, ya que C: Capacidad ($C = \phi C \phi S \phi R_n$). Y este ϕC es el factor de condición: se aplica a la resistencia nominal, el cual da una condición que aporta a la incertidumbre de la reducción de la resistencia debido a los elementos dañados.

El factor de condición (ϕ_c) utiliza las siguientes condicionales:

Tabla 32. Factores de Condición (ϕ_c)

ϕC	Condición estructural del miembro.
1	Buena o satisfactoria (NBI Item $59 \geq 6$)
0.95	Justa (NBI Item $59 = 5$)
0.85	Poor (NBI Item $59 \leq 4$)

Fuente: PEEP

La evaluación contempla las condiciones de deterioro como los son la corrosión, pandeo y cualquier otra condición existente que afecte la capacidad de los elementos y uniones que aportan a la capacidad de carga (RF).

Para efectos de la evaluación se clasificaron las partes del puente en elementos de comportamiento crítico, no crítico y uniones de elementos de comportamiento crítico. Estos están agrupados de acuerdo a su funcionalidad estructural.



Figura 33: Elementos Críticos de la armadura del puente

Fuente: PEEP

Para términos de la comparación de la nota del modelo y el estudio detallado se buscó los resultados obtenidos en la evaluación de los Factores de Capacidad (Rating Factor) de cada Elemento de Comportamiento Crítico de la estructura, el cual mostro que la cuerda superior tiene un RF min de 0.54, la cual no cumple con la condición del valor de $RF < 1$ el cual indica que la capacidad estructural del elemento o la unión disponible para soportar cargas vivas es menor a la carga máxima de revisión, y por el contrario; un valor del factor $RF > 1$ indica que el elemento o unión puede soportar sin problema la carga viva de revisión, lo cual da un aproximado de la deficiencia estructural que posee una parte importante del puente.

El factor que se le asignó al elemento fue de 0.85, lo cual lo pone en una condición pobre, de acuerdo al ítem (NBI Ítem 59≤4), la metodología lo describe como daños avanzados de pérdidas de sección, deterioro, desprendimiento y socavación, avance del deterioro de los elementos primarios y grietas por fatiga.

El algoritmo de evaluación indica que el puente tiene una nota de 40, lo cual al relacionarlos la cantidad que le hace falta al elemento es de 0.46 para que este cumpla con las condiciones de resistencia $RF > 1$. En conclusión, la nota refleja una relación aproximada de la deficiencia del puente.

Para completar el modelo de evaluación del algoritmo, se elaboraron los lineamientos de calificación por color y un lineamiento general del estado e intervención de estos, el cual da una consulta estrategia aproximada del estado del puente, por medio de colores y notas asignado el nivel de atención que requiere o lo lleve a un estudio más detallado. Los niveles y lineamientos del modelo establecidos se presentan a continuación, estos fueron guiados por los lineamientos utilizados por la Federal Highway Administration de la guía de preservación de puentes.

4.9. Lineamientos generales de intervención

Nota General.

La nota general da una condición total del puente. Esta Condición va en una nota de 1 a 100. Clasificándola en una condición crítica, condición estructural inadecuada y condición estructural estable.



*Figura 51: Representación gráfica de nota general
Imagen: elaboración propia*

Condición por clasificación del puente.

Establece un color y lineamiento general de atención de los accesorios, superestructura y subestructura. Clasificándolos en condición en buen estado, condición adecuada o pobre, condición crítica o inminente colapso.



*Figura 52: Representación gráfica de clasificación de puente.
Imagen: elaboración propia*

Condición por elemento.

Coloca al elemento, juntas de expansión, pavimento, barandas, bastiones, pilas, losa, etc. en un color con un lineamiento general de atención o intervención. Clasificándolos en condición buena a excelente, condición regular y condición deficiente.



*Figura 53: Representación gráfica de nota por elemento.
Imagen: elaboración propia*

Condición por daño

Coloca a los daños tipificados en zonas de condición buena, regular y deficiente.



*Figura 54: Representación gráfica de evaluación por daño
Imagen: elaboración propia*

Nota general: Son los lineamientos de la condición general del puente.

Tabla 33. Tabla de lineamientos generales para nota total del puente.

Condición estructural crítico Nota 50-100	Condición: La condición estructural del puente es deficiente. Ya que están afectadas negativamente las condiciones de los elementos estructurales, materiales de construcción, y las dimensiones diseñadas exceden las tolerancias permisibles. Restricción o análisis necesario.
	Rehabilitación: Las reparaciones o rehabilitaciones deben ser realizadas o señales de advertencia deben ser presentadas en un corto plazo. Ya que los daños pueden expandirse en los elementos de la estructura. Requiere reparaciones inmediatas. Las restricciones sobre la utilización, o una renovación de la estructura se tienen que hacer presentes.
Condición estructural inadecuada Nota 30-40	Condición: La estabilidad estructural o la seguridad del tráfico no es la adecuada, afectando negativamente, sin embargo, tiene poco efecto sobre la estabilidad estructural del puente.
	Reparación: Las reparaciones deben ser realizadas en el mediano plazo, para asegurar la fiabilidad de la estructura y prevenir la deficiencia estructural de los componentes del puente, aumentando o restableciendo la rigidez o resistencia, funcionalidad, impermeabilidad y durabilidad.
Condición estructural estable Nota 10-20	Condición: La condición estructural del puente es estable.
	Mantenimiento general: Las actividades que se llevarán a cabo en el marco de un mantenimiento regular, con mínimo de acciones programadas y de reparación de menor importancia. Las actividades se llevan a cabo para mantener el puente en buen estado y con ello evitar mayor gastos en reparaciones.

Fuente: Elaboración propia basada en el FHA.

Condición por clasificación del puente: los Lineamientos generales para accesorios, subestructura y superestructura.

Tabla 34. Tabla de lineamiento para clasificación del puente.

Mantenimiento preventivo	Condición: BUEN ESTADO
	• No se nota ningún deterioro. • Algunos problemas menores. Mantenimiento preventivo; y /o reparaciones.
Mantenimiento preventivo, reparaciones; y / o reemplazo.	Condición: ADECUADA O POBRE
	• Los elementos presentan cierto deterioro menor. Mantenimiento correctivo; y / o reparaciones. • Todos los elementos estructurales se encuentran en buenas condiciones, pero pueden tener alguna pérdida de sección menor, grietas, desprendimientos o socavación menor. • Sección avanzada de pérdida, deterioro, astillamiento o socavación intermedia. Reemplazo.
Reemplazo o Rehabilitación	Condición: CRITICA – INMINENTE COLAPSO
	• Afectación grave, pérdida sección, deterioro, socavación mayor han afectado seriamente los componentes estructurales. Las fallas locales son posibles. Grietas por fatiga en el acero o de corte en el concreto pueden estar presentes. • Estado crítico, deterioro avanzado de elementos estructurales. Grietas de fatiga en acero o grietas en el concreto por cortante pueden estar presentes, La socavación puede tener soportes de subestructuras eliminadas. • Inminente falla de los elementos, condiciones de deterioro o pérdida sección presente en componentes estructurales, afectando la estabilidad estructural. • No cumplen la condición. Más allá de la acción correctiva.

Fuente: Elaboración propia basada en el FHA.

Lineamiento para elementos en el puente, por ejemplo, pavimento, juntas de expansión, apoyos, pilas, bastiones.

Tabla 35. Tabla de lineamiento para clasificación del puente.

Mantenimiento preventivo	Condición Excelente a buena
	Las actividades que se llevarán a cabo en el marco de un mantenimiento regular, con mínimo de acciones programadas y de reparación de menor importancia. Las actividades se llevan a cabo para mantener el puente en buen estado y con ello evitar mayores gastos en reparaciones.
Mantenimiento preventivo, reparaciones; y / o reemplazos	Condición Regular
	Las reparaciones o reemplazos deben ser realizados en el mediano plazo, para asegurar la fiabilidad de la estructura y prevenir la deficiencia estructural de los componentes del puente, aumentando o restableciendo la rigidez o resistencia, funcionalidad, impermeabilidad y durabilidad.
Reemplazo o Rehabilitación	Condición Deficiente
	- Las reparaciones o rehabilitaciones deben ser realizadas o señales de advertencia deben ser presentados en un corto plazo. - La expansión de los daños consiguientes a otros elementos estructurales requiere reparaciones inmediatas, las restricciones sobre la utilización, o una renovación de la estructura.

Fuente: Elaboración propia basada en el FHA.

Para la clasificación en los daños se clasifican según la nota en escala SAEP

Tabla 36. Tabla de lineamiento según escala de calificación SAEP.

1	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.
(2-3)	Condición Regular	Reparación o Reemplazo. Atención en el mediano plazo.
(4-5)	Condición Deficiente	Rehabilitación o Reemplazo. Atención en el corto plazo.

Fuente: Propia

Para las clasificaciones de la nota general del puente estas están en función según el resultado del logaritmo en rangos de 10-29 color verde, 30-49 color naranja, 50-100 color rojo. Para la clasificación de los elementos.

En la clasificación de los accesorios, superestructura y subestructura. Se introdujeron las notas mínimas al algoritmo, aumentando la nota en el daño que tenga menos valor en los pesos del algoritmo como se muestra a continuación para obtener los rangos de color y lineamientos de atención.

Tabla 37. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en los accesorios.

Clasificación	Elementos	Daños				
Accesorios	PAVIMENTO	Ondulación	1	1	2	3
		Zurcos	1	1	2	3
		Agrietamiento	1	1	2	3
		Baches	1	1	2	3
		Sobrecapas de Asfalto	1	1	2	3
	BARANDA(ACERO)	Deformación	1	1	2	3
		Oxidación	1	2	3	4
		Corrosión	1	1	2	3
		faltante	1	1	2	3
	BARANDA (CONCRETO)	Agrietamiento	1	1	2	3
		Acero de Refuerzo	1	1	2	3
		Faltante	1	1	2	3
	JUNTA DE EXPANSION	Sonidos extraños	1	1	2	3
		Filtración de aguas	1	1	2	3
		faltante o Deformación	1	1	2	3
		Movimiento Vertical	1	1	2	3
		Juntas Obstruidas	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3

Tabla 38. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en los accesorios.

Clasificación	Elementos	Daños				
Accesorios	PAVIMENTO	Ondulación	1	2	3	4
		Zurcos	1	1	2	3
		Agrietamiento	1	1	2	3
		baches	1	1	2	3
		Sobrecapas de Asfalto	1	1	2	3
	BARANDA(ACERO)	Deformación	1	1	2	3
		Oxidación	1	2	3	4
		Corrosión	1	1	2	3
		faltante	1	1	2	3
	BARANDA (CONCRETO)	Agrietamiento	1	2	3	4
		Acero de Refuerzo	1	1	2	3
		Faltante	1	1	2	3
	JUNTA DE EXPANSION	Sonidos extraños	1	1	2	3
		Filtración de aguas	1	1	2	3
		faltante o deformación	1	1	2	3
		Movimiento Vertical	1	1	2	3
		Juntas Obstruidas	1	2	3	4
		Acero de refuerzo	1	1	2	3

Tabla 39. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en la superestructura.

Superestructura	LOSA	Grietas de una dirección	1	1	2	3
		Grietas en dos direcciones	1	1	2	3

		descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nidos de piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	2	3	4
		Agujeros	1	1	2	3
	VIGA PRINCIPAL DE ACERO	Oxidación	1	1	2	3
		Corrosión	1	1	2	3
		Deformación	1	1	2	3
		Rotura de uniones	1	1	2	3
		Rotura de elementos	1	1	2	3
	SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	Oxidación	1	1	2	3
		Corrosión	1	1	2	3
		Deformación	1	1	2	3
		Rotura de uniones	1	1	2	3
		Rotura de Elementos	1	1	2	3
	PINTURA	Decoloración	1	1	2	3
		Ampollas	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
	VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	Grietas en una dirección	1	1	2	3
		Grietas en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nido de piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	1	2	3
	VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	Grietas en una dirección	1	1	2	3
		Grieta en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nido de piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	1	2	3
	APOYO	Rotura de poyos	1	1	2	3
		Deformación extraña	1	1	2	3
		Inclinación	1	1	2	3
		Desplazamiento	1	1	2	3

Tabla 40. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en los elementos de la superestructura.

Superestructura	LOSA	Grietas de una dirección	1	1	2	3
		Grietas en dos direcciones	1	1	2	3

		descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nidos de piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	2	3	4
		Agujeros	1	1	2	3
	VIGA PRINCIPAL DE ACERO	Oxidación	1	2	3	4
		Corrosión	1	1	2	3
		Deformación	1	1	2	3
		Rotura de uniones	1	1	2	3
		Rotura de elementos	1	1	2	3
	SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	Oxidación	1	2	3	4
		Corrosión	1	1	2	3
		Deformación	1	1	2	3
		Rotura de uniones	1	1	2	3
		Rotura de Elementos	1	1	2	3
	PINTURA	Decoloración	1	2	3	4
		Ampollas	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
	VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	Grietas en una dirección	1	1	2	3
		Grietas en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nido de piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	2	3	4
	VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	Grietas en una dirección	1	1	2	3
		Grieta en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nido de piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	2	3	4
	APOYO	Rotura de poyos	1	1	2	3
		Deformación extraña	1	1	2	3
		Inclinación	1	2	3	4
		Desplazamiento	1	1	2	3

Tabla 41. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en la subestructura.

Subestructura	PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIONES)	grietas en una dirección	1	1	2	3
		grietas en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3

		Acero de Refuerzo	1	1	2	3
		Nidos de Piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	2	3	4
		Protección de terraplén	1	1	2	3
	CUERPO PRINCIPAL (BASTION)	grietas en una dirección	1	1	2	3
		grietas en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nidos de Piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	1	2	3
		Pendiente en Taludes	1	1	2	3
		Inclinación	1	1	2	3
		Socavación	1	1	2	3
	MARTILLO (PILA)	grietas en una dirección	1	1	2	3
		grietas en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nidos de Piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	1	2	3
	CUERPO PRINCIPAL (PILA)	grietas en una dirección	1	1	2	3
		grietas en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nidos de Piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	1	2	3
		Inclinación	1	1	2	3
		Socavación	1	1	2	3

Tabla 42. Ejemplo de introducir las notas para obtener los rangos de clasificación en los elementos de la subestructura.

Subestructura	PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIONES)	grietas en una dirección	1	1	2	3
		grietas en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de Refuerzo	1	1	2	3

		Nidos de Piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	2	3	4
		Protección de terraplén	1	1	2	3
	CUERPO PRINCIPAL (BASTION)	grietas en una dirección	1	1	2	3
		grietas en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nidos de Piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	2	3	4
		Pendiente en Taludes	1	1	2	3
		Inclinación	1	1	2	3
		Socavación	1	1	2	3
	MARTILLO (PILA)	grietas en una dirección	1	1	2	3
		grietas en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nidos de Piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	2	3	4
	CUERPO PRINCIPAL (PILA)	grietas en una dirección	1	1	2	3
		grietas en dos direcciones	1	1	2	3
		Descascaramiento	1	1	2	3
		Acero de refuerzo	1	1	2	3
		Nidos de Piedra	1	1	2	3
		Eflorescencia	1	2	3	4
		Inclinación	1	1	2	3
		Socavación	1	1	2	3

Se presentan los lineamientos generales de atención para los elementos juntas, losas y apoyos, los cuales van en función de su rango de condición en la nota por elemento del modelo:

Tabla 43. Lineamientos de atención generales en la junta de expansión.

Elemento	Condición	Actividad de atención	
Juntas de expansión		Limpieza de la junta	Remoción de material, que obstruye como: maleza, polvo, tierra y residuos que dañen la junta.
		Reparación de junta	Limpieza, Mejoramiento de parte metálicas no dañadas, Cambio de elementos.
		Cambio de junta	Retiro de la junta existente. Limpieza del sitio y colocación de la junta nueva según especificaciones y directrices del productor.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Lineamientos de atención generales en la losa

Elemento	Condición	Actividad de atención	
Losa		Limpieza de la losa	Limpieza de la losa y sellados de grietas menores
		Reparación de drenajes	Retiro y limpieza del drenaje deteriorado. Colocación de drenes nuevos o extensión de los existentes, garantizando la unión a la losa. Debe asegurar que no exista filtración a la superestructura.
		Reparación de concreto y acero de refuerzo (distintos métodos)	Tipos de reparación de concreto y acero de refuerzo. Según las especificaciones
		Cambio de Losa	Demolición de la losa existente. Colocación de acero de refuerzo, obra falsa y colado de concreto.
		Refuerzo de losa	Limpieza cuidadosa de la losa existente, incluyendo la eliminación del pavimento, y reforzamiento de la losa.

Fuente: Elaboración propia

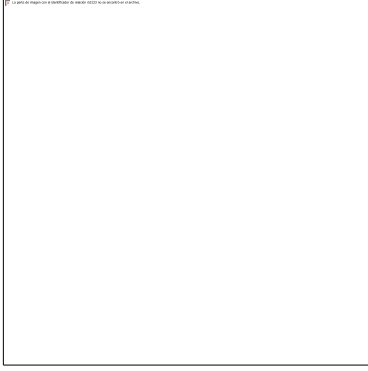
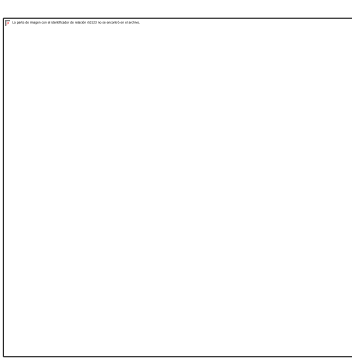
Tabla 45. Lineamientos generales de atención en los apoyos

Elemento	Condición	Actividad de atención	
Apoyos		Lubricación de apoyos	Limpieza y lubricación de apoyos.
		Corrección de la posición:	Gateo o levantamiento, seguro de la superestructura del puente. Retiro de apoyos dañados y colocación nuevamente de los apoyos en su posición correcta, fijándolos según las especificaciones.
		Cambio de apoyos:	Gateo o levantamiento, seguro de la superestructura del puente. Retiro de los apoyos dañados y colocación de apoyos nuevos según las especificaciones.
		Reparación de concreto o base del apoyo:	Apuntalamiento de la superestructura sobre el apoyo. Eliminación del concreto dañado hasta dejar material sano, sin dañar el acero de reforzamiento. Limpieza. Fundida de concreto de alta calidad para restablecer la forma y la extensión de la superestructura. Después del fraguado o secado del concreto, retiro del apuntalamiento.

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente y parte del modelo se le asignó un color de alerta de condición y atención sobre los puentes en las rutas a evaluar, estas se clasificación de acuerdo a las notas y los lineamientos respectivos para su intervención o atención.

Tabla 46. Condición estructural del puente Rio Carrizal y Sapo.

Puente: Rio Carrizal / Ruta 21	Nota puente: 53	Comentario sobre el Informe
Inspector: Ing. Jorge Muñoz Ruta 21 Nota inspector: 55 Nota Algoritmo: 53		
	Condición Clasificación: Accesorios Superestructura Subestructura 	El bastión tiene Una diferencia de altura de más de medio metro. Esto da indicios de que el cimiento del bastión ya está gravemente dañado
		Los defectos observados en esta estructura son de importancia y se encuentran distribuidos en todos los elementos del puente, desde las barandas hasta las cimentaciones. Uno de los bastiones presenta una inclinación importante y esta socavado.
Puente: Rio Sapoá / Ruta 4	Nota puente: 34	Comentario sobre el Informe
Inspector: Ing. Roberto Vega Nota inspector: 30 Nota Algoritmo: 34		
	Condición Clasificación: Accesorios Superestructura Subestructura 	Actualmente el puente no presenta daños importantes en su estructura, pero la socavación de sus bases podría poner en peligro la estabilidad de la obra.
		La principal corrosión se da en las arandelas utilizadas, sin embargo, el resto del elemento presenta oxidación generalizada. Los bastiones se encuentran en buen estado, sin embargo, en el bastión 2 se presenta un daño por el colapso del talud de protección. De igual manera, este daño podría deberse a socavación en la fundación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Condición estructural del puente Rio Kopper.

Puente: Puente: Rio Kopper/ Ruta 4	Nota puente: 40	Comentario sobre el Informe
Inspector: Ing. Roberto Vega Nota inspector: 40 Nota Algoritmo: 40		
	Condición Clasificación: Accesorios Superestructura Subestructura	El puente presenta defectos en la baranda, losa, apoyos y subestructura
		Las grietas muestran notas altas por su condición. Existe oxidación y corrosión en todos los elementos, producido por el fallo del sistema de sello de la junta de expansión. Colapso de la pantalla de protección al talud por socavación y socavación de la cimentación de la pila

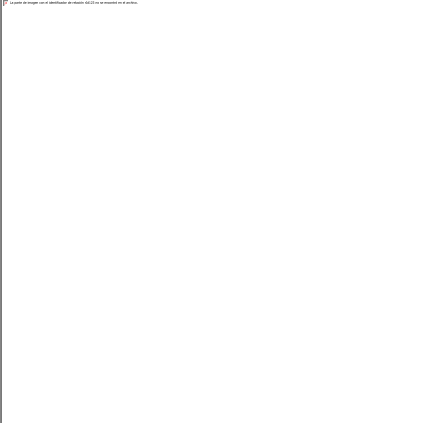
Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Condición estructural del puente Rio Parrita.

Puente: Puente: Rio Parrita/ Ruta 34	Nota puente: 24	Comentario sobre el Informe
Inspector: Ing. Joseph Jiménez Nota inspector: 20 Nota Algoritmo: 24 Nota del inspector: “El estado actual del puente es bueno, presenta daños menores, los cuales pueden solucionarse con mantenimiento preventivo. Se debe reparar juntas de expansión, mantenimiento a las barandas metálicas, así como reparar delantales de concreto. Uno de los martillos de las pilas presenta golpes y pérdida de recubrimiento en uno de sus extremos, debe repararse para proteger el acero de refuerzo.”		
	Condición Clasificación: Accesorios Superestructura Subestructura	El puente posee los elementos en buen estado. Contiene deterioros leves y golpes por impactos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Condición estructural del puente Rio Gallina.

Puente: Puente: Rio Gallina / Ruta 21	Nota puente: 42	Comentario sobre el Informe
Inspector: Ing. Hugo Navarro Nota inspector: 30 Nota Algoritmo: 42		
	Condición Clasificación: Accesorios Superestructura Subestructura 	El puente en general presenta problemas evidentes de agrietamiento de la losa de la superestructura, problemas de corrosión de las vigas principales y diafragmas, socavación de los bastiones en uno de los extremos y deterioro en general de varios elementos.
		Experimenta niveles de vibración que pueden considerarse elevados para este tipo de estructuras. Los bastiones tienen notas altas en acero de refuerzo, eflorescencia y socavación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Condición estructural del puente Rio Belén.

Puente: Puente: Rio Belén / Ruta 21	Nota puente: 29	
Inspector: Ing. Hugo Navarro Nota inspector: 25 Nota Algoritmo: 29		
	Condición Clasificación: Accesorios Superestructura Subestructura	El puente presenta una condición aceptable, salvo algunos problemas de agrietamiento de elementos principales, deterioro de juntas de expansión, nidos de piedra en algunas pilas y problemas de delaminación en las barandas y desprendimiento de concreto en la interface de apoyo vigas-bastión.
		No se evidencian problemas importantes de exceso de vibración o ruido. La accesibilidad es buena no se presentan problemas de vegetación o presencia de basura

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Condición estructural del puente Rio Agua Caliente (Puente Negro)

Puente: Puente: Rio Agua Caliente (Puente Negro) / Ruta 224	Nota puente: 33	
Inspector: Ing. Mauricio Carranza Nota inspector: 40 Nota Algoritmo: 33		
	Condición Clasificación:	El puente muestra oxidación en las vigas, así mismo una sobrecapa de asfalto .
	Accesorios Superestructura Subestructura 	La cuerda inferior y elementos de arrioste muestran oxidación, con inicios de corrosión. Las secciones cercanas a los apoyos muestran perdidas total de material.

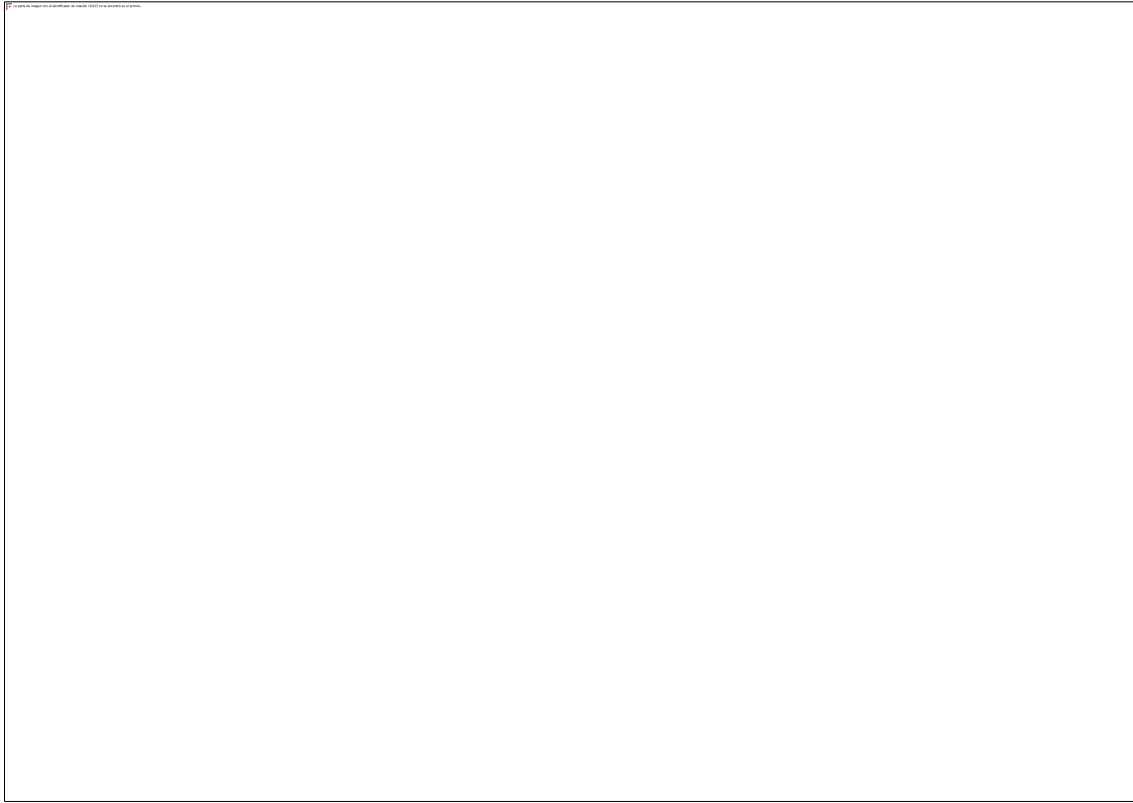
Fuente: Elaboración propia

Al analizar todos los puentes, se realizó una capa para el programa de Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Que pueda dar soporte a la consulta estratégica de atención y priorización. Para realizar los siguientes mapas se utilizó la capa de rutas la cual pertenece al CONAVI, y la de PROVINCIAS la cual se encuentra en el atlas digital 2008 del Tecnológico de Costa Rica.

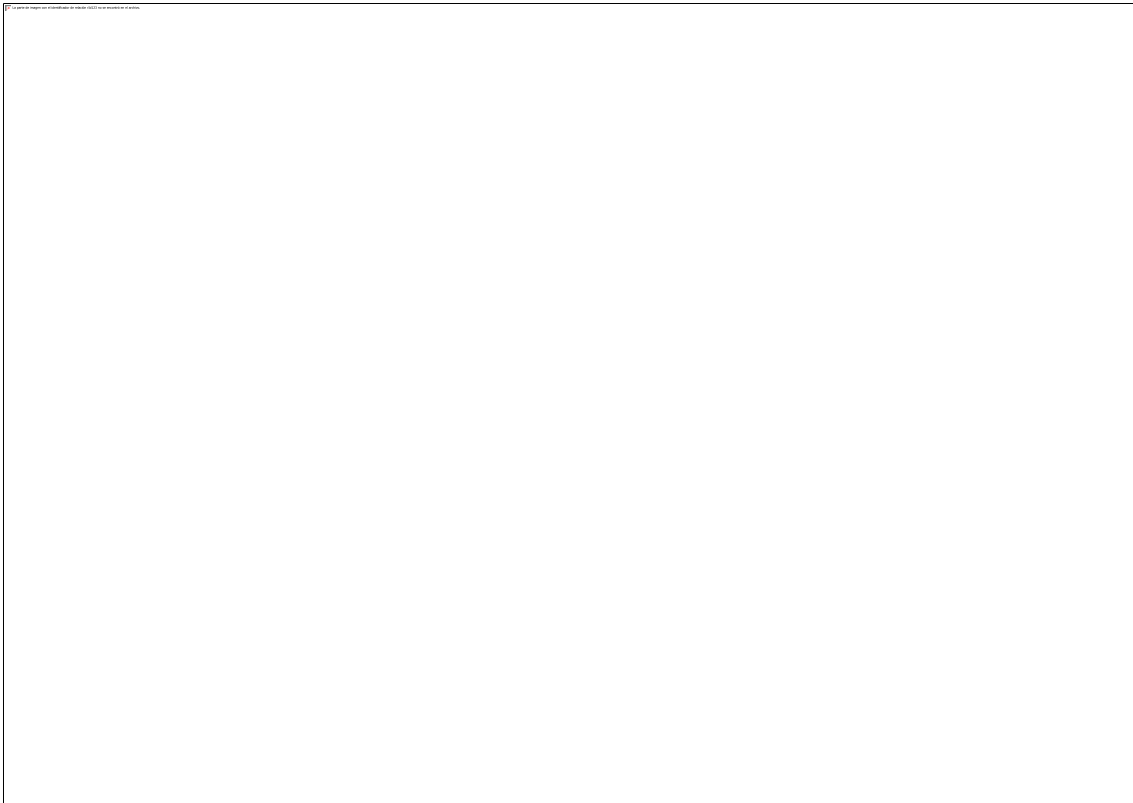
Tabla 52. Metadatos o información de la capa realizada de los puentes analizados en las rutas 4, 21 y 34.

FICHA RESUMEN DE METADATOS	
DESCRIPCIÓN	Mapa de condición estructural de los puentes en las rutas nacionales 4, 21 y 34.
FUENTE DE DATOS	• Coordenadas tomadas en campo con GPS a +-5 metros. • Análisis de investigación. Notas de campo realizadas en inspección programa de evaluación de Estructura de Puentes PEEP.
CREADO POR	Gerardo Páez
FECHA DE CREACIÓN	Julio 2017
TIPO	Vectorial, punto.
OBSERVACIONES ADICIONALES	• Formato shape QGIS Versión
COLUMNAS BASE DE DATOS	COD_: Código de registro de inspección en proyecto eBridge. NOMBRE_: Nombre del puente PROVINCIA: Provincia donde se ubica el puente CANTON: Cantón donde se ubica el puente DISTRITO: Distrito donde se ubica el puente LATITUD_NO: Coordenada del puente LONGITUD_O: Coordenada del puente ZONA_ADM: Zona administrativa según CONAVI N_RUTA: Numero de ruta CLASE_RUTA: Ruta de ubicación del puente TIPO_PUEN: Clasificación según superestructura del puente MATERIAL_S: Tipo de material según superestructura LONGITUD_T: Longitud del puente ANCHO_TOTA: Ancho del puente FECHA_INSP: Fecha en que fue inspeccionado el puente ANO_CONSTR: Año de construcción del puente TIPO_DE_MO: Clasificación del puente según modelo de priorización NOTA_10: Nota del puente con factor de unión 10% NOTA_50: Nota del puente con factor de unión 50% NOTA_70: Nota del puente con factor de unión 70%

Fuente: elaboración propia



*Figura 55: Estado de los puentes analizados en las rutas 4, 21 y 34.
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 56: Mapa del estado de los puentes analizados en las ruta 4.
Fuente: Elaboración propia*

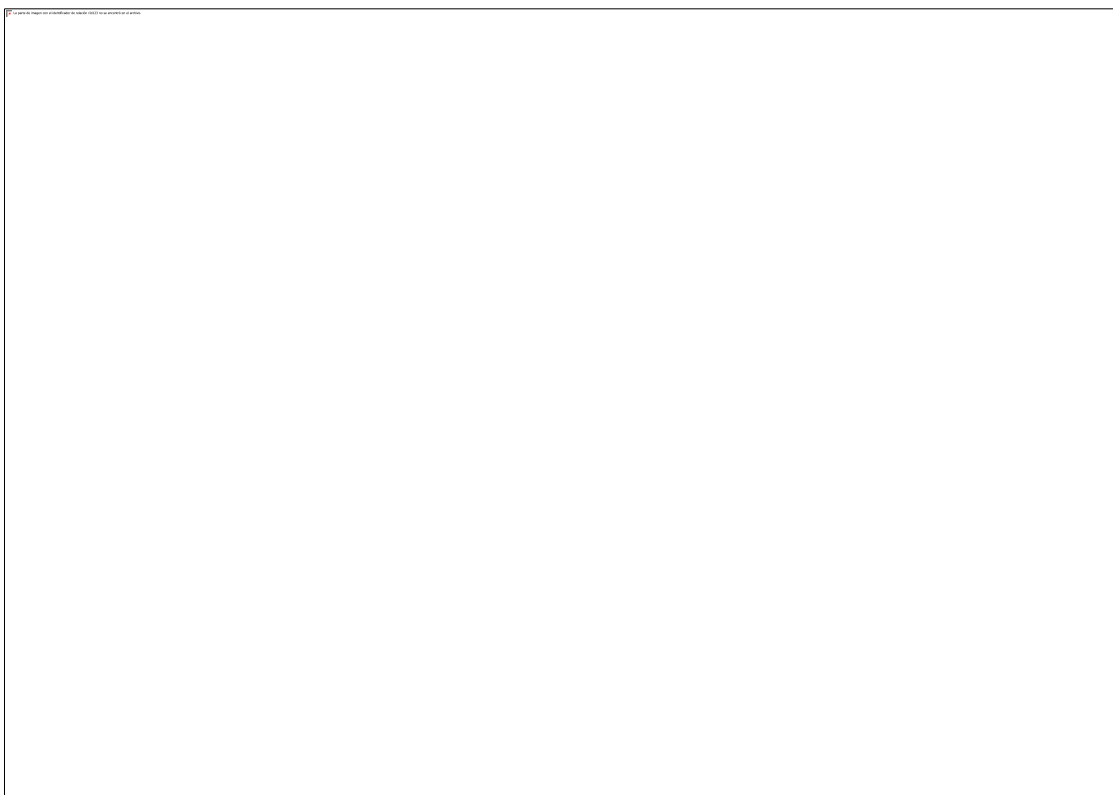


Figura 57: Mapa del estado de los puentes analizados en las ruta 21
Fuente: Elaboración propia

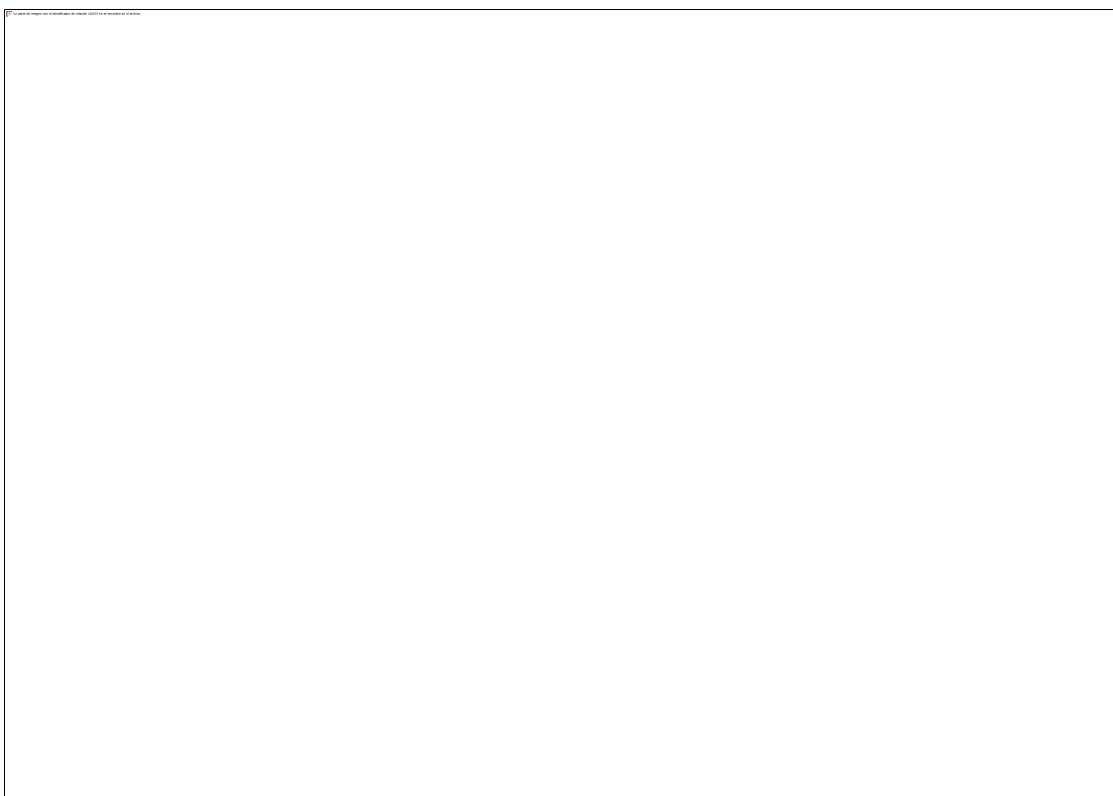


Figura 58: Mapa de estado de los puentes analizados en las ruta 34.
Fuente: Propia

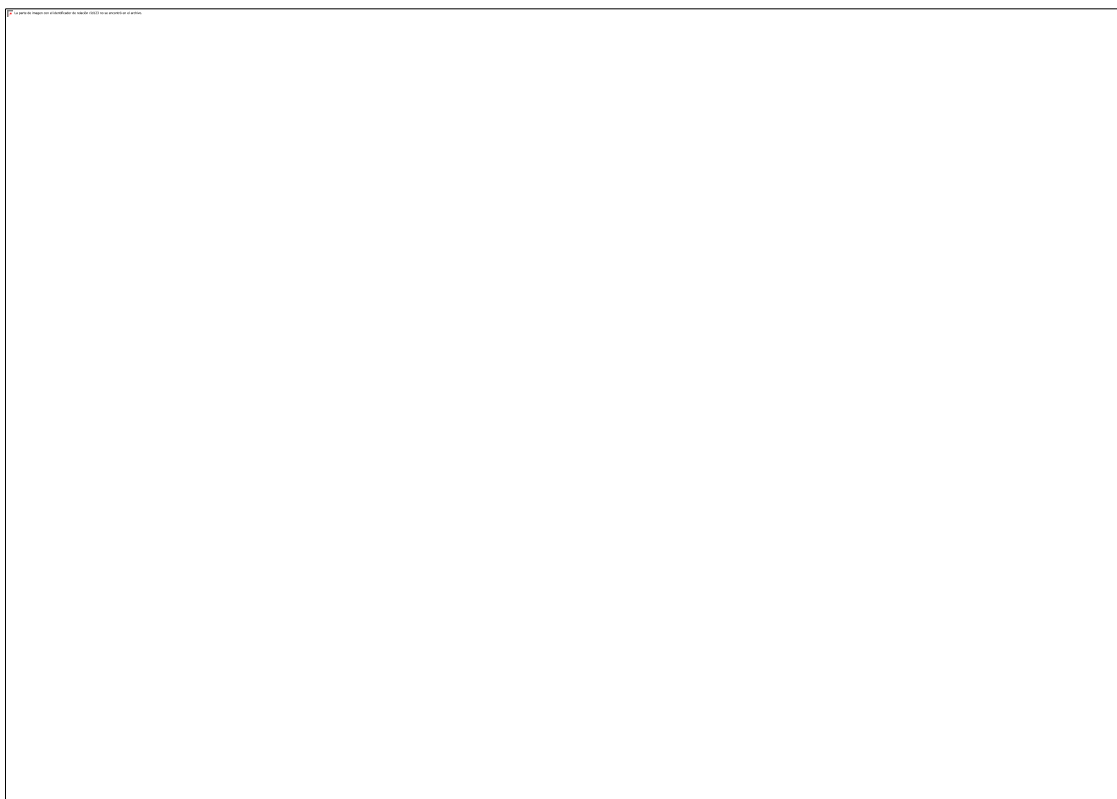


Figura 59: Estados de los puentes analizados en la ruta 4.

Fuente: Propia

Es evidente que luego de que los puentes no han tenido un mantenimiento rutinario o periódico, algunos de ellos ya muestran deficiencias estructurales que los marcan en color amarillo y rojo, para su inmediata atención o realizarles una inspección más detallada que confirme su estado. Es importante priorizar en estos puentes, ser atendidos lo más pronto posible, ya que su estado puede seguir aumentando y pone en riesgo a los usuarios y las deficiencias de las rutas las cuales son importantes en el desarrollo del país.

Es importante resaltar que aunque se obtenga en la evaluación un color verde esta es una nota de deficiencia estructural global, esto no quiere decir que los puentes no tengan daños que estén afectando funcionalmente a la estructura, como ejemplo juntas en mal estado o totalmente dañadas, las cuales están afectando los apoyos y los bastiones, quienes con el transcurrir del tiempo y sin ser atendidos pasaran a una zona amarilla.

4.10. Metodologías de atención para los daños en puentes.

Los diferentes métodos de atención de elementos de puentes se seleccionan de acuerdo con el tipo de daño que se encuentran en la estructura del puente.

No es viable invertir en reparaciones para algunos daños localizados, si se esperan que aparezcan en un futuro próximo. Para tal caso, la inspección y el análisis se deben conducir para saber las causas y las reparaciones o atenciones debidas o un análisis completo de la estructura antes de prácticas atenciones costosas en los puentes.

Las metodologías de actividades de atención que a continuación se presentan para daños en losas, apoyos y juntas de expansión fueron realizadas con base en los siguientes manuales de mantenimiento de puentes:

- Hearn George, L. Purvis, Ronald. Thompson Paul. H. Bushman William. K. Mc Ghee, Kevin. T. Mckeel, Jr. Wallace. Bridge Maintenance and Management, A3C06: Committee on Structures Maintenance and Management.
- New York State Department of Transportation. Office of Operations. (2008). Fundamentals of Bridge Maintenance and Inspection, Office of transportation Maintenance.
- Shahin Taavoni, Ph.D., P.E. Bridge manual. (2012). Bridge Anatomy Preventive Maintenance. Bridge repair and Rehabilitation. Delaware Department of Transportation Bridge Manual.
- Japan international cooperation Agency. (2014). Improvement of quality management for highway and bridge construction and maintenance, phase ii. Bridge Repair manual 2da. Edición. 2014..
- Department of Transportation Federal Highway Administration. (2011). Bridge Preservation Guide. Maintaining a State of Good Repair Using cost Effective Investment Strategies. FHWA-HIF-11042. U.S
- Ministerio de obras Públicas y Transportes MOPT. (2015). Manual de Especificaciones Generales para Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes.
- American Concrete Institute ACI 224R – D1. (2002). “Control of Cracking in concrete Structure”.

4.10.1. Mantenimiento Preventivo o Rutinario:

El mantenimiento preventivo incluye actividades cíclicas (sin condiciones) y basadas en la condición, Actividades realizadas en un intervalo predeterminado y destinadas a preservar las condiciones existentes del elemento de puente. Un mantenimiento regular.

Este mantenimiento preventivo puede ser clasificado en dos grupos según AASHTO.

El mantenimiento programado: es el mantenimiento sistemático de puentes sobre una base programada, puede desarrollarse en red, varios puentes en una misma ruta, y también pueden ser programadas para cierto periodo cíclico.

El mantenimiento de respuesta: cuando se requiere la necesidad de trabajos para prevenir un mayor deterioro o el desarrollo de defectos que fueron localizadas en la inspección.

Para identificar cada actividad se le ha asignado un código y nombre de la actividad:

4.10.2. Nivel de Red (NR)

- **NR -01 Limpieza del puente.**
- **NR -02 Sellado de grietas en la superficie de desgaste.**
- **NR -03 Sellado de grietas en losa de concreto.**
- **NR -04 Recubrimiento epóxico en la fisura**
- **NR -05 Parche (Patching)**
- **NR -06 Sellado de grietas en concreto de cemento hidráulico**
- **NR -07 Lubricación de apoyos**

4.10.3. Mantenimiento correctivo:

El mantenimiento correctivo incluye actividades periódicas o basadas según requieran las condiciones de los elementos, destinadas a preservar las condiciones existentes del elemento de puente o su remplazó para su buen funcionamiento, realizándolas a un nivel de proyecto. Reemplazo o rehabilitación.

La losa. Cuando un porcentaje alto de la losa tiene filtraciones, fisuras, áreas localizadas, y la eflorescencia a lo largo de las bridas superiores de la viga. Afectación y deficiencias estructurales en la losa, no permitiéndole su función optima en el puente.

- Reparar / Reemplazar la losa de concreto.
- Reparar / reemplazar la superficie de desgaste del asfalto.

Las juntas de expansión. El material sellador ya no está adherido a los ángulos blindados. El agua y los escombros se vierten a través de la articulación, permitiendo que los elementos abajo del puente se afecten. De esta manera la junta no es impermeable, afectando la durabilidad de los apoyos y los bastiones, impidiendo disipar esfuerzos y limitando su capacidad de absorber los movimientos relativos, producidas por las cargas.

- Reparar o reemplazar las juntas.

Los apoyos. El apoyo de acero se ha corroído, o un apoyo elastómero desgastado reduciendo el movimiento permisible, logrando la deficiencia estructural del apoyo, por lo cual no cumple con su función principal, dejándolo vulnerable. O faltante de apoyo o apoyo totalmente desgastado

- Reparar o reemplazar los apoyos

Se recomiendan los siguientes procesos de atención de elementos de puentes, los cuales son aplicables cuando el daño de este tenga relación con el objetivo de la actividad.

- Los pasos generales típicamente o generales asociados con las actividades de mantenimiento. No son exhaustivas, ni siempre son necesarias.
- También al seleccionar un material debe de regirse a las especificaciones del fabricante, así como en la rehabilitación lo cual es un reemplazo del elemento, se acompaña a un estudio que determine las alternativas más adecuadas.
- Todas las actividades de mantenimiento, reparación o rehabilitación deben de ser realizadas en base a las normas y regulaciones del país, si existiesen.
- Para la preparación de los trabajos. Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad, hacer uso del Manual Técnico de protección de Obra de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito del MOPT.

4.10.4. Nivel de Proyecto (NP)

- **NP – 01 Reparación de la losa de concreto**
- **NP – 02 Reparación o reemplazo de juntas**
- **NP – 03 Reparación o reemplazo de apoyos**
- **NP – 04 Volumen bajo de concreto lanzado**
- **NP – 05 Reparaciones profundas en losas de puentes.**
- **NP – 06 Junta de puente de Silicona**
- **NP – 07 Juntas de compresión elastomérica preformada (Polytite o similar aprobado).**
- **NP – 08 Sellado losa de Concreto.**
- **NP – 09 Extensión o ampliación de los drenes de la losa**
- **NP – 10 Extensión de drenaje atornillado con correas**
- **NP – 11 Extensión de drenaje con pernos mediante anclajes**
- **NP – 12 Juntas de Neopreno (Sellos de Compresión preformados)**
- **NP – 13 Articuciones de placas deslizantes**
- **NP – 14 Juntas de la placa dentada**
- **NP – 15 Juntas de expansión StripSeals**
- **NP – 16 Fibra de carbono para refuerzo de la losa**
- **NP – 17 Inyección epóxico**
- **NP – 18 Junta asfáltica (Asphaltic plug joint)**
- **NP – 19 Extensión del asiento del apoyo**
- **NP – 20 Elevación de vigas (Jack-up Girder)**
- **NP – 21 Reparación de apoyos de acero**
- **NP – 22 Limpieza, reparación y protección del acero de refuerzo.**

NR -01 Limpieza del puente

Descripción: Retire toda la basura, aceites, gasolina, suciedad y arena de la losa, los apoyos, y juntas. Limpie los escombros y la vegetación en los elementos de la estructura.

Objetivo: Retire los líquidos nocivos para evitar la corrosión y eliminar los residuos para permitir que los elementos funcionen correctamente. Asegure el drenaje apropiado en y alrededor del puente.

Criterio: Limpiar al puente al menos una vez al año.

Materiales:

- Agua limpia

Equipo:

- Bomba de Agua de alta presión con mangueras.
- Compresor de aire
- Rastrillo
- Escaleras y andamios
- Palas
- Picos
- Escobas
- Cepillos rígidos
- Equipo de seguridad personal
- Barredoras mecánicas o sopladora mecánica.

Procedimiento:

- Preparar la zona de trabajo (es decir, control de tráfico, protección del medio ambiente, escaleras y andamios, otros equipos).
- Recoja y elimine la basura, la suciedad y otros desechos, mediante barrido, pala, aspiradora u otros métodos adecuados.
- Afloje la suciedad y los residuos con rascadores y cepillos rígidos, según sea necesario.
- Deseche adecuadamente todo el material recolectado. Si la arena, suciedad u otro material similar debe ser eliminado en el sitio, colóquelo en una zona de tierras altas desde la cual no pueda entrar en una corriente, cuerpo de agua o humedal. No deposite el material en instalaciones de drenaje o juntas. Y minimice la descarga de material suelto, arena y residuos, en el agua.
- Quite la suciedad y los residuos restantes de la junta de la losa y de los drenajes.
- Lavar a presión la estructura, generalmente comenzando en el punto más alto y trabajando hacia abajo, usando agua limpia y fresca. Evite cuidadosamente la presión excesiva que puede dañar la pintura u otros materiales. Esta actividad se puede realizar con barredoras mecánicas o sopladoras mecánica, según la disponibilidad de estas.
- Enjuague el sistema de drenaje, pero evite que los sedimentos y los desechos se descarguen en el río o agua en la superficie.
- Remueva las rejillas del desagüe, si en este caso existiesen para enjuagar y quitar restos atrapados, según sea necesario.
- Tenga precaución para controlar la presión del agua utilizada en los sistemas de drenaje.

Seguridad:

- Considere las necesidades de seguridad para el trabajo a desarrollar.

Especificaciones:

Sección 601 Limpieza manual de puentes y 605 Limpieza de superficies de puentes de concreto o acero con agua a presión. del Manual de Especificaciones Generales de Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes 2015.

NR -02 Sellado de grietas en la superficie de desgaste

Descripción: Limpie y selle grietas en la superficie de desgaste para proteger la losa estructural. También aplique sellador de juntas cuando sea apropiado.

Objetivo: Asegúrese de que la superficie de desgaste proporciona protección impermeable a la cubierta estructural subyacente y que la superficie de desgaste de asfalto-cemento-concreto.

Criterio: Sellar las grietas al menos una vez cada cuatro años. En general, realizar este trabajo en todos los puentes independientemente de la superficie de desgaste.

Material:

- Sellador de fisuras según ASTM D 6690 o Polímero basado en curadores o selladores.
- Arena de voladura
- Agua
- Sellador de juntas líquidas
- Sellador de epoxi o poliuretano

Equipo:

- Sellador de grietas (Crack – sealer)
- Compresor / mangueras, etc.
- Cepillos.
- Amoladora.
- Sierra de corte de concreto. (Metabo)
- Sistema de inyección.
- Equipo de seguridad personal
- Varita, mangueras y boquillas
- Palas y escobas
- Equipo de chorro de arena (Sandblaster)

Procedimiento:

- Preparar la zona de trabajo (es decir, control de tráfico, protección del medio ambiente, equipo).
- Afloje y saque los depósitos de suciedad.
- Limpie la superficie de desgaste barriendo y / o usando aire comprimido.
- Limpie las grietas y juntas con agua o aire comprimido, con un cuchillo o espátula raspar los depósitos más grandes o el material de la junta vieja si existiere.
- Prepare las superficies de las juntas mediante chorro de arena, corte de sierra o molienda, si es necesario.
- Limpie toda la suciedad suelta y material de chorro de arena de la superficie del pavimento.
- Las grietas y juntas deben estar limpias y secas antes de aplicar el material de sellado.
- Aplique sellador de juntas D 6690 o Sellador de juntas líquidas a base de polímero a las juntas de acuerdo con las instrucciones del fabricante, dejando tiempo suficiente para que el material se seque.
- Evite el exceso de material que pueda reducir la resistencia al deslizamiento.
- Perfore agujeros de inyección a lo largo de las juntas, si es necesario, e inyecte el sellador.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico. Evite el exceso de material que pueda reducir la resistencia al deslizamiento.

Especificaciones:

- Sección 416. Sellado y juntas de grietas en pavimentos asfálticos, Sección 418. Mezcla asfáltica en caliente, Sección 612. Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico en puentes, y Sección 401 Mezcla de concreto asfáltico en caliente tipo superpave. del Manual de Especificaciones Generales de Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes 2015.
- ASTM D 6690

NR -03 Sellado de grietas en losa de concreto

Descripción: Aplique sellador en las losas de concreto. Los materiales selladores requieren penetración ya que la película superficial se desgasta por la abrasión del tráfico.

Objetivo: Mantener la integridad impermeable de la losa para evitar que el agua y los cloruros alcancen el acero de refuerzo.

Criterio: En general, las losas de concreto deben sellarse al menos una vez cada cuatro años, dando prioridad a los puentes sin acero reforzado con recubrimiento epóxico y sin concreto de alto rendimiento. Es particularmente importante sellar losas nuevas, y las grietas menores a 0.30 mm.

Material:

- Sellador (Silanos, Siloxanos, Siliconas, Polímeros).
- Chorro de arena.
- Disparo de metal (Steel shot).
- Agua

Equipo:

- Compresor w / mangueras, etc.
- Camión con bombas y barra de pulverización.
- Unidad de pulverización de pintura / herbicida.
- Rodillos de pintura y cepillos.
- Palas, raspadores y escobas.
- Chorro de arena (Sandblaster.)
- Equipos de seguridad personal.

Procedimiento:

- Preparar la zona de trabajo (es decir, control de tráfico, protección del medio ambiente, equipo).
- Eliminar los depósitos de suciedad.
- Limpie la losa lavándola, barriéndola y / o usando aire comprimido. O límpiese con chorro de arena (Sandblasting), para algunos selladores el fabricante puede recomendar el chorro de arena.
- Compruebe las condiciones ambientales con respecto a las especificaciones del fabricante, para la aplicación del sellador.
- La superficie debe estar limpia y seca, las temperaturas correctas y la calma del viento.
- Aplique sellador de acuerdo con las instrucciones del fabricante, controlando la tasa de aplicación para evitar que se corra o se pudre. Use capas múltiples, si es necesario.

Seguridad:

Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para el sitio específico.

Especificaciones:

Sección 606: Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto en puentes.

NR -04 Recubrimiento epóxico en la fisura

Descripción: Este punto de trabajo es aplicable a la reparación de grietas verticales u horizontales, con anchos de menos de 0,3mm. El recubrimiento epóxico, compuesto con material de dos componentes de alta resistencia y no disolvente, se caracteriza por su excelente adhesión al concreto seco y húmedo.

Objetivo: El propósito del revestimiento es evitar que el agua alcance el acero de refuerzo, el desarrollo de la presión hidrostática dentro de la grieta, la tinción de la superficie del concreto y causar problemas de humedad en el lado lejano de la grieta.

Criterio: Debe tenerse en cuenta que el revestimiento epóxico no es un método de reparación, sino una aplicación protectora o preventiva para prolongar la vida útil del puente.

Como medida protectora o preventiva, el revestimiento de epoxi debe aplicarse sobre superficies de estructuras de concreto, con grietas de menos de 0,3 mm de ancho, independientemente de si la formación de grietas es estructural o no estructural.

Equipo:

- Cepillo o rodillo de pintura

Materiales:

- Sellador epóxico o nuevas tecnologías de sellador

Procedimiento:

- Preparación de la superficie de concreto. Las superficies de concreto adyacentes a las fisuras se limpiarán con chorro de aire, y estarán libres de lechadas y contaminantes tales como grasa y aceite.
- Aplicación del sellador epóxico. Aplique franjas de aproximadamente 50 mm de ancho de revestimiento epoxi sellante sobre superficies de hormigón a lo largo de la grieta, como recomienda el fabricante.
- Curado. Después de la aplicación, realizar hasta que el revestimiento de epoxico endurece.
- Supervisión del ancho de fisura. Las fisuras recubiertas con sellador serán monitoreadas por un personal de mantenimiento designado

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para el sitio específico

Especificaciones:

Viscosidad ASTM D2393

Fuerza de enlace al concreto seco/húmedo ASTM D7234

Resistencia a la adherencia y al corte ASTM C882

NR -05 Parche (Patching)

Descripción: La reparación del parche se realiza para restaurar áreas pequeñas donde el concreto sano es dañado por el desprendimiento, descascamiento o por impacto. Este método de reparación se aplica generalmente con espátula y no requieren ninguno o encofrados mínimos. El grosor del parche está limitado a un máximo de 100 mm de profundidad de la superficie hueca.

Objetivo: Cubrir las partes huecas de la losa para que no entren agentes externos que la dañen, y logre su funcionalidad óptima. Asegurando su buen funcionamiento estructural y estético.

Criterio: El mortero de cemento Portland y el mortero de cemento polímero se usan para el parcheado cuando hay exposición de acero de refuerzo y cuando no lo hay.

Materiales:

- Mortero de polímero
- Mortero de cemento portland
- Arena
- Agua
- Clavos de concreto
- Epóxico de unión (Epóxico de unión al concreto o material de adherencia)

Equipo:

- Cíncel
- Generador de electricidad portátil
- Cepillo de alambre
- Martillo pequeño
- Cubo de Mezcla de Mortero
- Gafas protectoras
- Paleta (Trowel)
- Vehículo de andamio

Procedimiento:

- Eliminación de concreto defectuoso. Retire todo el concreto defectuoso, mal fundido y contaminado y prepare los bordes para el área del parche. Si se encuentra corrosión local en el refuerzo con pérdida de sección, lo que requeriría barras adicionales, eliminar sólo el área dañada del concreto incluyendo la longitud necesaria para unir el nuevo refuerzo.
- Limpieza de superficies del concreto y barra de refuerzo. Retire las partículas sueltas y el polvo utilizando agua a alta presión o aspiradora. Las superficies de concreto a unir deben estar libres de suciedad, aceite, grasa, asfalto. La corrosión debe ser removida antes de colocar el concreto nuevo. Si el deterioro es debido a la contaminación por cloruro o si el refuerzo está cubierto con elementos de corrosión sueltos y ha desarrollado hoyos, utilice el chorro abrasivo de agua hasta que se quite todo el óxido.
- Colocación de Mortero. El mortero debe colocarse en capas de aproximadamente 20 mm de espesor. Compacte cada capa completamente sobre toda la superficie usando una paleta de madera o un martillo. Generalmente, no debe haber demoras de tiempo entre la colocación y compactación de capas.
- Curación. Todos los tipos de reparaciones de cemento necesitan curado minucioso y continuo para desarrollar la fuerza y la impermeabilidad, y para minimizar la contracción de secado, mientras que la fuerza de unión se está desarrollando.

Especificaciones: El ensayo de resistencia para mortero de cemento Portland se basará en ASTM C 780 El mortero de cemento polímero deberá cumplir con los requisitos de las especificaciones mostradas especificaciones ASTM.

Especificaciones según el polímero a utilizar:

- Fuerza compresiva ASTM C39
- Fuerza de unión al concreto ASTM D 7234
- Tasa de sangrado ASTM C 39

Recubrimiento protector para barras de refuerzo:

- Propiedades a compresión /ASTM D695M
- Propiedades de Flexión/ASTM D790M
- Propiedades de Tensión/ASTM D638M

NR -06 Sellado de grietas en concreto de cemento hidráulico

Descripción: Aplicar la norma ASTM D 6690, sellador de juntas y grietas longitudinales en la losa.

Objetivo: Minimizar o eliminar el agua y los cloruros que entran en la estructura a través de las grietas.

Material:

- Sellador de juntas y grietas, ASTM D 6690.
- Chorro de arena (Blasting sand)

Equipo:

- Compresor w/ mangueras, etc.
- Equipo de lanzado de arena (Sandblaster)
- Equipo de protección personal.
- Hot tar pot (Sellador de grietas asfalto caliente).
- Cortadora de concreto.

Procedimiento:

- Preparar la zona de trabajo (es decir, control de tráfico, protección del medio ambiente, equipo).
- Usando la cortadora de concreto, realizar el canal a lo largo de la grieta existente a una profundidad de +/- 1".
- Eliminar los desechos de los trabajos ya realizados.
- Aplicar el chorro de arena, limpie los residuos de chorreado con arena
- La superficie debe estar limpia, seca y las temperaturas deben ser correctas.
- Utilizando un sellador, instale un sellador de grietas adecuadamente calentado (ASTM D 6690) en la grieta preparada.
- Permita que el sellador alcance la resistencia inicial antes de abrir el área al tráfico
- Este procedimiento también se puede realizar en grietas transversales de la losa.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para el sitio específico

- Sección 416. Sellado y juntas de grietas en pavimentos asfálticos, Sección 418. Mezcla asfáltica en caliente, Sección 612. Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico en puentes, y Sección 401 Mezcla de concreto asfáltico en caliente tipo superpave. del Manual de Especificaciones Generales de Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes 2015.
- ASTM D 6690

NR -07 Lubricación de apoyos

Descripción: Estructura de gato, limpie y lubrique todos los apoyos y conexiones de perno y percha apropiados. Pintar los elementos si es necesario.

Objetivo: Asegurar que los apoyos funcionen correctamente para transferir cargas de la superestructura a la subestructura, y permitir el movimiento adecuado de la superestructura.

Criterio: Limpiar y lubricar los apoyos al menos una vez cada cuatro años. En general, realizar este trabajo en todos los apoyos de acero.

Material:

- Chorro de arena
- Aceite penetrante
- Grasa
- Pintar
- Aceite lubricante
- Agua

Equipo:

- Gatos hidráulicos
- Camión de agua
- Bomba de agua de alta presión
- Sandblaster (compresor de lanzado de arena)
- Pulidora de acero (Metabo)
- Escaleras y andamios
- Compresor de aire con mangueras, etc.
- Cepillos rígidos o alambre
- Mazo
- Equipo de seguridad personal

Procedimiento:

- Desarrollar un plan de levantamiento o gateo, andamios o escaleras. Como se requiera.
- Preparar la zona de trabajo (es decir, control de tráfico, protección del medio ambiente, escaleras y andamios, equipo).

Limpie manualmente los asientos de los apoyos y apoyos, raspando, cepillando o desmenuzando todos los residuos acumulados. El material debe ser recolectado y desechado en un sitio adecuado de eliminación o llenado.

- Enjuague los apoyos con agua o aire a alta presión para eliminar material suelto, sal, suciedades y desechos que no se podrían eliminar mediante métodos de limpieza manual.
- Retire el óxido y la balanza de los apoyos raspando, cepillando el alambre o chorreando con arena, asegurándose de que el apoyo no se dañe por la remoción del óxido y de la escala.
- Lubricar los apoyos cuando sea necesario si es posible sin levantar la superestructura.
- Estructura del gato de acuerdo con el plan de elevación y retire los apoyos, si es necesario para un servicio adecuado, dependiendo del tipo de apoyo.
- Limpie y talle las superficies de los apoyos hasta obtener un acabado liso.
- Grasas o superficies de desgaste de los apoyos de aceite según sea necesario, dependiendo del tipo de apoyo.
- Primero y pintar las superficies que no usan, según sea necesario.
- Reinstale el apoyo y el puente inferior de acuerdo con el plano de elevación, si es necesario.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico. Restringir el tráfico durante la operación de elevación. Considere las cuestiones ambientales y de seguridad de los trabajadores.

Especificaciones: Sección 605, Limpieza de superficies de puentes de concreto o acero con agua a presión. Sección 601 Limpieza manual de puentes. Del Manual de Especificaciones Generales de Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes 2015

Nivel de Proyecto: este es diferente al programa de mantenimiento preventivo, el cual trata de reparar, reemplazar o rehabilitar los elementos por los daños que han afectado, que requieren de un estudio más profundo o atenciones más detalladas. Además, al igual que las atenciones a nivel de red, el profesional debe asegurarse el procedimiento que más se adapte a las necesidades en la atención.

NP – 01 Reparación de la losa de concreto

Descripción: Retire y reemplace las partes dañadas de losa estructural de concreto y del acero de refuerzo.

Objetivo: Restablecer la integridad estructural de la losa, proporcionar una superficie segura de los usuarios.

Criterio: Considere este tratamiento para cualquier puente, donde su daño es intermedio.

Material:

- Disparo de metal (Steel shot) o material abrasivo.
- Acero de refuerzo
- (Chorro de arena) Basting sand
- Agua
- Concreto de alta resistencia inicial, endurecido rápido y alta durabilidad (u otro material de reparación)

Equipo:

- Sierra de hormigón
- Compresor de 450 CFM con mangueras, etc.
- Generador
- Equipo de chorro de arena (Sandblaster)
- Mezcladora de concreto
- Martillo neumático (<30 lb)
- Palas y pico
- Escobas y cepillos
- Martillo de sondeo
- Equipo de seguridad personal
- Vibrador

Procedimiento:

- Preparar la zona de trabajo (es decir, control de tráfico, protección del medio ambiente, equipo).
- Identificar y marcar la extensión de las partes dañadas. Las áreas de reparación deben ser rectangulares.
- Corte de cierra fuera del área dañada (cortes rectos).
- Retire el concreto deteriorado usando martillos neumáticos y herramientas de mano a 1 pulgada por debajo del acero.
- Sople periódicamente el concreto restante.
- Limpie el área utilizando chorro de agua o chorro de arena.
- El chorro de arena o el cepillo de alambre expuesto al acero para eliminar la herrumbre y otros contaminantes.
- Fije el acero de refuerzo adicional al acero existente si la pérdida de sección es del 20% o más.
- Forme la parte inferior de la cubierta para cualquier reparación de profundidad completa.
- Aplique un aglutinante de pasta de cemento puro o mezcla de lechada de arena-cemento 1: 1 al concreto restante, si es necesario, o saturar la superficie existente con agua.
- Coloque material de concreto o de reparación nuevo (dependiendo de la profundidad de reparación).
- Acabado de escoba a la superficie reparada. Proveer un aditivo adecuado para evitar grietas por tracción o un mortero sin efectos de tracción.
- Aplicar un material de adherencia entre el concreto nuevo y el concreto viejo.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: mortero ASTM C-39, Sección 611. Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico en puentes. Sección 608. Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes.

NP – 02 Reparación o reemplazo de juntas

Descripción: Repare o reemplace las secciones deterioradas o dañadas de los sistemas de junta, incluyendo el concreto circundante. Realice este trabajo en todos los tipos de sistemas de juntas, según sea necesario.

Objetivo: Proporcionar el funcionamiento adecuado del sistema de junta y la seguridad para el usuario.

Criterio: Considere este tratamiento para cualquier puente con daño intermedio.

Material:

- Angular de acero (ángulo de armadura).
- Chorro de arena (Blasting sand).
- Material de concreto / elastómero.
- Glándula de compresión o sello líquido (Material de relleno).
- Lubricante de sellado por compresión / sellador.
- Formaleta de madera.
- Tablero de espuma de poliuretano y varilla de soporte (Styrofoam board & backer rod).
- Varilla de soldadura.
- Anclaje de epóxico y dispositivos de anclaje. (Epoxy anchor capsules & anchoring devices).
- Disolvente para limpieza.
- Angulares (Clip angles) (ángulo de acero de 3 "x 4" para unir el acero de unión al hormigón base). Bisagras.

Equipo:

- Generador de electricidad, compresor w / mangueras, etc.
- Sandblaster (compresor para lanzado de arena).
- Martillo de concreto, pistolas de 35 lb.
- Soldador, martillo, taladro.
- Antorchas de oxígeno / acetileno.
- Mezcladora de concreto.
- Vibrador de concreto.
- Sierra de concreto.
- Herramientas de montaje de juntas de goma (Rubber seal installation tools).
- Niveladores de juntas (joints levers).
- Equipo de seguridad personal.

Procedimiento:

- Preparar la zona de trabajo (es decir, control de tráfico, protección del medio ambiente, equipo).
- Corte con sierra el concreto adyacente a la junta.
- Retire el sistema de junta existente.
- Preparar la caja o corte para el nuevo sistema de juntas.
- Establecer, nivelar, taladrar, anclar y soldar armadura de ángulo
- Chorro de arena en todas las superficies de concreto y acero.
- Coloque la espuma de poliuretano y la varilla de respaldo.
- Colocar el material de concreto / elastómero y curar.
- Instale el sello.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 609. Reemplazo de juntas de expansión de puentes. El sello de goma de junta de expansión deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- Resistencia a la tracción ASTM D412
- Elongación a la rotura ASTM D412

El tipo y el tamaño del sello de goma para la junta de expansión se deben determinar según las instrucciones del fabricante. La prueba de material se aplicará para que la resistencia a la tracción y el alargamiento sean aprobados por el Ingeniero.

NP – 03 Reparación o reemplazo de apoyos

Descripción: Gateo de la estructura, reparar o reemplazar los sistemas de apoyos que no funcionan o los componentes del sistema de apoyo, según sea el caso.

Objetivo: Asegurarse de que los apoyos funcionen correctamente permitiendo el movimiento de la estructura y transferir las cargas a la subestructura.

Criterio: La vida útil efectiva de los apoyos elastoméricos se estima en 15 a 25 años. A medida que el material envejece durante su período de servicio, exhibe un abultamiento o agrietamiento severo. Estos son signos de que los apoyos elastoméricos necesitan ser reemplazados

El reemplazo con los nuevos apoyos del puente debe realizarse estrictamente de acuerdo con los requisitos técnicos pertinentes y las recomendaciones proporcionadas por los fabricantes de apoyos

Material:

- Acero plano de 1 pulgada.
- Varilla corrugada de 7/8 pulg.
- Hilti pegamento (o equivalente, material pegamento).
- Grasa.
- Pintura.
- Placas de acero.
- Pernos, tuercas.
- Concreto (u otro material de reparación).
- Agua.
- Nuevos apoyos elastómeros (impregnated random fiber pads).
- Almohadillas.

Equipo:

- Gatos hidráulicos
- Metabo
- Taladro magnético
- Compresor w / mangueras, etc.
- Generadores (Planta de electricidad)
- Líneas de vida, escobillas de alambre
- Escaleras y andamios
- Bomba de agua de alta presión con mangueras, etc.
- Antorchas de oxígeno / acetileno. O plumas para fundir.
- Equipo de seguridad personal

Procedimiento:

1. Repare los pernos de anclaje cortados en los cojinetes deslizantes instalando correas de anclaje delante de las placas de base de los cojinetes y las superficies de deslizamiento adecuadamente lubricantes.

- Desarrollar un plan de reparación, incluyendo el plan de levantamiento. PRECAUCIÓN: Consulte a un ingeniero con grado de experiencia.
- Mida el ancho del asiento y las ubicaciones de los orificios.
- Corte las correas a medida, taladre los orificios y pinte.
- Preparar la zona de trabajo (es decir, control de tráfico, protección del medio ambiente, escaleras y andamios, equipo).
- Taladrar 1 pie en los agujeros profundos en el asiento en las localizaciones planificadas de las abrazaderas.
- Coloque las varillas roscadas en los orificios con pegamento o adhesivo similar. Asegúrese de que las varillas estén bien alineadas.
- Montar la estructura según el plano de elevación y quitar los apoyos.
- Retire el óxido y la balanza de los cojinetes raspando y cepillando el alambre, y refluya, asegurándose de que el apoyo no esté dañado por la remoción del óxido y de la escala.

- Reinstale los apoyos e instale las abrazaderas de anclaje.
- Coloque las almohadillas de lubricante seco y la grasa sobre la superficie deslizante.
- Baje la estructura de acuerdo con el plan de elevación.
- Primero pintar las superficies que no usan, según sea necesario.

2. Reemplace los apoyos de rodillos con apoyos elastoméricos o almohadillas.

- Desarrollar un plan de reparación, incluyendo el plan de levantamiento. PRECAUCIÓN: consulte a un ingeniero experto.
- Fabricar placas de relleno para apoyos nuevos, sobre la base del plan de reparación.
- Preparar la zona de trabajo (es decir, control de tráfico, protección del medio ambiente, escaleras y andamios, equipo).
- Estructura de gato según el plan de elevación.
- Retire los apoyos viejos.
- Taladre orificios en el asiento e instale nuevos pernos de anclaje.
- Instale nuevas almohadillas elastoméricas o apoyos elastómeros y placas de relleno, según sea necesario.
- Baje la estructura de acuerdo con el plan de elevación.
- Pintar las superficies que no usan, según sea necesario.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico. Restringir el tráfico durante la operación de elevación.

Especificaciones:

Sección 610. Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo de puentes, y Sección 614. Retiro y reposición de pernos, pines y tornillos de alta resistencia en puentes.

Las almohadillas de apoyos elastoméricas las especifica el AASHTO M251. La dureza, Durómetro ASTM D2240

NP – 04 Volumen bajo de concreto lanzado.

Descripción: Aplicación continua de una mezcla de cemento Portland / arena para reparaciones estructurales de concreto.

Objetivo: Proporcionar reparaciones estructurales oportunas y sin formaleta de estructuras de concreto, con una limpieza mínima.

Criterio: Repara el concreto dañado sobre las superficies verticales en lugares como el fondo de la losa del puente.

Material:

- Cemento Portland tipo I o II
- Agua potable
- Arena de Mason limpia / lavada
- Impermeabilizante cemento compuesto
- Equipo de seguridad personal

Equipo:

- Aplicador de lanzado de concreto de bajo volumen.
- Compresor de aire con filtro coalescente de aceite / agua.
- Herramientas pequeñas, Pala.

Procedimiento:

- Preparar la zona de trabajo (es decir, control de tráfico, protección del medio ambiente, equipo).
- Picar solo el concreto deteriorado.
- Lavado de ácido en la superficie de concreto deteriorado.
- Mezcle el cemento y arena graduada y lavada para mezcla personalizada de mortero.
- Aplique la mezcla en el área astillada con una pistola aplicadora de concreto lanzado de bajo volumen.
- Aplique la capa de protección protectora con un sello de concreto (Clear Seal) al área reparada. O resinas acrílicas diseñado para penetrar profundamente los capilares del concreto, impermeabilizando el área.
- Limpieza diaria del equipo de concreto lanzado de bajo volumen al final del día.

Seguridad: Procedimientos temporales de tráfico en la zona de trabajo, procedimientos de seguridad contra caídas.

Especificaciones: ACI 506R, Guide to Shotcrete

NP – 05 Reparaciones profundas en losas de puentes.

Descripción: Realice reparaciones en profundidad de losas de puentes según sea necesario.

Objetivo: Ampliar la vida útil de la estructura existente hasta la futura rehabilitación mayor.

Materiales:

- Concreto, material de reparación de resistencia rápida y o materiales a base de polímeros.
- Acero de refuerzo

Equipo:

- Compresor
- Martillo hidráulico de rompimiento de concreto.
- Cincelador
- Sandblaster (compresor de chorro de arena)
- Bobcat
- Palas, escoba
- Manlift (gruas)
- Cierre cortadora de concreto.
- Generador de electricidad (planta eléctrica)
- Herramientas de carpintería para la construcción de formaletas
- Varias herramientas de mano, herramientas para terminar el material de reparación elegido.

Las siguientes tareas son pasos generales típicamente asociados con esta actividad de mantenimiento. Estas tareas contienen todo incluido, ni siempre es necesario.

Procedimiento:

- Preparar la zona de trabajo (es decir, control de tráfico, protección del medio ambiente, equipo).
- Cortar el área de concreto a reparar.
- Utilice un martillo para quitar la losa deteriorada existente.
- Aplicar chorro de arena a la barra de refuerzo existente. Reemplace / repare la varilla de refuerzo según sea necesario.
- Construir encofrado para la reparación.
- Fije la formaleta a la estructura. Asegúrese de que haya suficiente refuerzo en la parte inferior para evitar colapso.
- Utilice un alambre de sujeción de calibre pesado para ayudar a atar la formaleta a las barras de refuerzo existentes
- Asegúrese de que el área de reparación esté limpia
- Siga las recomendaciones de los fabricantes de los materiales de reparación a utilizar para la preparación de la superficie.
- Los materiales de reparación de la muestra incluyen hormigón de cemento Portland, hormigón elastomérico o "líquido"igón
- Mezcle el material de reparación según las recomendaciones del fabricante.
- Llenar el área de reparación, consolidar como se recomienda, luego terminar la superficie
- Coloque el agregado para la fricción en la superficie según sea necesario
- Abra la cubierta de nuevo al tráfico siguiendo el tiempo de curado apropiado (de nuevo según las recomendaciones del fabricante).

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 608. Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes

NP – 06 Junta de puente de Silicona

Descripción: el sellado del puente de concreto a concreto o las juntas de cubierta con material de silicona sólo deben realizarse a temperaturas moderadas. Utilice productos de silicona sólo en juntas de concreto o de acero que estén en buenas condiciones.

Utilice silicona cuando una de las siguientes condiciones esté presente en una junta de concreto a concreto:

- Articulaciones de una pulgada o menos de anchura que están muy limpias para trabajar y que requieren muy poca mano o limpieza mecánica para prepararse. Utilice sellador de junta de silicone o algún material igual.
- Articulaciones de más de una pulgada de ancho, pero menos de 2 ½ pulgadas de ancho, que están muy limpias para trabajar y que requieren un mínimo de limpieza mecánica o manual para prepararse. Utilice el sellador silicone (ajuste rápido) o algún material igual.

Objetivo: Proporcionar el funcionamiento adecuado del sistema de junta y la seguridad para el usuario.

Equipo:

- Sierra.
- Pistola de agua (Water Blaster).
- Compresor de Chorro de Arena (Sandblaster).
- Compresor de aire.
- Pistola de plástico (Bazooka gun or hand caulk gun).

Materiales:

- Varilla de soporte o fondo de junta (Backer rod).
- Consulte los materiales de silicón para sellado de juntas.

Procedimientos:

- Realizar las reparaciones a la articulación, según sea necesario, antes de intentar hacer cualquier trabajo de silicona. Es vital que las caras de concreto se encuentren en buen estado o que la silicona arranque el concreto débil. Las juntas reparadas con productos de concreto deberán curarse durante catorce días. Las juntas reparadas con productos epoxi se curarán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Usando herramientas manuales u otro equipo como sea necesario, limpie tanto como sea posible el sellador y los escombros antiguos existentes a una profundidad tres veces la anchura de la junta.
- Haga un chorro de arena en las caras de las juntas u otros abrasivos limpios.
- Inspeccione las caras verticales para asegurarse de que están completamente limpias y no hay residuos presentes.
- Asegure las caras de las juntas con el material recomendado o escogido y permita curar según las pautas del fabricante.
- Instale la varilla de soporte o fondo de soporte (BACKER ROD) del tamaño apropiado para que quede completamente ajustada, pero no más comprimida. La instalación de la varilla de apoyo debe ser a una profundidad de la mitad de la anchura de la junta, más una media pulgada adicional pero no mayor que 1 ¼ "de profundidad total debajo de la superficie de la carretera.
- Instale la silicona con una pistola a media pulgada debajo de la calzada.
- Limpie a fondo la pistola según lo recomendado por el fabricante después de completar la instalación.



Figura 60: Reparación de junta pasó 1

Fuente: (JICA, 2014)

- Limpie tanto como sea posible el sellante y restos antiguos existentes a una profundidad tres veces la anchura de la junta.

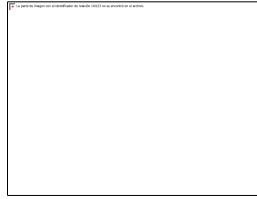


Figura 61: Reparación de junta pasó 2
Fuente: (JICA, 2014)

- Sandblast las caras de la junta con belleza negra u otros abrasivos limpios.

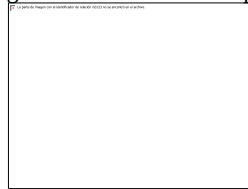


Figura 62: Reparación de junta pasó 3
Fuente: (JICA, 2014)

- Aplique las caras de las juntas con el material recomendado y permita curar según las directrices del fabricante. Instale la varilla apropiada del soporte para que quede completamente ajustada, pero no comprimida.

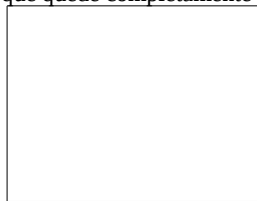


Figura 63: Reparación de junta pasó 4
Fuente: (JICA, 2014)

- Instale la silicona con una pistola Bazooka para 902 o una pistola de calafateo para 890 a media pulgada debajo de la carretera.

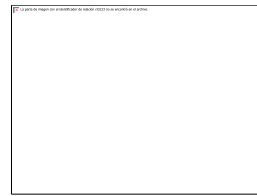


Figura 64: Reparación de junta pasó 5
Fuente: (JICA, 2014)

- Limpie a fondo la pistola según lo recomendado por el fabricante después de completar la instalación.



Figura 65: Reparación de junta pasó 6
Fuente: (JICA, 2014)

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 609. Reemplazo de juntas de expansión de puentes.

NP – 07 Juntas de compresión elastomérica preformada (Polytite o similar aprobado)

Descripción: El propósito de esta actividad es evitar que la suciedad, los desechos y los cloruros deterioren la cubierta y los elementos de puente de soporte. Los trabajos se deben de realizar con temperaturas entre 40 y 65 grados.

Objetivo: Proporcionar el funcionamiento adecuado del sistema de junta y la seguridad para el usuario.

Equipo:

- Compresor de chorro de arena (Sand Blaster)

Materiales:

- Poliester o material igual. (Polytite)
- Adhesivo epóxico.
- Arena abrasiva o material igual.

Procedimientos:

- Realice cualquier reparación en la junta, según sea necesario, antes de intentar sellar con poliéster (Polytite) o equivalente aprobado. Son aceptables los desprendimientos menores o el astillado del concreto. Las juntas reparadas con productos de concreto deberán curarse durante catorce días. Las juntas reparadas con productos epoxi se curarán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Usando herramientas manuales u otro equipo como sea necesario, limpie tanto como sea posible el sellador y los escombros existentes a una profundidad de por lo menos de 5 pulgadas.
- limpiar las caras de la junta con arena abrasiva u otros abrasivos limpios.
- Mezcle y aplique adhesivo epoxi a las paredes laterales de la cara de la junta.
- Destape el material elastómero (Polytite) o material igual del empaquetado y tire de la cinta para exponer la superficie de pega. Deslice el material hacia abajo en el hoyo, dejando material a un cuarto de pulgada por debajo de la superficie de la carretera. Tras la liberación del embalaje, Polytite o material igual, comenzará a expandirse para instalar el producto inmediatamente. Puede ser necesario instalar calzos temporales contra las paredes laterales entre la cara de la junta y el Polytite o material igual para ayudar a mantener el material en su lugar. Retire los calzos cuando el material se haya expandido adecuadamente.
- Recubrir piezas adyacentes o Polytite o material igual con calafate de silicona cuando se trabaja a través de la abertura de la junta, y empujar apretadamente para ajustar contra cada sección adicional. Caliente la parte superior de la junta de tope en la superficie del camino.
- El material debe ser dimensionado para encajar lo más cómodamente posible en la junta. La expansión se basa en la temperatura y las temperaturas más frías pueden tardar más en expandirse. La aceleración de la expansión puede obtenerse utilizando una fuente de calor artificial.



Figura 66: Reparación de junta pasó 1
Fuente: (JICA, 2014)

- Usando herramientas manuales u otro equipo como sea necesario, limpie tanto como sea posible el sellador y los escombros existentes a una profundidad de por lo menos 5 pulgadas



Figura 67: Reparación de junta pasó 2

Fuente: (JICA, 2014)

- Sandblast las caras de la junta con belleza negra u otros abrasivos limpios.

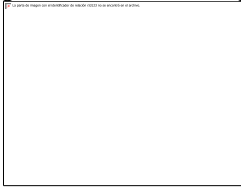


Figura 68: Reparación de junta pasó 3

Fuente: (JICA, 2014)

- Mezclar y aplicar adhesivo epoxi a las paredes laterales de la cara de la junta.



Figura 69: Reparación de junta pasó 4

Fuente: (JICA, 2014)

- Libere el Polytite del empaquetado e instale el producto inmediatamente

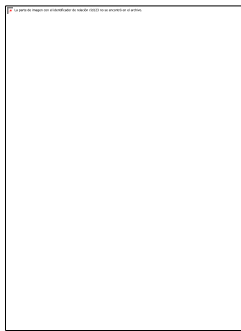


Figura 70: Reparación de junta pasó 5

Fuente: (JICA, 2014)

- El material debe ser dimensionado para encajar lo más cómodamente posible en la junta.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 609. Reemplazo de juntas de expansión de puentes.

NP – 08 Sellado losa de Concreto

Criterio: Los materiales selladores requieren penetración ya que la película superficial se desgasta por la abrasión del tráfico. Los materiales selladores incluyen silanos, siloxanos, silicona, epoxis y metacrilatos de metilo. Un buen sellado requiere una cubierta limpia, una cubierta seca y temperaturas cálidas.

Objetivo: Los revestimientos protectores para las superficies de concreto armado están disponibles que previenen o reducen al mínimo el desprendimiento.

Equipo:

- Compresor w / mangueras, etc.
- Camión con bombas y barra de pulverización
- Unidad de pulverización de pintura / herbicida
- Rodillos de pintura y cepillos
- Palas, raspadores y escobas
- Sandblaster
- Equipo de seguridad personal
- Varias herramientas manuales

Materiales:

- Agua
- Arena de voladura
- Sellador (silanos, siloxanos, silicona, polímeros)

Procedimientos:

- Limpie la cubierta con barrido, lavado, chorro de aire o una combinación de los mismos. Para algunos selladores, el fabricante puede recomendar el chorro de arena o el chorro de arena.
- Compruebe las condiciones ambientales con respecto a las especificaciones de la agencia y / o del fabricante para la aplicación del sellador. Los elementos típicos a comprobar son los siguientes: Temperatura correcta del aire y la cubierta. Rango de temperatura de los materiales según las recomendaciones. Velocidad del viento lo suficientemente baja para evitar la deriva del aire. No hay caída de la temperatura durante o inmediatamente después de la aplicación. Limpie la cubierta sin humedad ni aceite. Otras condiciones que podrían impedir una aplicación satisfactoria.
- Marque o mida las áreas a sellar, asegurando la velocidad correcta de aplicación.
- La superficie estará completamente seca antes del revestimiento. La temperatura debe estar por encima de 50oF.
- Prepare el sellador según las recomendaciones del fabricante.
- Aplique sellador por un método recomendado, por ejemplo, rociando con tanques de bombeo o equipo de pulverización mecánica, o usando rasquetas, rodillos o distribuidores con muescas o sin entallar.
- La superficie recién sellada puede tener que ser tratada para retener una resistencia al deslizamiento aceptable. Los selladores que no penetran la superficie de la cubierta usualmente requieren una aplicación inmediata de arena u otro material abrasivo que se incrustará en el sellador. Los selladores que penetran la superficie de la cubierta pueden tener que ser manchados con arena hasta que el sellador haya sido absorbido en la cubierta, aumentando temporalmente la resistencia al deslizamiento.
- Estimar los tiempos de curado y de absorción de la cubierta para el método de aplicación utilizado y hacer coincidir los cierres de carril y el control de tráfico con estas estimaciones.
- Monitorear los procedimientos para mantener la seguridad del personal de mantenimiento en el manejo y aplicación de productos químicos selladores y para asegurar que el ambiente natural más allá de la cubierta del puente no esté contaminado con materiales peligrosos. Sellador de cubierta se aplica a menudo como parte de la rehabilitación de la cubierta de hormigón.
- El escurrimiento del sellado debe ser controlado para evitar la contaminación de las vías fluviales y daños a la propiedad. Sellado de Cubierta de Concreto

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 608. Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes

NP – 09 Extensión o ampliación de los drenes de la losa

Descripción: Esta operación se realiza para transportar la descarga de agua de los desagües lejos de los miembros de la estructura de soporte. Muchas estructuras que fueron construidas en los años 50 y los años 60 fueron construidas con los drenes cortos de la losa. Logrando erosionar el concreto en los elementos.

Objetivo: lograr que los drenes cortos no dañen la losa y vigas en el puente por medio de la extensión de drenajes soldados

Equipo:

- Equipo de soldadura
- Brochas

Material:

- Pintura

Procedimiento:

Procedimiento de instalación para extender los desagües del puente (cuando el drenaje existente sobresale debajo de la cubierta de concreto para permitir la soldadura)

- Corte una viga de caja (203 mm x 152 mm) o el tamaño necesario para que se ajuste alrededor del drenaje en el lugar) hasta la longitud requerida para extender el drenaje hasta la parte inferior de la viga. Nota: Si el espacio libre en la calzada no es crítico, el desagüe debe extenderse de 50 a 100 mm (2 a 4 pulgadas) debajo de la parte inferior de la viga.
- Soldar la pieza de extensión al drenaje en el lugar con una soldadura de filete de 6 mm (1/4 in.) (Todo alrededor).
- Moler la soldadura suave y pintar el desagüe.

NOTA: Para soldar la extensión del drenaje al drenaje existente se necesita una barra especial de níquel cuando se está soldando la fundición y / o el material galvanizado.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 665. Drenajes en puentes y estructuras.

NP – 10 Extensión de drenaje atornillado con correas

Descripción: Esta operación se realiza para transportar la descarga de agua de los desagües lejos de los miembros de la estructura de soporte. Muchas estructuras que fueron construidas en los años 50 y los años 60 fueron construidas con los drenes cortos de la losa. Logrando erosionar el concreto en los elementos.

Objetivo: lograr que los drenajes cortos no dañen la losa y vigas en el puente por medio de la extensión de drenajes atornillados con correas.

Equipo:

- Brochas

Material:

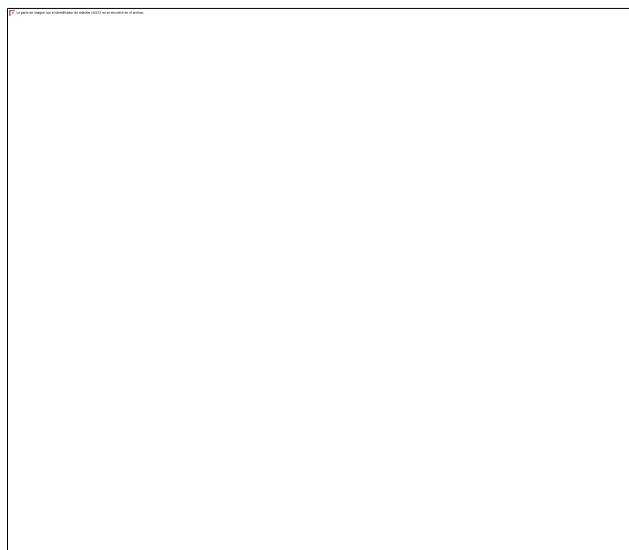
- Pernos y arandelas de seguridad (tornillos y roldanas)
- Pintura

Procedimiento:

Procedimiento de instalación para extender los desagües del puente (cuando el desagüe existente sobresale por debajo de la cubierta de hormigón un mínimo de 25 mm (1 pulgada))

- Corte una viga de caja (203 mm x 152 mm) o el tamaño necesario para que se ajuste alrededor del drenaje en el lugar) hasta la longitud requerida para extender el drenaje hasta la parte inferior de la viga. NOTA: Si el espacio libre en la carretera no es crítico, el drenaje debe extenderse de 50 a 100 mm (2 a 4 pulgadas) por debajo de la parte inferior de la viga.
- Perfore 4 orificios (12 mm (1/2 pulg.) De diámetro) en la extensión de drenaje y drenaje.
- Atornille las correas a la extensión de desagüe y drenaje existente, respectivamente, con pernos de 10 mm (3/8 pulg.) De diámetro por 25 mm (1 pulg) con arandelas de seguridad, etc.
- Pinte el drenaje ensamblado.

Nota: En algunos casos se puede usar una sección de canal (y en algunos casos tubería de PVC) en lugar de vigas de caja.



*Figura 71: Medidas de extensiones de drenajes
Fuente: (JICA, 2014)*

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 665. Drenajes en puentes y estructuras.

NP – 11 Extensión de drenaje con pernos mediante anclajes

Descripción: Esta operación se realiza para transportar la descarga de agua de los desagües lejos de los miembros de la estructura de soporte. Muchas estructuras que fueron construidas en los años 50 y los años 60 fueron construidas con los drenes cortos de la losa. Logrando erosionar el concreto en los elementos.

Objetivo: lograr que los drenes cortos no dañen la losa y vigas en el puente por medio de la extensión de drenajes soldados

Equipo:

- Perforar
- Soportes angulares
- Equipo de soldadura

Material:

- Anclajes de pernos, pernos, tuercas hexagonales y arandelas de seguridad
- Angulares

Procedimiento:

- Procedimiento de instalación para la prolongación de los desagües del puente (cuando el drenaje existente no sobresalga por debajo de la cubierta de hormigón para permitir la soldadura o el atornillado)
- Corte una viga de caja (203 mm x 152 mm) o el tamaño necesario para que se ajuste alrededor del drenaje de entrada) hasta la longitud requerida para extender el drenaje hasta la parte inferior de la viga. NOTA: Si el espacio libre en la calzada no es crítico, el desagüe debe extenderse de 50 a 100 mm (2 a 4 pulgadas) debajo de la parte inferior de la viga.
- Taladre orificios para y suelte 2 soportes angulares a la losa de hormigón y vigas usando anclajes de perno de 12 mm (1/2 pulg.) De diámetro, pernos, tuercas hexagonales y arandelas de seguridad. Suelde los soportes angulares a la extensión del drenaje.
- Marque las ubicaciones del soporte en la extensión del desagüe y en la viga.
- Taladre orificios en la extensión del desagüe, soporte de conexión y viga para anclajes de 12 mm (1/2 pulg.) De diámetro, pernos, etc. (Retire los soportes de los anclajes si es necesario).
- Atornille los soportes y el soporte de conexión L76 x 76 x 6,4 (3 x 3 x ¼ pulg.) Juntos.
- Pinte el drenaje ensamblado.

NOTA: En algunos casos se puede usar una sección de canal (y en algunos casos tubería de PVC) en lugar de vigas de caja.

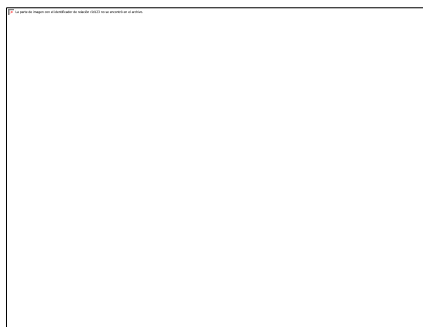


Figura 72: Medidas de extensión de drenaje
Fuente: (JICA, 2014)

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 665. Drenajes en puentes y estructuras.

NP – 12 Juntas de Neopreno (Sellos de Compresión Preformados)

Descripción: Las reparaciones en juntas de neopreno requieren la reparación o reemplazo de ángulos de protección curvados y la re inserción o reemplazo del relleno de juntas de neopreno. Todos los materiales viejos y los desechos deben ser limpiados de la junta y la junta de chorro de arena antes de colocar nuevos materiales. Para facilitar la inserción del relleno de neopreno, un recubrimiento adhesivo debe cepillarse en los lados del relleno que servirá como lubricante hasta que se vuelva pegajoso. Cuando se reemplaza el material de neopreno debe ser dimensionado para acomodar el Movimiento, así como la apertura en el lugar. Cuando no se dispone de material de unión de neopreno preformado, se puede instalar una varilla de butilo como una reparación temporal.

Criterio: Se debe realizar una determinación del movimiento de la articulación antes de reemplazar el material de la junta de neopreno. Los movimientos teóricos de las articulaciones de 6 mm (1/4 ") o menos indican que no es necesario utilizar el neopreno y limpiar la junta y rellenar con corcho, trozo, fieltro o cuerda de papel, y un sellado vertido es suficiente.

Si se requieren reparaciones extensas, se debe considerar seriamente reemplazar las juntas de neopreno con una junta de expansión impermeable.

Las juntas de compresión preformadas se pueden instalar de manera más eficiente durante las temperaturas más frías, pero no inferiores a las de congelación. Las superficies contra las que se colocan los sellos deben estar secas, aunque las superficies de concreto pueden estar "húmedas".

Objetivo: Proporcionar el funcionamiento adecuado del sistema de junta y la seguridad para el usuario.

Equipo:

- Compresor de aire.
- Mezcladora de concreto.

Material:

- Sello de compresión de neopreno.
- Lubricante.
- Adhesivo

Procedimiento:

- Retire el material de la junta comprimible existente de la junta.
- Limpie la junta de cualquier material extraño usando aire comprimido.
- Retire y reemplace cualquier concreto deteriorado.
- Cortar material compresible nuevo para ajustar la junta. Si la articulación se extiende más allá de la cubierta hasta los bordillos o medianas, siga estos procedimientos.
 - a. Para hacer un giro hacia arriba con el sello, proceda de la siguiente manera. Taladre tres orificios de ½ pulgada de diámetro en línea en el sello. Los orificios deben espaciarse a intervalos de 1 / 3H (H = altura del sello) en las líneas 2 / 3H desde la parte inferior del sello. Corte la sección inferior del sello desde la parte inferior y selle el orificio en los tres lugares. Doble el sello en la posición deseada e instálelo siguiendo los procedimientos normales de sellado.
 - segundo. Para hacer un giro hacia abajo con el sello, taladre un agujero de M pulgadas a lo largo del sello en la ubicación de la curva en el sello en una posición 2 / 3H desde la parte inferior de la junta. Corte una cuña desde la parte inferior del sello haciendo dos cortes angulares que se cruzan (45 grados) desde la parte inferior del sello hasta la ½ pulgada. Doble el sello e instálelo usando procedimientos normales de sellado.
- Aplique adhesivo lubricante sobre las caras de la junta.
- Coloque el sello sobre la abertura de la junta, comprima e inserte en la junta mientras el adhesivo aún esté húmedo. Instale el sello dentro de la junta a la profundidad de aplicación requerida, normalmente ¼ a ½ pulgada por debajo de la superficie de la cubierta.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 609. Reemplazo de juntas de expansión de puentes.

NP-13 Articulaciones de placas deslizantes

Descripción: Los problemas de mantenimiento asociados con esta junta son placas sueltas y ruidosas, y espacio insuficiente para la placa deslizante. Una placa suelta y ruidosa se puede corregir apretando tornillos, reemplazando los tornillos que faltan y / o calcen debajo de la placa. Cuando la superficie de apoyo del concreto debajo de la placa deslizante se vuelve irregular y causa un apoyo inestable debido al deterioro u otras causas, retire la placa deslizante y luego retire y reemplace el concreto deteriorado y finalmente reinstale la placa usando un procedimiento de reparación de soldadura. El espacio insuficiente para que la placa se deslice, requerirá que los vanos se vuelquen a sus posiciones originales.

Equipo:

- Equipo de soldadura
- Mezcladora de concreto

Material:

- Perno con cuña
- Arandela y tuerca
- Placa de acero de 1/4 "x 4"
- Concreto modificado con polímero Látex

Procedimiento

- Agujero de quemado a través de la brida superior de la presa de expansión.
 - Taladre un agujero de 1 y 1/4 "en un ángulo de 45 ° a través de la cubierta de concreto debajo del agujero quemado.
 - Marque un área de 6 "x 6" de concreto de 1 "de profundidad con una sierra alrededor de la parte inferior del orificio, retire el concreto de la estera inferior de acero de refuerzo.
 - Coloque el perno en su posición y suelde el reborde superior de la presa con una soldadura de penetración completa.
 - Coloque el concreto de látex modificado de 1/2 "de espesor en la parte inferior de 6" X 6 "agujero alrededor del extremo del perno.
 - Coloque una placa de acero de 1/4 "x 4" x 4 ", añada la arandela de cuña y la tuerca, luego apriete.
 - Cubra el área de concreto removido con un compuesto de unión epoxi y rellene con concreto modificado con látex.
 - Taladre y golpee la brida cerca de la ubicación del perno, instale el racor y epóxico de la bomba.
 - Retire y llene los orificios de ajuste con material de soldadura. Moler y soldar liso en la brida superior.
- NOTA: El epóxico debe llenar el área alrededor del perno y debajo de la presa de expansión donde el enlace entre la presa y el concreto se ha perdido. Se pueden requerir varios herrajes para llenar el hueco debajo de la presa.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 609. Reemplazo de juntas de expansión de puentes.

NP – 14 Juntas de la placa dentada

Descripción: El mantenimiento de estas juntas cuando es necesario normalmente es para restaurar el espaciado correcto en la junta, los dedos o dientes de molienda a ras, o reemplazar / apretar los tornillos de cabeza sueltos (especialmente en las vías de la rueda). De lo contrario, estas juntas tienen una incidencia baja de reparaciones necesarias. Se puede proporcionar espacio adicional moviendo las varillas de nuevo a su posición original. Estas juntas a veces son la causa de problemas de mantenimiento a otras partes de la estructura debido a sus espacios abiertos que permiten que el agua drene a través de la subestructura. Esto hará que los miembros de las juntas de acero y los apoyos se oxiden y el concreto se desprenda. Llevado para conducir el drenaje a un punto seguro para la descarga. Esto puede tomar la forma de un canal bajo las juntas con tuberías y caños.

Objetivo: Proporcionar el funcionamiento adecuado del sistema de junta y la seguridad para el usuario.

Equipo:

- Compresores de aire y martillos
- Equipo de soldadura
- Mezcladora

Material:

- Ensamblaje de la placa dentada o dedo.

Procedimiento:

- Retirar la presa y los soportes de acero, según sea necesario, cortando los anclajes o la presa con la antorcha de corte.
- Remueva el concreto que no está en forma por el corte de la sierra y el martillo.
- Colocar las formaletas para el concreto y el sistema de anclaje de la presa.
- Coloque la presa en su lugar.
- Colocar y finalizar el concreto.
- Completar el montaje de la presa o retirar los soportes temporales de transporte y de montaje según sea necesario.
- Coloque nuevo sello de compresión de neopreno, canal de drenaje o colector de agua según sea necesario.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 609. Reemplazo de juntas de expansión de puentes.

NP – 15 Juntas StripSeals

Descripción: Las juntas del sello de la tira se componen de extrusiones de acero y glándulas de neopreno impermeables. Se dan los detalles de dos juntas.

Objetivo: Proporcionar el funcionamiento adecuado del sistema de junta y la seguridad para el usuario.

Equipo:

- Equipo de soldadura.

Material:

- Articulación o componente modular de la presa

Procedimiento:

- Retire las secciones deterioradas de la glándula. Calentar el sello puede ser necesario para fundir adhesivos. Las herramientas especiales del fabricante del sello pueden facilitar la retirada y el reemplazo del sello.
- Realizar o reemplazar, según sea necesario, las secciones sueltas de la extrusión mediante la extracción y el reemplazo del concreto deteriorado.
- Reemplace el prensa estopas con herramientas adhesivas y especiales según las recomendaciones del fabricante.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 609. Reemplazo de juntas de expansión de puentes.

NP – 16 Fibra de carbono para refuerzo de la losa.

Descripción: La hoja de fibra de carbono para sistemas de reparación y refuerzo de concreto armado consiste en una combinación de material de refuerzo de fibra de carbono y resina adhesiva, tales como epoxis y otros materiales. Este producto compuesto está destinado a mejorar la capacidad de la losa de concreto y prolongar su vida útil. La función de la resina es servir como unión adhesiva sobre la superficie del concreto y facilitar la transferencia de esfuerzos hacia y desde la hoja de fibra de carbono.

Criterio: El sistema de refuerzo correspondiente para la losa de concreto estará constituido generalmente por capas de refuerzo de hoja de fibra de carbono tejida (CFS), unida a la superficie del concreto con adhesivo epóxico.

La disposición continua se utiliza comúnmente durante la fase inicial de la aplicación de unión CFS en la parte inferior de la losa. Sin embargo, en la mayoría de los casos observados, se encontró aire atrapado que no se podía liberar fácilmente, en el CFS instalado. Estos huecos de aire reducen el enlace.

Fuerza entre el CFS y la superficie del concreto y debe ser exprimido hacia fuera por el rodillo. Mientras tanto, en la superficie de la cuadrícula, CFS no cubre totalmente la superficie requerida. En su lugar, el CFS se instala en el método de tipo correa en ambas direcciones. Según los resultados experimentales, la eficacia del segundo sistema es casi igual que la disposición continua. Además, el aire atrapado en el segundo sistema puede extraerse fácilmente usando un rodillo. Por lo tanto, en este manual, se recomienda la disposición de la red considerando su facilidad de aplicación, su menor costo y su eficacia aceptable. La lámina de fibra de carbono debe aplicarse como dos capas en las direcciones longitudinal y transversal.

Objetivo:

Reforzar la losa para que este alcance más o mantenga su capacidad de resistencia.

Materiales:

- Productos de fibra de carbono

Materiales Epóxicos

- Imprimación epóxico
- Masilla epoxi
- Adhesivo de resina epóxico

Equipo:

- Compresor de abrasivo
- Compresor de aire
- Metabo (pulidora)
- Generador portátil
- Rodillo de pintura / cepillo

Procedimiento:

- Preparación de hormigón. El triturador de disco o el chorro de arena abrasivo se utiliza para limpiar y alisar la superficie del concreto.
- Aplicación de Primer. La superficie está recubierta con una resina de imprimación para aumentar la resistencia de la superficie del concreto y mejorar su unión con el CFS.
- Ajuste de Desigualdad con Masilla. Los espacios cóncavos, poros, huecos en la superficie del concreto deben ser alisados con masilla epóxica.
- Aplicación de la resina epóxica para la capa inferior. Cuando la masilla epoxi se vuelve libre de pegajosidad, se aplica resina epoxi al hormigón, actuando como adhesivo para unir el CFS. El material compuesto moldeado se consigue cuando la resina penetra en el CFS.
- Instalación de la capa longitudinal CFS. Las tiras de CFS correctamente alineadas se instalan en dirección longitudinal a la superficie del concreto recubierto con adhesivo. Presione la hoja de fibra de carbono usando un rodillo de plástico desde el centro hacia el borde.
- Instalación de la capa transversal CFS. Las bandas CFS correctamente alineadas se instalan en dirección transversal a la superficie de concreto recubierto con adhesivo. Presione la hoja de fibra de carbono usando un rodillo de plástico desde el centro hacia el borde.

- Para una impregnación completa, el aire atrapado es expulsado de las tiras usando un rodillo, antes de que el adhesivo se endurezca. No aplique el rodillo contra la dirección del CFS colocado para evitar dañar el material.
- Protección de superficie. Por razones de seguridad, se puede aplicar un recubrimiento de protección contra incendios a la superficie acabada.

Especificaciones de CFS

- Peso de fibra de carbono
- Resistencia a la tracción ASTM D3039
- Resistencia a la tracción por superposición ASTM D3039
- Tracción del Concrete ASTM D7234

Especificaciones de la resina epóxica adhesiva para CFS

- Viscosidad ASTM D2393
- Módulo de Elasticidad ASTM D695M
- Enlace de cizallamiento inclinado al concreto ASTM C882
- Fuerza de unión al concreto ASTM D7234

NP – 17 Inyección epóxica

Descripción: Este método implica reparaciones de grietas a estructuras de concreto, particularmente a la losa de concreto. Los trabajos incluyen la preparación de la superficie del concreto, la inserción de accesorios de tubería pegados con adhesivo, la inyección de epóxico, el curado y la prueba de rendimiento de conducción. La inyección de epóxico para grietas de hormigón requiere un proceso altamente calificado y su eficacia depende principalmente de la competencia del aplicador certificado. Los materiales y herramientas de inyección desarrollados por el proveedor o fabricante deberán estar en conformidad con las normas ASTM o equivalentes.

Objetivo: La inyección de epoxi se utiliza para restaurar la solidez estructural de estructuras que exhiben grietas inactivas. Las fisuras con más de 0,3 mm hasta 3,0 mm de ancho se pueden unir y sellar inyectando epoxi de baja viscosidad.

Equipo:

- Bomba o pistola de inyección de epoxi
- Rectificadora / cortadora de discos de potencia
- Generador portátil
- Cepillo, etc.

Materiales:

- Resina epóxica para inyección
- Adhesivo de Resina Epóxica
- Sellador (masilla epóxica)
- Juego de herramientas de inyección
- Limpieza de grietas.

Procedimiento:

- Todos los residuos sueltos como suciedad, partículas finas de concreto y contaminantes (aceite, grasa, etc.) deben eliminarse de las grietas utilizando agua de alta presión o un disolvente especial y eficaz. Eliminar el agua residual o solvente en la grieta con filtro (polvo y libre de aceite) aire comprimido y permitir tiempo de secado.
- Fijación de la tubería de ajuste. Los accesorios de tubería se unen con el adhesivo al centro de la grieta para inyectar epóxico. El espaciamiento de los tubos varía entre 150 mm y 500 mm, dependiendo de la anchura y profundidad de las grietas. La primera y la última conexión de tubería se fijan en o cerca de la parte inferior y superior.
- Sellado de grietas en la superficie. Utilizando una correa de 5 cm de ancho, el sellador epoxílico se aplica en el área alrededor del racor de la tubería y se agrieta, permitiendo que se endurezca.
- Montaje del inyector. Conecte el terminal del inyector a los accesorios de tubería.
- Inyección de epoxi. Se inyectará epoxi con pistolas de inyección de epoxi activadas por aire. La inyección se realiza en la conexión de tubería. La duración de la operación de inyección deberá estar de acuerdo con las instrucciones del proveedor.
- Si la grieta es vertical, comience la inyección de epóxico en la conexión de tubería más bajo, Hasta que el epóxico exuda de la conexión de tubería arriba. Para grietas horizontales, la inyección de epóxico se lleva a cabo de un extremo a otro de la grieta, de una manera similar.
- Curado de material inyectado. Después de sellar la grieta, retire los racores de tubería que sobresalen y rellene los orificios con un compuesto epóxico. Se aplicará recubrimiento superficial, cuando sea necesario en el proceso.

Especificaciones de la resina epoxi para inyección a la superestructura

- Viscosidad /ASTM D2393
- Uso del epóxico en el concreto ACI 503R
- Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Concreto ACI 224

NP – 18 Junta asfáltica (Asphaltic plug joint)

Descripción: La calidad y el mantenimiento de las juntas de dilatación son vitales para el comportamiento de los puentes y su durabilidad. Por consiguiente, se debe asegurar que las juntas de dilatación sean impermeables y resistentes a fugas. En el caso del asfalto sellante, el sellador se daña fácilmente debido a la carga del tráfico y al envejecimiento.

El movimiento de un tramo de puente de 20 m debido a cambios de temperatura es de $12 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C} \times 20 \text{ m} \times (\pm 10 ^\circ \text{C}) = \pm 2,4 \text{ mm}$ y el movimiento del mismo tramo debido a la carga de tráfico es aproximadamente menor Superior a 5 mm. El movimiento total de un puente de 20 m de espesor es inferior a $\pm 10 \text{ mm}$. Con estas consideraciones, la medida de reparación más adecuada para el sellador de asfalto dañado es la instalación de una junta de tapón asfáltico.



Figura 73: Junta Asfáltica

Fuente: (JICA , 2012)

Las juntas de enchufe asfáltico se aplican principalmente en puentes RCDG y puentes de viga de acero sobre rodamientos fijos.

Objetivo: Proporcionar el funcionamiento adecuado del sistema de junta y la seguridad para el usuario.

Equipo:

- Cortador de Concreto
- Martillo eléctrico de impacto / pequeño martillo neumático
- Quemador de gas
- Mini horno de asfalto
- Acabado superficial

Materiales:

- Marco de acero (soldado con varilla de anclaje)
- Anclaje de hormigón con barra de acero
- Hoja de expansión
- Asfalto flexible (asfalto-caucho, ver foto 8-3)

Procedimiento:

- Desmonte el sellador de juntas de asfalto dañado existente. El sellador dañado debido al tráfico pesado, el envejecimiento, etc. serán desmontados.
- Picar el concreto, los bordes del concreto para instalar marco de acero y para insertar el formulario para estrechar la brecha. (El espacio adecuado para la junta sin soldadura es inferior a 25 mm)
- Instalar la estructura de acero. El armazón de acero se fabricará con el marco de la caja y el armado. Este marco se fijará mediante soldadura entre el anclaje de concreto y la armadura.
- El asfalto flexible se vertió en los bordes astillados. La altura de vertido es la mitad del espesor total.
- Instalación de la hoja de expansión. La hoja de expansión se extenderá sobre la primera capa de asfalto flexible.
- Asfalto flexible que vierte

El asfalto flexible (virutas de asfalto-caucho) se verterá como segunda capa. La superficie del asfalto flexible no debe ser compacta ni apisonar hasta que disminuya la temperatura.

Especificaciones del asfalto

- Densidad ASTM D1188
- Deformación ASTM D1559
- Flexión ASTM D4123-82

NP – 19 Extensión del asiento del apoyo

Descripción: Normalmente, los cojinetes transmiten todas las cargas (carga muerta, carga viva, presión del viento y otras) desde la superestructura hasta la subestructura. En consecuencia, la reacción se concentra cerca del asiento del apoyo. Esto a veces causa daños en el asiento del apoyo. Si se encuentran estos defectos, el concreto dañado debe ser removido completamente. Las barras de anclaje se conectarán al asiento de apoyo existente para extender la anchura del asiento en consecuencia. El concreto sin contracción se verterá finalmente en el asiento extendido.

Criterio:

Los apoyos a veces se instalan cerca del borde del concreto. Hay casos en que estos bordes se rompen debido a las reacciones del apoyo a las cargas de impacto de tráfico. Esto significa un riesgo de colapso de la superestructura a medida que se reduce el asiento del apoyo requerido. Por lo tanto, este método de reparación está destinado a eliminar dicho riesgo extendiendo adicionalmente el asiento de apoyo existente.

Los materiales requeridos

- Imprimación a superficie de concreto (adhesivo epóxico)
- Barra de anclaje / acero estructural y concreto.

Herramientas / equipo requerido

- Taladro eléctrico,
- Vibrador eléctrico de concreto
- Mazo (martillo) o perforadora de concreto eléctrica.

Procedimiento:

- La delaminación debe ser eliminada completamente por martillazos o perforaciones eléctricas. Los orificios para la barra de anclaje se perforarán utilizando un dispositivo de perforación eléctrica. El taladrado de los orificios debe realizarse con cuidado para evitar dañar los refuerzos existentes.
- El orificio perforado se llenará con adhesivo epóxico antes de colocar completamente las barras de anclaje requeridas.
- Después de que las barras de anclaje se unen con los orificios perforados, se colocan barras de refuerzo nuevas, conectadas a las barras de anclaje, para la extensión propuesta del asiento de apoyo.
- Encofrados. El encofrado y los soportes temporales necesarios se fijan inmediatamente después de la Adherencia de capas al sustrato de concreto y refuerzo.
- A continuación, se vierte el concreto en la sección conformada. Después de que el hormigón esté completamente en su lugar, Acabado y curado. La superficie renderizada debe coincidir con la de la estructura existente. Los encofrados serán finalmente desmantelados.

Especificaciones:

Sección 552. Concreto Estructural. La obra de concreto reforzado, La fabricación, transporte y colocación de concreto se deben cumplir todas las recomendaciones del American Concrete Institute (ACI Instituto Americano Del Concreto) contenidas en el informe del comité ACI - Especificaciones para Concreto Estructural para Edificios, última revisión.

Normativa de la America Society for Testing and Materials (ASTM - Sociedad Americana para Pruebas de Materiales).

Concreto de alta resistencia, con una resistencia a la comprensión a los 28 días de $f'c = 580 \text{ kg/cm}^2$ (aditivo incursante plasticante e incursor de aire a la mezcla el cual deberá ser aprobado por el inspector.) (Mortero expansivo de alta resistencia).

NP – 20 Elevación de vigas (JACK-UP GIRDER)

El método de elevación de la viga se aplica para el reemplazo de los apoyos y el reordenamiento del apoyo existente. El cálculo de la reacción jack-up será responsabilidad del Ingeniero Estructural designado. Una vez que se ha determinado la cantidad y capacidad requeridas de los gatos hidráulicos, este método de reparación deberá progresar. También se proporcionarán los andamios requeridos. El dispositivo jack-up y los soportes temporales y el soporte de la base del gato se fabricarán e instalarán debajo de la viga de concreto y de acero, cerca de las ubicaciones de los rodamientos. Para las vigas de acero, el refuerzo del gato debe ser soldado en la posición apropiada antes de continuar con el levantamiento de la viga. Durante las operaciones de elevación, el tráfico puede permanecer abierto, pero con velocidad y caudal restringidos para mantener la seguridad. La operación se realizará simultáneamente para todas las vigas. La altura a elevar en un movimiento cíclico debe limitarse a menos de 5 mm para garantizar que se transmitan reacciones constantes desde todas las vigas. El procedimiento de elevación se repetirá hasta que los cojinetes existentes sean accesibles para el desmontaje. La altura ideal del gato puede alcanzar entre 10 mm y 20 mm.

Materiales:

- Nuevos apoyos, (si el propósito es reemplazar los apoyos)
- Perno de anclaje epóxico para soporte de base de jack
- Material de apoyo temporal para elevar el movimiento
- Pintura (si es necesario)

Equipo:

- Gato hidráulico
- Máquina de soldar
- Martillo
- Martillo neumático eléctrico para astillado
- Perforadora de concreto

Descripción:

El procedimiento del método Jack-up para la sustitución de rodamientos se presenta en los siguientes puntos:

- Montar los andamios
- Observación y medición de la limpieza de rodamientos y sitios existentes
- Fabricación de refuerzo del rodamiento, soporte temporal y soporte de la base del gato
- Instalación del soporte de la base del gato
- Instalación del soporte de la base del gato y soldadura del rigidizador del apoyo
- Operaciones Jack-up
- Picar la base existente del apoyo de concreto
- Eliminación de apoyos existentes
- Suministro de nueva base de apoyo
- Instalación de una nueva base de apoyo
- Instalación de nuevo apoyo
- Operaciones de reducción
- Verificación de medidas y acabados
- Pintura
- Desmontaje, soporte de base y andamios

Procedimiento:

Viga de concreto

- Preparación de materiales, equipos y limpieza del sitio El andamio se instala para preparar el método de elevación para continuar. El soporte de la base del gato deberá ser fabricado y aprobado por el Ingeniero.
- Instalación del bastidor de la base del gato El soporte de la base del jack se instala usando un anclaje epóxico a través de orificios perforados para los pernos de anclaje. El gato hidráulico con la capacidad proporcionada por el ingeniero estructural designado se fija sobre el soporte de la base del gato.
- Las operaciones de elevación se realizarán simultáneamente para todas las vigas. Para esta condición, la altura de elevación se limita a 5 mm para cada movimiento de elevación. El método se repite gradualmente hasta que se alcanza una altura de elevación suficiente para permitir el desmontaje del cojinete existente.

- Se quita la base existente del apoyo, se desconecta para desmontar los apoyos existentes. Se mantendrá una pendiente entre la aproximación del puente y la junta de dilatación para el paso del tráfico durante las operaciones de elevación.
- Para la nueva base de apoyos se colocarán barras de reborde adicionales. Después de que el concreto esté completamente colocado, se instalarán nuevos cojinetes de caucho en la base del rodamiento. Durante esta operación, la viga deberá estar apoyada temporalmente. La medida de altura, ubicación deberá ser cuidadosamente verificada por un inspector designado
- Si el nuevo apoyo instalado se determina satisfactorio, comenzarán las operaciones de bajada. Es importante mantener la seguridad durante esta operación. El descenso se llevará a cabo gradualmente mientras se retiran cuidadosamente los miembros de soporte temporales.
- Si el soporte temporal toca la superficie inferior de la viga durante las operaciones de bajada, la placa base del gato se cambiará con un grosor menor.
- Si el soporte temporal sigue tocando la superficie del concreto, desmonte el gato y quite gradualmente la placa base del gato.
- El soporte temporal se retirará de la superficie del concreto elevándolo ligeramente. El soporte temporal se desmontará gradualmente para cada movimiento de bajada de 5 mm
- Una vez que la viga de concreto se apoya completamente en los apoyos durante el movimiento de elevación, se medirá inmediatamente la posición exacta entre la viga y el cojinete. Si las dimensiones son aceptables, el gato se puede desmontar completamente
- La medición de la verificación se realizará para asegurar la altura final y la ubicación exacta de todas las posiciones de los apoyos. Si no es satisfactorio, las operaciones de re-jack se repetirán para realizar ajustes.
- Los gatos y los materiales de apoyo temporales deberán ser desmantelados
- El sitio de limpieza y asegúrese de que las medidas son aprobadas por el ingeniero de los materiales, el equipo y la limpieza del sitio.

Viga de acero

- Preparación de materiales, equipo y limpieza del sitio. El Andamio se instala para preparar el método jack-up para continuar. El soporte de la base del gato deberá ser fabricado y aprobado por el Ingeniero.
- Soldadura de refuerzos temporales. Los rigidizadores de goma se soldarán a ambos lados de la placa de banda. El soporte de la base es Instalado con el ancla epóxico instalado en los agujeros taladrados para los pernos del ancla.
- Levantamiento. Para todas las vigas se realizarán simultáneamente operaciones de elevación. Para esta condición, la altura de elevación se limita a 5 mm para cada movimiento de elevación. El método se repite gradualmente hasta que se alcanza una altura de elevación suficiente para permitir el desmontaje del apoyo existente.
- La base de apoyo de concreto está desconectada para desmontar los apoyos existentes. Se mantendrá una pendiente entre la aproximación del puente y la junta de expansión para el paso del tráfico durante las operaciones de elevación.
- Se deberán disponer barras de reborde adicionales para la nueva base de apoyos. Después de que el concreto esté completamente colocado, se instalarán nuevos apoyos de caucho. Base del apoyo. Durante esta operación, la viga deberá estar apoyada temporalmente. La medición de la altura, ubicación debe ser cuidadosamente verificada por un inspector designado.
- Si el nuevo apoyo instalado se determina satisfactoriamente, las operaciones de bajada comenzarán. Es importante mantener la seguridad durante esta operación. La bajada se llevará a cabo gradualmente mientras se retiran cuidadosamente los miembros de soporte temporales.
- Si el soporte temporal toca la superficie inferior de la brida inferior durante las operaciones de bajada, la placa base del gato se cambiará con un grosor menor. El movimiento se extenderá hasta el crucero. Estos pasos serán Repetida en ciclo. Por motivos de seguridad, cada carrera debe mantener una altura inferior a 5 mm.

- Si el soporte temporal sigue tocando la brida inferior, desmonte el gato y quite la placa base del gato gradualmente. El soporte temporal se retirará de la viga de acero elevándolo ligeramente. El soporte temporal se desmontará gradualmente cada 5 mm.
- Una vez que la brida inferior finalmente descansa completamente sobre los cojinetes durante la elevación Abajo, se medirá inmediatamente la posición exacta entre la viga y el cojinete. Si las dimensiones son aceptables, el gato se puede desmontar por completo.
- Inspección de la medición. La medición de la verificación se realizará para asegurar la altura final y Ubicación de todas las posiciones de los apoyos. Si no es satisfactorio, las operaciones de repetirlo para realizar ajustes.
- Desmontaje de gatos y soportes temporales. Los gatos, los materiales de apoyo temporales deberán ser desmontados. Pinte la porción de acero, si es necesario. Desmonte los andamios instalados.
- Finalización. Limpieza y asegurar que las mediciones son aprobadas por el Ingeniero

NP – 21 Reparación de apoyos de acero

Descripción: Debido al deterioro de la impermeabilización en juntas del puente a lo largo de los años, los apoyos de acero debajo de la superestructura están sometidos a corrosión.

Los apoyos sirven como interfaz entre la viga y la subestructura. La separación entre la superficie inferior de la viga y el nivel superior del asiento del rodamiento suele ser estrecha, lo que dificulta el repintado de los apoyos. Sin embargo, es necesario asegurar que la condición sea seca y satisfactoria antes de realizar cualquier preparación superficial. Si se requiere preparación de la superficie del primer grado, se aplicará una imprimación epoxíca rica en zinc y pintura de aluminio de poliuretano. Mientras tanto, la imprimación de polímeros de epoxi y pintura de aluminio de poliuretano se aplicará para la preparación de la superficie del 2º grado. Finalmente, si es necesaria la preparación de la superficie del 3er grado, se proveerá pintura anticorrosiva especial.

Criterio: los apoyos de acero estarán sujetos a repintado si existe corrosión severa observada o pérdida de sección de más del 20%.

Materiales:

- Imprimación de base rica en zinc
- Pintura de Aluminio de Poliuretano - La pintura de aluminio estará compuesta de polvo de bronce de aluminio o pasta de la finura y composición requerida a la que se añadirá la cantidad especificada de componente de agente.
- Más delgada.
- Imprimación epoxi modificada.
- Pintura anti-corrosión especial.

Equipo:

- Aerosol de chorro de agua, tanque de agua, manguera de agua, cepillo y generador para lavar el apoyo.
- Cepillo de alambre, rascador, amoladora de disco eléctrico, máquina de chorro de arena, compresor de aire y generador para la preparación de la superficie.
- Pincel y rodillo de pintura.

Procedimiento:

- Los andamios deben ser instalados para acceder a los apoyos, y por razones de seguridad.
- Preparación de la superficie para el apoyo de acero. La preparación de la superficie para los apoyos de acero es necesaria para el repintado necesario. La preparación de 1er Grado se destina a la superficie de acero severamente corroída, donde la máquina de chorro de arena se utiliza para lograr cerca de la superficie blast blanco. La preparación del segundo grado es para la superficie de acero bastante a corroída mal donde el molino de disco eléctrico será necesario quitar la película de revestimiento restante. Por último, la preparación de tercer grado se aplica a las superficies en las que sigue habiendo una película de revestimiento acústico. La limpieza es para esta preparación requiere cepillo de alambre, raspador y amoladora de disco eléctrico. Durante la eliminación de la película de revestimiento, es importante asegurarse de que las obras no tienen impactos al medio ambiente, ya que podría dispersar el polvo, la suciedad y la escala que pueden contener plomo y otros elementos dañinos.
- Pintura. La pintura se aplica principalmente con el uso de pincel y rodillo de pintura. Estas herramientas son amigables con el medio ambiente y ahorrar costes. El control de calidad de la pintura debe ejecutarse estrictamente para mantener el espesor requerido de la película de revestimiento. Medición del espesor de la película de revestimiento después de que se seca fácilmente se puede hacer utilizando el medidor de espesor

Especificaciones:

- **Sección 610.** Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo de puentes, y Sección 614. Retiro y reposición de pernos, pines y tornillos de alta resistencia en puentes.

NP – 22 Limpieza, reparación y protección del acero de refuerzo.

Descripción: El acero de refuerzo corroído o daños en el acero va en relación al concreto dañados. Siempre que las varillas se corroen, pierden sección valiosa, reduciendo la capacidad de soportar cargas. Se aconseja colocar capas protectoras o usar otros medios para prevenir.

Objetivo: la remoción de la acumulación de óxido es de gran importancia para el éxito a largo plazo de la superficie.

Criterio: El acero de refuerzo corroído, encontrado en el proceso de reparación, exige que el concreto sea removido alrededor de la circunferencia total de la varilla. Esto permite que se limpie el acero de refuerzo y que se coloque un material uniforme alrededor de él.

Los óxidos excesivos y otros materiales inhibidores de adherencia deben ser removidos por un método de limpieza aceptable.

Materiales:

- Epóxicos encapsuladores o aisladores de corrientes eléctricas. (protección catódica)

Equipo:

- Aerosol de chorro de agua, tanque de agua, manguera de agua, cepillo y generador.
- Cepillo de alambre, rascador, amoladora de disco eléctrico, máquina de chorro de arena, compresor de aire y generador para la preparación de la superficie.
- Pincel y rodillo de pintura.

Procedimiento:

- Debe de removerse toda la herrumbre y las escamas de la varilla de refuerzo para promover la máxima adherencia con los materiales de reparación. Puede acumularse un ligero óxido muy adherido después de la limpieza. Esto usualmente no representa ningún detrimento a la adherencia. Si se está aplicando una capa protectora a la varilla de refuerzo, deben seguirse las indicaciones del fabricante para la preparación de la superficie.
- Limpieza con agua a alta presión (3,000 a 10,000 psi) (20.7 a 69 MPa). Limpiar la superficie del concreto y el acero, removiendo los materiales no sanos. El agua mezclada con arena limpia más rápido y da como resultado una superficie áspera que promoverá una mejor adherencia con los revestimientos o con los materiales de reparación.
- Limpieza con sopleteado abrasivo, los abrasivos mezclados con aire presurizado y proyectado a través de una boquilla son el mejor método para obtener superficies limpia y perfilada. Los desechos (polvo) transportados por el aire generan un problema ambiental cuando se usa este método. Puede agregar agua a la boquilla para reducir el polvo en este proceso.
- Cepillos de alambre eléctrico es una herramienta efectiva para remover el óxido no deseado de las superficies de acero. El cepillado con alambre es una operación muy lenta e ineficiente.
- Las varillas dañadas durante las operaciones de remoción o con una pérdida crítica de sección pueden requerir su reparación o su reemplazo
- Se pueden aplicar métodos como la encapsulación, se logra encapsulando la varilla con epóxico o asilándola contra corrientes eléctricas. Por protección catódica/ánodo de sacrificio, las protecciones de las varillas contra la corrosión pueden lograrse recubriéndolas con un metal de sacrificio. Usando el Zinc como propósito para este método. Protección catódica/corriente impresa. La protección se logra re revirtiendo el flujo de corriente eléctrica que causa el proceso de corrosión.
- En ciertas ocasiones pueden aplicarse recubrimientos especiales para agregar protección adicional al acero de refuerzo. (Protección del acero de refuerzo)
- El acero de refuerzo esta naturalmente protegido contra la corrosión cuando está cubierto de ambiente alcalino de concreto de buena calidad.

Especificaciones:

- Reemplazo completo de la varilla (La longitud del traslape debe determinarse de acuerdo con ACI 318)
- Si el acero de refuerzo ha perdido más de 25% de su sección transversal (o 20% si dos o más varillas adyacentes son afectadas), entonces se requiere la reparación del acero de refuerzo.

NP – 23 Junta de juntas de puente – Mezcla caliente (Hot Pour)

Descripción: El sellado de las juntas de puente o de cubierta con material de vertido caliente debe ser usado en todos los extremos de puente que se apoyan contra pavimentos de asfalto o en concreto a juntas de concreto de 1 ½ pulgadas o menos de ancho y que no presentan movimiento significativo.

Objetivo: Proporcionar el funcionamiento adecuado del sistema de junta y la seguridad para el usuario.

Equipo

- Aplicador de sellador (Sealant Melter)
- Compresor de Aire
- Rodillo (Backer Rod Roller)

Materiales

- Crafcó AR Plus o aprobado iguales. (Mezcla en caliente)
- Barra de soporte resistente al calor (Backer rod)

Procedimientos:

- Realice cualquier reparación en la junta, según sea necesario, antes de intentar hacer cualquier trabajo de vertido caliente.
- Usando herramientas manuales u otro equipo como sea necesario, limpie tanto como sea posible el sellador y escombros antiguos hasta una profundidad de tres veces el ancho de la junta.
- No aplique material sobre caras de juntas mojadas o húmedas. Si queda alguna humedad en la junta, seque con compresor de calor o aire comprimido. Para juntas mayores de una pulgada, instale la varilla de soporte a una profundidad de una pulgada por debajo de la superficie de la carretera. Para juntas de menos de media pulgada, no se requiere barra de apoyo. La varilla de apoyo puede instalarse a mano, pero se puede construir fácilmente un dispositivo de barra de soporte de calor, para facilitar la colocación. Este dispositivo no sólo acelerará la instalación, sino que también asegurará un respaldo consistente y uniformemente colocado a la profundidad adecuada. En los casos en que el pavimento está defectuoso o donde se puede anticipar la molienda de superficie futura, la varilla de soporte (y el sellador) pueden instalarse más profundamente de lo normal; Sin embargo, el espesor del cordón de sellado no debe aumentarse.
- Limpie el área con aire comprimido. Aplique el sellador en la junta según las recomendaciones del fabricante. El relleno correcto de una junta se muestra en la siguiente figura.
- Si el tráfico tiene que girarse sobre el área antes de que el sellador de juntas pueda establecerse apropiadamente, rocíe el sellador con una mezcla de agua y jabón y restaure el paso.

Seguridad: Procedimientos típicos de la zona de trabajo según sea apropiado para un sitio específico.

Especificaciones: Sección 609. Reemplazo de juntas de expansión de puentes.

4.11. Materiales y nuevas tecnologías para reparaciones de elementos o sus reemplazos.

Los materiales que se requieran para las actividades estarán sujetos a los lineamientos del fabricante.

4.11.1. Reemplazó del concreto:

Se debe de utilizar concreto de alto rendimiento y calidad: Estos deben de ser métodos de reemplazo por medio de resinas de mortero, concreto de alta durabilidad con impermeabilidad y alta resistencia inicial, que tenga una trabajabilidad amplia y una muy buena fluidez en su colocación.

- Material de adhesión entre el concreto de la losa y el concreto nuevo, que logre la correcta transmisión de cargas estructural. Y tenga una unión de alta resistencia e impermeabilidad al concreto.
- Cementos o aditivos que logre minimizar la retracción del concreto para una mayor durabilidad.
- Aditivos inhibidores de corrosión, evita la corrosión del concreto reforzado. Aplicándolo por encima del concreto.
- Aditivos para el curado del concreto, que logren acelerar su resistencia.
- Utilizar aditivos que aceleren el endurecimiento, para agilizar el proceso de hidratación. Acelerando el fraguado del concreto.
- Aplicación de aditivo o mortero de alta resistencia inicial para la reducción de tiempos de curado.
- Mortero para reparaciones de alta resistencia y rápido fraguado.
- Aplicación de aditivos que logren la reducción de agua y logre plasticidad para proporcionar una mayor resistencia y controlar la trabajabilidad del concreto.
- Aditivos que logren tiempos de trabajabilidad sin necesidad de vibrados.
- Aditivo que incremente la estabilidad y cohesión de la mezcla, que disminuye el riesgo de segregación por las condiciones de transporte o de puesta en obra.

4.11.2. Reparaciones del concreto:

Materiales que logren la compatibilidad del sistema completo y que no logre fisuras y sea de aplicación fácil y sencilla.

- Mortero de reparaciones rápidas y aplicaciones cortas para la impermeabilización.
- Material de adhesión epóxicos entre el concreto de la losa y el concreto nuevo, que logre la correcta transmisión de cargas estructural. Y tenga una unión de alta resistencia e impermeabilidad al concreto.
- Mortero de reparación semifluidos a base de cemento y resinas sintéticas, para reparaciones de estructuras. Que logran fácil colocación y son autonivelantes que contengan altas resistencias mecánicas y rápido desarrollo de las mismas. Resistencias al agua, aceite y a la abrasión y que no afecte a las armaduras.
- Mortero de reparación estructural base de cemento, reforzado con fibras, baja contracción y que pueda ser aplicado a mano o por proyección.
- Morteros cementosos nivelantes, modificados con resina epóxica para regulaciones y sellos superficiales.
- Epoxico para grietas estructurales expuestas a la humedad.
- Morteros acrílicos, de fraguado acelerado y alto desempeño.

4.11.3. Refuerzo Estructural

Para los materiales de refuerzo de la estructura, estos deben de tener altas resistencias tracción o alto módulo de elasticidad, fácil de instalación y materiales resistentes a la intemperie, así como aplicación fácil para tiempos cortos de cierre de tráfico.

- Fibra de carbono reforzada polimérica, sistema de pultrusión, las cuales son láminas de polímeros reforzados con fibras de carbono fabricadas mediante pultrusión.
- Sistemas uní o bi direccional de tejido, los cuales se basan en fibra de carbono. Adherencia de placa de acero.
- Incremento de los espesores de la losa en la parte inferior o superior.
- Platinas CFRP, estas son platinas reforzadas con fibra de carbono producidas por procesos de pultrusión con propiedades del material para reforzamiento a flexión de estructuras con carga dinámica o estática.

4.11.4. Impermeabilización del concreto:

Materiales que logren el mínimo o nula permeabilidad en el concreto

- Adherencia bituminosa para asfalto en caliente.
- Membranas de aplicación líquida para impermeabilizar concreto.
- Sistemas de inyección basados en resinas acrílicas de poliuretano flexible
- Sistema de resinas epóxica de baja viscosidad. para fisuras estructurales y reparaciones de huecos. De baja viscosidad.
- Epóxico para grietas estructurales y no estructurales expuestas a la humedad.

4.11.5. Protección del concreto:

Estos materiales deben cumplir con la protección de la filtración de agua, cloruros y dióxido de carbono, así también altas resistencia contra la radiación UV, y resistencia a las variaciones de temperatura.

- Inhibidor de corrosión en superficie. Impregnación hidrófoba a base de siloxanos, incoloro, que sirven para protección de sustratos absorbentes expuestos al agua de lluvia. Penetrando en los poros abiertos y logrando impermeabilización y difusión del vapor.
- Inhibidor de corrosión de superficie. Impregnación de sellado de recubrimientos superficiales en el concreto el cual tiene una función de inhibidor pasivador de corrosión.
- Inhibidores de la corrosión
- Pintura bituminosa de carácter aniónico de muy alta fluidez.
- Ánodos galvánicos
- Pintura elástica para regulación y para tapar poros de concreto. Elevada en resistencia a la anticarbonatación.

4.11.6. Unión estructural

Materiales adherentes de concreto con aceros o materiales prefabricados.

- Adhesivo epóxico para unión estructural de concreto de alto rendimiento.
- Adhesivo estructural de resina para anclajes de alta resistencia, para varillas corrugadas.
- Mortero de resina epóxica de consistencia seca para reparaciones y fijaciones de distintos elementos.
- Mortero base cemento de gran fluidez, sin contracciones y altas resistencias.

4.11.7. **Protección del acero estructural**

Se recomiendan materiales y métodos estructurales que no ocasionen un daño estructural, Si es posible utilizar herramientas de localización o los planos estructurales para determinar la profundidad, tamaño, cantidad y ubicación aproximación. Y tengan como objetivo una barrera contra la corrosión y mejoren la adherencia del material de reparación.

- Pinturas de recubrimiento anticorrosivo para la protección del acero de refuerzo, y logren una mejor adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto nuevo
- Ánodos galvánicos discretos para la protección del concreto reforzado en puentes.
- Recubrimientos de mortero.

4.11.8. **Reemplazo de la losa**

Cuando la losa está en el colapso o su reparación requiere de costos muy elevados.

- Losa de concreto reforzado
- Losa de concreto reforzado prefabricado
- Losa prefabricada
- Losa de concreto semi-prefabricada
- Losa de acero
- Losa de rejilla

4.11.9. **Juntas de expansión**

- Sistema de sellado de altas prestaciones. Cuando se fija al soporte permite grandes e irregulares movimientos en más de una dirección, manteniendo un sellado de alta calidad. El cual consiste en una banda flexible e impermeable de Poliolefinas (FPO).
- Adhesivos para fijaciones.

4.11.10. **Materiales para el reemplazo de apoyos**

Materiales resistencia, durabilidad y transferencia de carga, así como también la adherencia en los materiales a unir o rellenar.

- Resinas epóxicas de rápido endurecimiento para uso bajo cargas dinámicas.
- Morteros de alta precisión.
- Mortero de nula contracción.
- Adhesivos estructurales de resina epóxica para anclajes de alto rendimiento
- Concreto elastómero de poliuretano.

4.12. **Reemplazo de los apoyos y juntas de expansión:**

Los apoyos en los puentes son dispositivos que transfieren fuerzas entre la superestructura del puente y la subestructura. Los movimientos provocados por la diferencia de temperatura, tal como el aumento de temperatura, hace que la estructura del puente se expanda y se contrae en su longitud. Durante la ocurrencia sísmica las fundaciones del puente toman las fuerzas y la transferencia a la estructura entera del puente que causa la vibración y los movimientos rigurosos. La estructura del puente también vibra y se mueve en reacción a las fuerzas del tráfico (Fasheyi, 2012).

Las causas del movimiento en el puente según Fasheyi, 2012 son:

- Movimientos debidos a contracción y temperatura del concreto.
- Movimientos debidos a cargas de tráfico.
- Movimientos debidos a la carga muerta.
- Movimientos debidos a fuerzas laterales que actúan sobre la estructura del puente tales como cargas de viento.

- Movimientos debidos a cambios de temperatura.
- Movimientos como resultado de asentamientos en apoyos (asentamientos uniformes y diferenciales).
- Movimientos como resultado de la presión del suelo en los pilares.
- Movimientos debidos a cargas horizontales tales como aceleración, frenado, fuerza de tracción.
- Movimientos como consecuencia de fuerzas de impacto tales como vehículos que chocan con estructuras de puentes (barandillas, bordillos, vigas de borde, etc.), vehículos que chocan con otros vehículos, barcos y barcos chocando con muelles.
- Movimientos como resultado de actividades sísmicas (terremotos, terremotos).

Así también resume las siguientes funciones de los apoyos:

- Conecta la superestructura del puente con la subestructura.
- Acomoda y transfiere fuerzas dinámicas y vibraciones sin causar desgaste o destrucción de la subestructura.
- Permite el movimiento de traslaciones, vertical o rotacional, del puente en reacciones a cargas.
- Controla el movimiento en la estructura del puente; dirección y grado.
- Asegura que las deformaciones, que ocurren en la superestructura del puente, no conduzcan a grandes fuerzas y momentos en la subestructura.
- Se puede utilizar para ajustar las propiedades dinámicas del puente.
- Los apoyos reducen el cizallamiento en los bastiones.

Están diseñados para actuar como protectores sísmicos que detienen y disipan energía durante terremotos y otras actividades sísmicas.

4.13. Reparaciones o reemplazo de apoyos.

El mantenimiento o reparación se realizan cuando el dispositivo ha perdido las funciones (rotación, movimientos de traslación, transferencia de fuerzas, etc.) y debe de realizarse de inmediato para corregir las fallas y el colapso de la estructura. Los problemas según Fasheyi, 2012 para realizar las reparaciones o el reemplazo pueden ser:

- Fallas en las conexiones y componentes de anclaje (remaches, pernos, soldaduras) que impiden el levantamiento y el corte.
- Corrosión masiva de los apoyos causando pérdida de sección.
- Desplazamiento del apoyo, desalineación visible y pérdida de componentes.
- En apoyos elastómericos, el caucho desgastado o claramente abombado.
- Apoyo inclinado como resultado de la alta carga de la superestructura.
- Apoyos dañados por actividades sísmicas, etc.

Según el Instituto americano del hierro y el acero (American Iron and Steel Institute) 2003, los procesos de selección de apoyos de puentes se dividen en 3 pasos: Definición de Requisitos de Diseño, Evaluación de Tipos de Rodamientos y Selección y Diseño de Rodamientos.

- **Primer paso:** en los requisitos de diseño se define la dirección y la magnitud de las cargas aplicadas, las traslaciones y las rotaciones utilizando las especificaciones de la metodología de diseño del puente como por ejemplo la AASHTO LRFD.

El puente y los apoyos han sido concebidos como un sistema consistente. En general, se evitan los desplazamientos verticales, se permite que las rotaciones se produzcan lo más libremente posible y en la horizontal.

Los desplazamientos pueden ser acomodados o evitados. Las cargas se distribuyen entre los apoyos de acuerdo con el análisis de la superestructura.

- **Segundo paso:** evaluación de los tipos de rodamientos. Para seleccionar el tipo de apoyo es importante identificar los tipos que satisfacen los requisitos de carga, traslación y rotación del puente. Basado en los costos iniciales más bajos y de mantenimiento.
- **Tercer paso:** la selección y diseño del rodamiento es el paso final en el proceso de selección. Consiste en completar un diseño del apoyo de acuerdo con las especificaciones de diseño del puente AASHTO LRFD. El diseño resultante proporcionará la geometría y otras especificaciones pertinentes para el apoyo. La selección final debe ser el sistema de apoyo con la combinación más baja de los costos y costos de mantenimiento o del reemplazo.

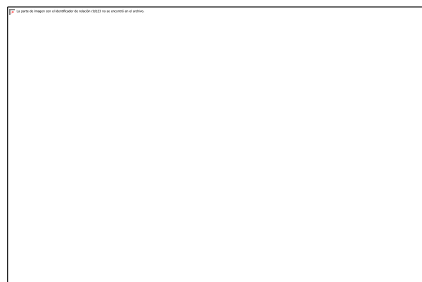
El CR-2010 en la Sección 564 especifica los accesorios de apoyos, el cual muestra la proveeduría e instalación de apoyos para puentes. El cual rige en el país de Costa Rica.

4.14. Tipos de apoyos

Los tipos de apoyo que clasifica el CR-2010 Son: elastoméricos, balancines, rodillos, placas deslizantes, apoyos tipo “pot”¹, esféricos y de disco. Adebowale Oladimeji , Fasheyi, (2012 explica los siguientes traducción propia:

4.14.1. Apoyo balancín

Un apoyo de balancín es un tipo de cojinete de expansión que viene en una gran variedad. Normalmente consiste en un pasador en la parte superior que facilita las rotaciones, y una superficie curvada en el fondo que acomoda los movimientos de traslación. Los cojinetes de eje y eje se utilizan principalmente en puentes de acero (Fasheyi, 2012).



*Figura 74: Apoyo balancín
Fuente: (Fasheyi, 2012)*

4.14.2. Apoyo de rodillos

Los apoyos de rodillos son similares a los apoyos de balancines en principio. Son aplicables para condiciones en las que se permite el movimiento longitudinal y donde se debe evitar el movimiento transversal y la rotación. Consisten en un cilindro en vez de un balancín entre la placa de la base y la placa de la albañilería. El cilindro de acero inoxidable para evitar rozamientos de fricción a medida que el cojinete toma fuerzas de la superestructura. Los apoyos de rodillos pueden estar en forma de un solo rodillo, obturador de rodillo y múltiples rodillos como se muestra en las figuras a continuación. Los rodillos se han combinado con el balancín para permitir más precisión en el movimiento (Fasheyi, 2012).

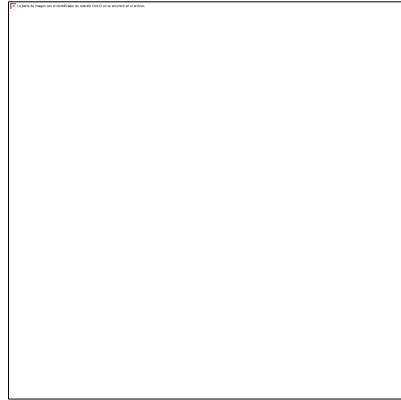


Figura 75: Apoyo de Rodillo
Fuente: (Fasheyi, 2012)

4.14.3. Placas deslizantes

Los apoyos deslizantes utilizan una placa plana de metal que se desliza contra otra para acomodar las traslaciones. La superficie de apoyo deslizante produce una fuerza de rozamiento que se aplica a la superestructura, la subestructura y el propio apoyo. Para reducir esta fuerza de fricción, el PTFE (politetrafluoroetileno) se usa a menudo como material lubricante deslizante. El PTFE se refiere a veces como Teflón, nombrado después de una marca extensamente usada de PTFE. Los apoyos deslizantes se pueden utilizar solos o más a menudo como componentes en otros tipos de apoyos. Los cojinetes deslizantes puros sólo pueden utilizarse cuando las rotaciones causadas por la deformación en los soportes son insignificantes. Por lo tanto, se limitan a una longitud de tramo de 15 m o menos por la ASHTTO (Fasheyi, 2012).

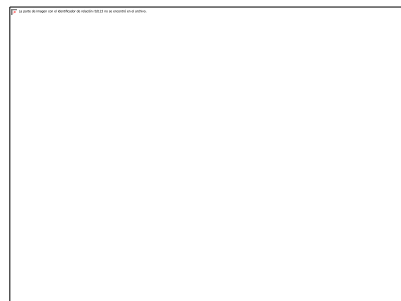


Figura 76: Apoyo placa deslizante
Fuente: (Fasheyi, 2012)

De los apoyos de acero se presenta las siguientes ventajas y desventajas.

VENTAJAS

- Los apoyos de acero son soluciones económicas, ya que pueden fabricarse fácilmente por fabricantes de acero.
- Los apoyos de acero se pueden instalar fácilmente.
- Los apoyos de acero se pueden utilizar donde hay espacio limitado para los cojinetes, por ejemplo, en un solo muelle delgado.

DESVENTAJAS

- Los apoyos de acero son relativamente caros, no hay disponibles y no son fáciles de adquirir.
- Fallas en las conexiones y componentes de anclaje (remaches, pernos, soldaduras) que impiden el levantamiento y el corte.
- Algunas piezas (superficies deslizantes, clavijas, etc.) requieren lubricación y pueden desgastarse, si no está bien lubricado.
- Elevación parcial y desgaste excesivo del acero.
- Inclinación bajo carga elevada.
- Todas las piezas funcionales son de acero, por lo tanto, el problema de la durabilidad, la oxidación y la corrosión que conduce a las restricciones en el movimiento.
- Grietas de superficies deslizantes de acero.
- La estructura del apoyo de acero, los lubricantes y los componentes atrapan la suciedad y la humedad, lo que conduce a la corrosión y congelación del apoyo.
- Coste de mantenimiento relativamente alto.

4.14.4. Apoyos elastomérico

Permite movimientos en todas las direcciones por deformación elástica y rotación alrededor de cada dirección permitiendo así la transferencia de fuerzas de un componente a otro. El bloque elastomérico puede ser de forma rectangular o circular. Un bloque elastomérico está hecho principalmente de elastómero (caucho natural o caucho sintético) que es capaz de recuperar su forma y dimensión inicial cuando se somete a cargas dentro de su rango elástico, pero al soportar elevadas cargas verticales se deforma verticalmente, lo que da lugar a un abombamiento del caucho. La deformación del caucho tiene que ser controlada para mantenerla dentro del rango elástico permisible. Una deformación excesiva puede resultar en un deslizamiento, por lo que es necesario que el bloque de caucho sea reforzado por placas de acero horizontales bajo cargas verticales elevadas. Las placas de acero evitan que el caucho se aplaste, el espesor y el número de placas de acero dependen de la magnitud de la carga vertical que soportará el apoyo. Las placas de acero se unen químicamente (algún material que adhiera sin que pierda las propiedades de los elementos) al caucho. Además, para evitar el deslizamiento entre el apoyo, la subestructura y la fricción de la superestructura tiene que ser controlado. Esto se hace añadiendo placas de acero de restricción añadidas al elastómero en la parte superior, inferior y lados del apoyo, que luego se conecta a las estructuras mediante pernos (Fasheyi, 2012).

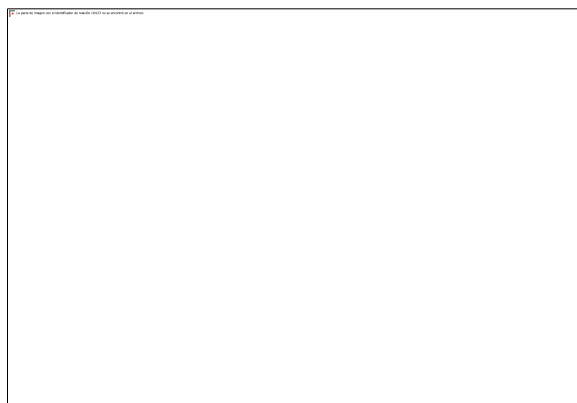


Figura 77: Apoyo elastómerico
Fuente: (Fasheyi, 2012)

VENTAJAS

- Los aceros de refuerzo están encerrados en un elastómero protegido contra la corrosión.
- Larga vida útil con poca necesidad de mantenimiento.
- Adecuado para la rotación de grandes rodamientos.
- Buen desempeño bajo actividad sísmica moderada.
- Costo moderado.

DESVENTAJAS

- Errores en el dimensionamiento que conduce a la placa deslizante demasiado corta, área insuficiente de laminación elastomérica, número insuficiente de placas de acero de refuerzo.
- Problemas debidos a una instalación inadecuada, como un anclaje insuficiente, una conexión inadecuada entre el apoyo, la subestructura y la superestructura.
- Defectos resultantes de la mala calidad del producto, tales como acero corroído, vulcanización inadecuada, mala calidad del caucho, etc., que conduce a la división, el deslizamiento, el agrietamiento del caucho.
- Abultamiento de caucho debido a compresión y rotación.
- Delaminación del refuerzo de acero como resultado de esfuerzos de cizallamiento cerca del borde del apoyo.
- Congelación y rigidez del caucho a bajas temperaturas.
- El problema de la fatiga como resultado de la temperatura cambia las propiedades del caucho con el tiempo.

4.14.5. Apoyo tipo POT

Consiste en un cilindro de acero poco profundo, o pote, en un eje vertical con un disco de neopreno que es ligeramente más delgado que el cilindro y ajustado firmemente adentro. Un pistón de acero encaja dentro del cilindro y se apoya en el neopreno. Se utilizan anillos planos para sellar el caucho entre el pistón y la olla. El caucho se comporta como un fluido viscoso que fluye como la rotación puede ocurrir. Dado que el apoyo no resistirá momentos de flexión, debe estar provisto de un asiento de puente uniforme (Fasheyi, 2012).

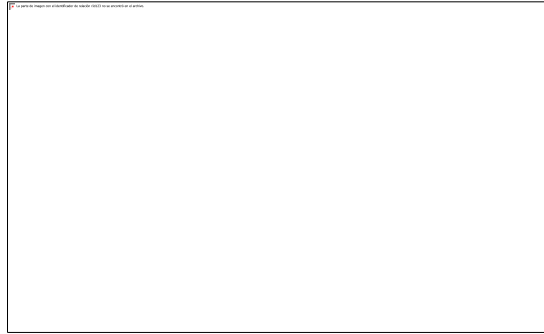


Figura 78: Apoyo tipo POT
Fuente: (Fasheyi, 2012)

VENTAJAS

- Pueden soportar una considerable carga vertical de hasta 30MN con poco espacio requerido, también se pueden obtener mayores capacidades dependiendo del diseño.
- Es satisfactorio en seguridad y operación.
- El diseño es simple, por lo tanto, la producción puede ser racionalizada.
- Genera menos fuerza en la elasticidad en comparación con otros tipos de apoyos.
- Distribuye cargas uniformemente a través de la estructura como resultado de la presión hidrostática desarrollada en el apoyo.
- Buena solución técnica cuando se requiere cierto nivel de desplazamiento y carga vertical, siempre que se empleen sistemas de deslizamiento adecuados.

DESVENTAJAS

- Capacidad de rotación limitada.
- Requiere alta precisión y exactitud en la instalación.
- Por lo tanto, las bajas tolerancias de fabricación requieren gran cantidad de recursos de fabricación y control de alta calidad durante la producción.
- Costo comparativamente alto, ya que requiere mucha precisión, control y exactitud.
- Aplastamiento del elastómero afectando de este modo la capacidad de rotación.

4.14.6. Apoyos esféricos

Los apoyos esféricos permiten movimientos tridimensionales. Están diseñados para cargas verticales, horizontales y laterales muy elevadas, también para grandes desplazamientos rotacionales.

Como los apoyos del pote, se pueden fijar, deslizamiento libre o deslizamiento guiado dependiendo del diseño. Los apoyos esféricos han sido estructuralmente mejorados y diseñados para su uso como:

- Apoyo de lanzamiento incremental; Aplicable para la construcción de puentes mediante el sistema de lanzamiento.
- Fuerza el rodamiento de medición; Para medir y monitorear las fuerzas que actúan electrónicamente sobre la estructura.
- Apoyo de protección del levantamiento; Para acomodar las elevadas cargas de levantamiento encontradas durante la construcción o la vida útil de una estructura.



Figura 79: Apoyo esférico
Fuente: (Fasheyi, 2012)

VENTAJAS

- Los apoyos esféricos son fáciles de instalar y pueden ser reemplazados fácilmente.
- Los cojinetes esféricos son rentables con respecto a sus capacidades.
- Se requiere mantenimiento limitado.
- Permite una mayor rotación en comparación con los cojinetes de bote, lo que lo hace adecuado para puentes susceptibles a grandes ángulos de giro y altas fuerzas de torsión tales como puentes anchos y curvos.
- No utiliza elastómero o caucho por lo tanto no hay problemas de envejecimiento del caucho que afectan a la rotación del rodamiento.
- Adecuado para temperaturas de bajo grado incluso para temperaturas tan bajas como -50°C .
- Adecuado para estructuras que soportan altas cargas verticales, frecuentes desplazamientos elevados del tráfico y para estructuras que requieren movimientos rápidos de los cojinetes, tales como puentes para ferrocarriles de alta velocidad.

DESVENTAJAS

- Son caros debido al tecnicismo en la construcción.
- Desgaste de PTFE.
- Corrosión de la placa deslizante de acero inoxidable,

Una variable importante en la selección del apoyo es su grado de movimiento o articulación. Los cuales pueden ser fijos, translacional, rotacional o móvil.

Tabla 52: articulación de los apoyos

Movimiento	Descripción	Tipo de apoyo
	Fijo en traslación, rotación en todas las direcciones.	Pot, esfera, disco, balancín, elastómero fijo
	Traslación en una dirección y rotación en todas direcciones.	Pot, Esfera, disco, elastómero restringido
	Traslación en una dirección, sin rotación.	Rodillo, placa deslizante, rodillo
	Traslación y rotación en todas las direcciones.	Pot, esferico, elastomero disco

Fuente: Traducción propia basado en Fasheyi, 2012.

4.15. Juntas de expansión:

La selección del tipo de junta de expansión se basa en el desplazamiento de la estructura. Los desplazamientos se basarán en las variaciones de temperatura.

Los desplazamientos publicados de un fabricante se basan generalmente en la diferencia entre las aberturas máximas y mínimas sin considerar la anchura mínima requerida de la instalación. Al determinar el desplazamiento, se debe tener en cuenta la anchura de instalación requerida para instalar el elemento de sellado (NCHRP, 2003).

Para los puentes sesgados, el movimiento transversal a lo largo de la articulación será el desplazamiento calculado a lo largo de la línea central del puente, por el seno del ángulo de inclinación. El desplazamiento longitudinal normal a la articulación será el desplazamiento calculado a lo largo de la línea central del puente por el coseno del ángulo de inclinación. Un ángulo de inclinación se define como el ángulo subtendido entre la normal a la línea central del puente y la alineación del pilar del puente o pilares (NCHRP, 2003).

El objetivo de una junta de puente es tener las siguientes características o propiedades:

- Impermeabilidad
- Que no requiera mucho mantenimiento.
- Capaz de disipar los movimientos de servicio y sismos.
- Que la vida útil sea extensa.
- Funcionalidad de servicio, manteniendo nivelada la superficie de rodamiento del puente, sin irregularidades. Como movimientos, ruidos o impactos.

En la elección de la junta los parámetros que hay que tener en cuenta según la asociación técnica de España, 2003 y del NCHRP 2003 son los siguientes:

- Rango de movimiento
- Alcance del puente
- Tipo de puente
- Rendimiento conjunto y experiencia previa
- Durabilidad
- Requisitos de mantenimiento
- Alineación de puente
- Detalles de juntas en bordillos, barreras de concreto o bordes de cubierta
- Costos iniciales
- Condiciones climáticas
- Vida útil conjunta esperada
- Tiempo de instalación
- Costos del ciclo de vida
- Tipo de soportes de puente
- Nivel de servicio

Es importante la Posibilidades de inspección y mantenimiento: Si el mantenimiento resulta poco viable deben instalarse juntas duraderas capaces de resistir situaciones anómalas en condiciones de deficiente conservación, con amplia garantía de durabilidad.

4.16. Tipos de juntas de expansión

Según el mopt en su lineamiento para mantenimiento de puentes los tipos de puentes son:

4.16.1. Junta Moldeada

Se utiliza en caso de puentes multi-tramos entre las secciones de la losa adyacentes.

El sellador moldeado en el campo (vertido en el lugar) fue uno de los primeros tipos utilizados cuando las agencias de transporte comenzaron a intentar hacer las juntas de la losa estancas. Tradicionalmente, se utiliza en tramos más cortos donde el movimiento de la articulación es de 5 mm (3/16 in.) O menos. Sin embargo, los fabricantes sugieren sistemas más nuevos para movimientos mayores dependiendo del tipo de material sellante. Este sistema normalmente incluye un material impermeable grueso, pegajoso y vertible que se coloca cerca de la parte superior de la junta como un sellador. El silicón es probablemente el sellante más común usado hoy en día. Un material de relleno premoldeado (barra de soporte) se coloca bajo el sellante para evitar que fluya a través de la junta. Después de que el sellante se moldea a la abertura, permanece flexible y se une a los lados de la junta (NCHRP, 2003).

4.16.2. Junta dentada

El alojamiento para movimientos mayores de 75 mm (3 in) es proporcionado por una articulación de dedo (también llamada diente). En la Figura 6 se muestra un detalle. Existen variaciones en el uso de este tipo de juntas. Como con todos los otros puntos abiertos, los costos iniciales son considerablemente menores que para una junta cerrada. Esta diferencia es mucho más significativa con una junta de dedo que con un sistema de junta modular. Que se analiza más adelante en este informe. Además, los sistemas de juntas modulares han experimentado significativamente más problemas de durabilidad.

En consecuencia, muchas agencias han optado por especificar las articulaciones de los dedos en tramos de puente más largos con un canal de drenaje para recoger el escurrimiento de la cubierta y agentes de corrosión. Se puede ver una articulación de los dedos con drenaje (NCHRP, 2003).

4.16.3. Junta de placa deslizante

Esta junta se compone de dos placas, las cuales se deslizan una sobre otra, esta placa usualmente no es impermeable, la cual se le agrega una lámina elastómerica para lograr que tenga impermeabilidad. Agregándola entre las dos placas. Los movimientos máximos de la placa está en 100 mm (4 pulgadas) (MOPT 2007)

4.16.4. Junta de sello acanalado

Esta junta está elaborada de dos materiales, la base y el sello que canaliza las aguas. La cual la primera consiste en una junta de expansión rellena mejorada, La parte superior es de 25 a 50 mm del tope de la losa. El espacio restante de la junta consiste en un canal sellador que es separado de la base por una barra de sostén. Es recomendada en estructura de tramos cortos, por su movimiento de 6 mm (NCHRP, 2003).

4.16.5. Sellos de compresión

Los sellos de compresión se basan en una sección de forma rectangular elastomérica de neopreno preformada continúa comprimida en la abertura de la junta para la anchura total de la cubierta del puente, para cumplir su función de impermeabilización. Se pueden acomodar movimientos de 5 mm a 60 mm (0,25 pulgadas a 2,5 pulgadas) con este tipo de junta. Los sellos de compresión de celdas abiertas se estrujan con una sección transversal semi hueca con nervaduras de neopreno internas diagonales y verticales, que se asemejan a una armadura, para permitir que la junta de junta se comprima libremente proporcionando estabilidad y

presión contra la cara de la junta durante el movimiento. La cara de la junta puede o no puede ser reforzada con armadura o material de polímero de hormigón (NCHRP, 2003).

4.16.6. Sellos Elastoméricos prefabricados (Sellos tablón)

Un sello tablón el cual es un refuerzo de neopreno que da soporte a las ruedas de los vehículos sobre la junta. Este tipo de sello es apernado a la losa y sus movimientos es dentro de 50 a 330 mm. (MOPT, 2007)

4.16.7. Sellos Elastoméricos prefabricados (Sellos de Lámina)

Un sello de lámina que consiste en dos bloques de acero reforzado con neopreno. Esta junta puede acomodar movimientos de aproximadamente 100 mm (MOPT, 2007)

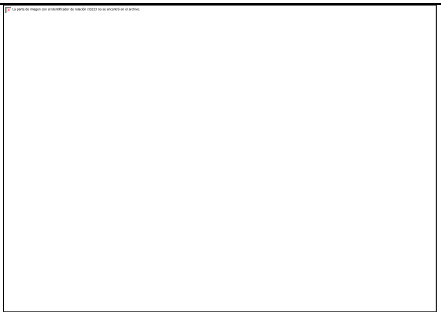
4.16.8. Sellos elastómericos prefabricados (Sellos descubiertos)

Este sello descubierto está formado por dos anclajes de acero acanalados dentro de la losa y parapeto. Un sello de neopreno se ajusta dentro de los surcos del tramo. Esta junta puede acomodar un movimiento máximo de aproximadamente 100 mm. (MOPT, 2007)

PUENTE PILOTO

Se presenta la información y el estado del puente piloto a quien se analizó en el modelo y se relacionó con las inspecciones en campo:

Tabla 53. Información general del puente piloto.

Nombre del puente:	Rio Agua Caliente (Puente Negro)	
Tipo de Ruta:	Nacional	
Ruta	224	
Provincia:	Cartago	
Cantón:	Paraíso	
Distrito:	Orosí	
Tipo de estructura:	Puente	
Material:	Acero	
Tipología:	Cercha Paso Inferior	
Longitud total:	30.35 m	
Ancho total:	4.70 m	
junta de expansión:	9.40 m	
Losa:	concreto Reforzado 142.65 m2	
Apoyos:	Acero 12.00 un	

Fuente: PEEP

4.17. Estado de los elementos del puente

4.16.9. Juntas de expansión

Las juntas se encuentran obstruidas y no visibles. La junta ubicada sobre el bastión 1 se encuentra totalmente obstruida por asfalto, además según se puede observar en la parte inferior existe una gran filtración de agua sobre esta junta que mantiene húmeda toda la superficie del bastión y los apoyos. La junta del bastión 2 posee una abertura de 5 cm aproximadamente por donde se filtra completamente el agua hacia los apoyos y hacia el muro del bastión.

4.16.10. Losa de concreto reforzado

Se observa acero expuesto en varios puntos debajo de la losa de concreto entre vigas de acero, el acero tiene ya un grado de corrosión que si no se protege podría perder la totalidad de la sección transversal de las varillas de refuerzo. Se observan eflorescencias en la losa y en la viga de concreto lateral de aguas arriba.

4.16.11. Apoyos

Los apoyos del puente presentan una corrosión avanzada, principalmente el apoyo tipo balancín, además este apoyo se observa ligeramente inclinado. Algunos remaches presentan corrosión avanzada, así como las vigas transversales que soportan. El apoyo fijo ubicado en la margen izquierda también presenta un grado de corrosión avanzado, se observan pequeños orificios donde evidencian que la corrosión ha avanzado considerablemente. Se han colocado apoyos adicionales ubicados entre los balancines y los apoyos fijos, compuestos por vigas de acero con corrosión tanto en alas como en almas. Los apoyos tipo vigas W ubicados entre los tipos balancín y apoyos fijos, se encuentran oxidados y con corrosión la mayoría.

4.16.12. Términos generales de estado del puente:

Losa y Accesorios: La superficie de riego presenta una sobre capa de asfalto que le agrega peso muerto a la estructura, sin embargo, debe valorarse su conservación en caso de ser necesaria para el control de vibraciones. Las juntas de expansión de este puente están en muy malas condiciones, permiten la filtración de agua hacia la parte inferior de la subestructura. Esto ha generado que se mantenga húmeda la superficie de concreto de los bastiones y que por ende se dé el crecimiento de maleza en elementos de acero, además ha provocado el deterioro acelerado de todos los elementos cercanos a los extremos, tanto los apoyos como vigas longitudinales, transversales y las que forman el arco. La corrosión del acero expuesto debajo de la losa de concreto muestra que no se le ha dado mantenimiento a la estructura, sin embargo, de no atenderse con el mantenimiento necesario podría perderse completamente el acero de refuerzo.

Subestructura – Apoyos: Los apoyos se encuentran corroídos, por lo que se les debe realizar una valoración de pérdida de espesores por corrosión para verificar su capacidad actual.

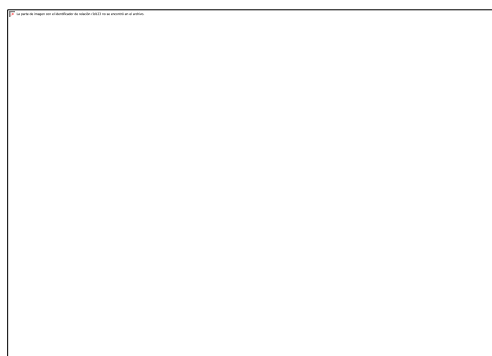
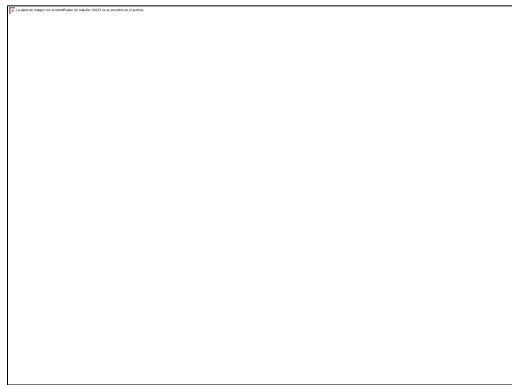


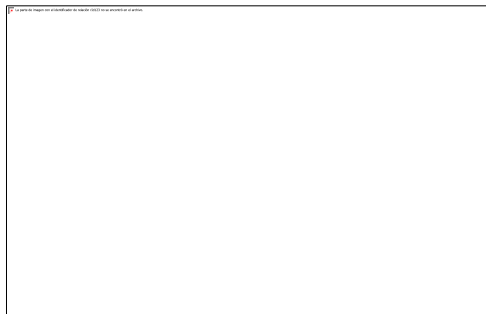
Figura 80: Drenajes obstruidos
Fuente: PEEP



*Figura 81: Acero de refuerzo expuesto en la losa.
Fuente: PEEP*



*Figura 82: Juntas de expansión obstruidas.
Fuente: PEEP*



*Figura 83: Filtración de agua por medio de la junta de expansión.
Fuente: PEEP*

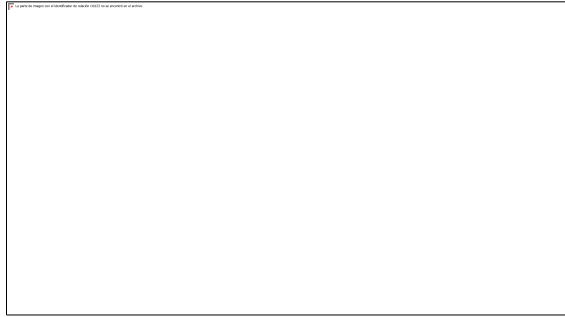


Figura 84: Apoyo fijo corroído, perno perdido por corrosión
Fuente: PEEP

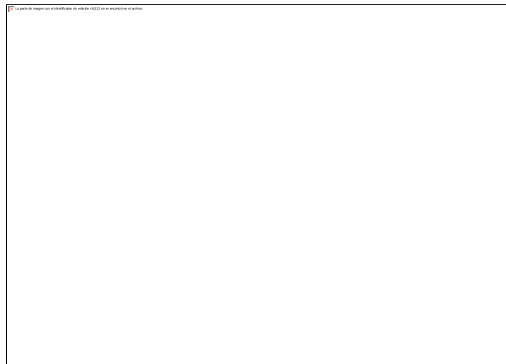


Figura 85: Apoyo fijo corroído
Fuente: PEEP

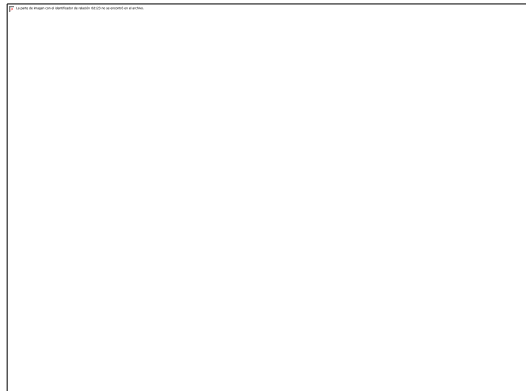


Figura 86: Corrosión en apoyo tipo balancín
Fuente: PEEP



Figura 87: Corrosión en apoyos intermedios
Fuente: PEEP

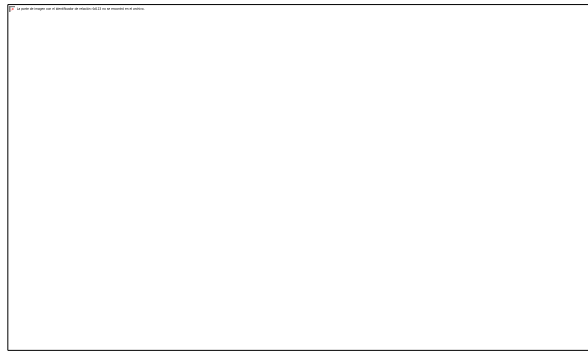


Figura 88: Corrosión en apoyos intermedios.
Fuente: PEEP

4.16.13. **Recomendaciones:**

Se presentan las recomendaciones de atención realizadas por los inspectores, a un ojo clínico de su experiencia y conocimiento ingenieril al analizar los daños en el puente.

Atención en el corto plazo: es indispensable que se le dé un mantenimiento adecuado a esta estructura ya que fue posible observar drenajes obstruidos y que evitan que se evacue el agua de lluvia.

Atención en el mediano plazo: se recomienda valorar la eliminación de la capa de asfalto sobre el puente, con el fin de eliminarle peso permanente adicional en la estructura. Es necesario realizar una mejora en las juntas de acceso al puente, principalmente en la junta donde se encuentran los apoyos tipo balancín en margen derecha, ya que su abertura provoca alto impacto cuando accedan los vehículos al puente.

Atención a largo plazo: es primordial que los encargados de administrar esta ruta posean un programa de mantenimiento de esta estructura, que incluya limpieza de drenajes, limpieza de la estructura metálica y pintura de protección que permita detener la oxidación y corrosión en varios puntos y así preservar el puente durante los años de vida que se determine se pueda extender la estructura.

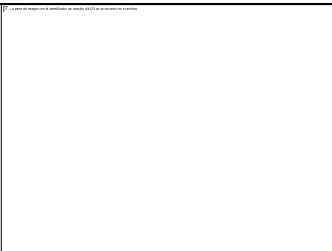
Inspección detallada con atención en el corto plazo en los Accesorios.

- Limpieza general del puente
- Eliminación de sobrecapas de asfalto y mejoramiento de la superficie de rodamiento
- Cambio de juntas de expansión, se recomiendan juntas selladas con material elastomérico
- Limpieza de drenajes
- Reparación de la losa de concreto, de tal manera que se eliminen los nidos de piedra y se verifique que el acero expuesto no presente corrosión, en caso de presentarse corrosión se debe reparar utilizando técnicas como los ánodos de sacrificio.
- Sustituir los apoyos existentes.

Luego de haber analizado la información generada en campo por los inspectores, los cuales muestran el estado de los elementos y recomendaciones de atención según su criterio. Se analiza los resultados del modelo y la aplicación de los lineamientos de atención según el mismo.

4.16.14. Estado del puente según modelo:

Tabla 54. Condición estructural del puente Agua Caliente (Puente Negro)

Puente: Puente: Rio Agua Caliente (Puente Negro) / Ruta 224	 Condición inadecuada
Condición Clasificación: Accesorios Superestructura Subestructura 	Comentario análisis del estudio del reporte: el puente muestra oxidación en las vigas, así mismo una sobrecapa de asfalto . La cuerda inferior y elementos de arriostre muestran oxidación, con inicios de corrosión. Las secciones cercanas a los apoyos muestran perdidas total de material.

La condición general del puente muestra una condición en alerta amarilla, condición inadecuada, con los siguientes lineamientos generales.

Tabla 55. Condición estructural del Puente Negro

Condición estructural inadecuada	Condición: La estabilidad estructural o la seguridad del tráfico no es la adecuada, afectando negativamente, sin embargo, tiene poco efecto sobre la estabilidad estructural del puente.
	Reparación: Las reparaciones deben ser realizadas en el mediano plazo, para asegurar la fiabilidad de la estructura y prevenir la deficiencia estructural de los componentes del puente, aumentando o restableciendo la rigidez o resistencia, funcionalidad, impermeabilidad y durabilidad.

Para los accesorios, superestructura y subestructura, muestra una condición general Adecuada o pobre. En alertas amarillas.

Tabla 56. Condición de la clasificación del puente.

Mantenimiento preventivo; y / o reparaciones	Condición: ADECUADA O POBRE
	- Los elementos presentan cierto deterioro menor. Mantenimiento correctivo; y / o reparaciones. - Todos los elementos estructurales se encuentran en buenas condiciones, pero pueden tener alguna pérdida de sección menor, grietas, desprendimientos o socavación menor. - Sección avanzada de pérdida, deterioro, astillamiento o socavación intermedia. Rehabilitación o reemplazo.

Las juntas de expansión, la losa y los apoyos, muestran una condición regular, en alerta amarilla.

Tabla 57. Condición estructural del puente

Mantenimiento preventivo; reparaciones y / o reemplazos	Condición Regular Las reparaciones o reemplazos deben ser realizadas en el mediano plazo, para asegurar la fiabilidad de la estructura y prevenir la deficiencia estructural de los componentes del puente, aumentando o restableciendo la rigidez o resistencia, funcionalidad, impermeabilidad y durabilidad.
--	--

4.16.15. Estado de la losa según modelo.

El lineamiento general de atención según del modelo es de color amarillo, en condición adecuada o pobre:

Tabla 58. Lineamientos de atención en la losa

Elemento	Condición	Actividad	Lineamientos	Actividad de atención
Losa		Limpieza de la losa	Limpieza de la losa y sellados de grietas menores	NR 01-02-03-04-05-06
		Reparación de drenajes	Retiro y limpieza del drenaje deteriorado. Colocación de drenes nuevos o extensión de los existentes, garantizando la unión a la losa. Debe asegurar que no exista filtración a la superestructura.	NP-09-10-11
		Reparación de concreto y acero de refuerzo (distintos métodos)	Tipos de reparación de concreto y acero de refuerzo. Según las especificaciones	NP 01-04-05-08-17-22
		Cambio de Losa	Demolición de la losa existente. Colocación de acero de refuerzo, obra falsa y colado de concreto.	Diseño de la losa con sus especificaciones
		Refuerzo de losa	Limpieza cuidadosa de la losa existente, incluyendo la eliminación del pavimento, y reforzamiento de la losa.	NP -16

Los lineamientos según las notas y daños de la losa son:

Tabla 59. Lineamiento de atención en la losa

Losa				
Daño	Nota SAEP	Descripción del daño	Condición	Atención
Grietas en 1 dirección	1	No se observa descascaramiento en la superficie de la estructura.	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.
Grietas en 2 direcciones	1	No se observa nidos de piedra.	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.
Descascaramiento	1	No se observa descascaramiento en la superficie de la estructura.	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.
Acero de refuerzo	4	Se observa el refuerzo principal expuesto y oxidado	Condición Deficiente	Reemplazo o Rehabilitación. Atención en el corto plazo.
Nidos de piedra	1	No se observa nidos de piedra.	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.
Eflorescencia	2	Se observaron pequeñas manchas blancas en la superficie de concreto.	Condición Regular	Reparación o Reemplazo Atención en el mediano plazo.
Agujeros	1	No se observaron agujeros.	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.

Se debe de realizar la limpieza de los elementos del puente, según lineamientos especificados en la metodología **NR -01 Limpieza del puente**. Luego de que estos estén limpios y libres de materiales y líquidos nocivos, corresponde a las siguientes actividades.

Limpieza y extensión de drenes

Causa: Estos se generaron de acuerdo a la sobrecapa de asfalto y a la falta de mantenimiento del puente.

Efecto: mal manejo de aguas que logran la filtración en el concreto y en los elementos cercanos dañándolos.

- **NP – 09 Extensión o ampliación de los drenes de la losa.**
- **NP – 10 Extensión de drenaje atornillado con correas.**
- **NP – 11 Extensión de drenaje con pernos mediante anclajes.**

La losa de concreto muestra acero de refuerzo expuesto, estos pueden haberse generado por las siguientes causas según el análisis causa efecto de la investigación:

Sus causas:

- Áreas de pérdida de material.
- Mala adherencia de los materiales
- Malas prácticas constructivas.
- Deficiencia de los materiales.
- Filtración de agua a través de grietas
- Filtración de agua por medio del concreto.

Su efecto:

- La pérdida de material a veces se extiende más allá del acero de refuerzo, quedando expuesto a la intemperie y adquiera corrosión. Logrando que el acero pueda fisurarse y perder sección. Disminuyendo la integridad estructural de la losa.

Se debe de realizar la reparación de cada área con pérdida de concreto y acero expuesto, para limpieza, preparación y curado del área según las siguientes metodologías:

- **NP – 01 Reparación de la losa de concreto.**
- **NP – 22 Limpieza, reparación y protección del acero de refuerzo.**
- **NP – 04 Volumen bajo de concreto lanzado.**
- **NP – 05 Reparaciones profundas en losas de puentes.**

Los materiales que podrían utilizarse para estas actividades son las siguientes:

Concreto de alta resistencia, endurecida rápida y alta durabilidad, Materiales recomendados: material de adherencia entre el concreto nuevo y viejo **Sikatop o Armatec -110**, estos son duradero y de alta fuerza de adhesión. Se consigue la correcta transmisión de cargas estructurales. o materiales o juntas

Concreto de alta resistencia, reduciendo los tiempos de curado, se puede utilizar el producto **Sika ViscoCrete o Sika plast** y para utilizar el proceso de hidratación **Sika Rapid**.

Para minimizar la retracción del concreto se utiliza SikaControl-40 y un inhibidor de corrosión que evite la corrosión del acero de refuerzo, Sika Ferro Gard. Y para su curado **Sika Antisol**.

Si se utilizara el sistema de shootcrete o lanzado de concreto, utilizar el mortero de reparación **Sika MonoTop -412 S** especial para trabajar con cargas vivas y con un material adherente **Armatec -110**.

Para la protección del concreto, y protección del acero de refuerzo se puede aplicar un inhibidor de corrosión **Sika Ferro Gard -903** e impregnaciones hidrófobas **Sikaguard -700**, las cuales no muestran cambios en apariencia, doble protección para el acero de refuerzo y el concreto, rápido y fácil de aplicar. Como un protector general de la losa

Para el acero expuesto, se aplica un sistema de protección Galvanica, Sika Anodos Galvanicos o un material protector del acero.

La eflorescencia en la losa es el resultado de filtraciones y humedad en el concreto.

Las causas de la eflorescencia:

- Cloruro de calcio llevado a la superficie del concreto por el agua.
- Presencia de grietas las cuales son profundas y han atravesado la losa.
- Evaporación del agua en el concreto.
- Filtración de agua.
- Humedad en el área.

Sus efectos:

- Corrosión en el acero de refuerzo si esta es índice de grieta.
- Señal de posible grieta.
- No causa problemas estructurales si no es profunda.
- Afecta la estática del puente.

Para las reparaciones de este daño, el cual es un daño estético, pero es un indicativo que existen grietas y filtración de agua en las losas, se pueden aplicar las siguientes metodologías.

- **NR -01 Limpieza del puente.**
- **NR -02 Sellado de grietas en la superficie de desgaste.**
- **NR -03 Sellado de grietas en losa de concreto.**
- **NR -04 Recubrimiento epóxico en la fisura**
- **NP -08 Sellado losa de concreto.**

Luego de la limpieza y preparación de las áreas afectadas, los materiales propuestos a utilizar según proveedores:

Utilizar sistema de adherencia para coberturas de asfalto **Sikalastic – 825**

Sistema de inyección, uso de resina acrílica de poliuretano flexible Sika injection y para fisuras estructurales y reparación de huecos usar resina epoxica Sikadur y sika injection de baja viscosidad.

Y para proteger el concreto utilizar impregnaciones hidrófobas **Sikaguard -700**, el cual no permite la filtración del agua en el concreto por medio de los poros.

Solución para la fisuración del concreto, utilizar **SikaGard -545 W Elastofill y Sikagard -550 W Elastic**. Son resina acrílica en dispersión acuosa. Logrando un revestimiento elástico de nivelación.

4.16.16. Estado de la losa según modelo

El lineamiento general de atención según del modelo es de color amarillo adecuada o pobre:

Tabla 60. Lineamientos de atención en los apoyos.

Elemento	Condición	Actividad	Lineamientos	Actividad de atención
Apoyos		Lubricación de apoyos	Limpieza y lubricación de apoyos.	NR -07
		Corrección de la posición:	Gateo o levantamiento, seguro de la superestructura del puente. Retiro de apoyos dañados y colocación nuevamente de los apoyos en su posición correcta, fijándolos según las especificaciones.	NP-20-21-03-21
		Cambio de apoyos:	Gateo o levantamiento, seguro de la superestructura del puente. Retiro de los apoyos dañados y colocación de apoyos nuevos según las especificaciones.	NP-20-21-03-21
		Reparación de concreto o base del apoyo:	Apuntalamiento de la superestructura sobre el apoyo. Eliminación del concreto dañado hasta dejar material sano, sin dañar el acero de reforzamiento. Limpieza. Fundida de concreto de alta calidad para restablecer la forma y la extensión de la superestructura. Después del fraguado o secado del concreto, retiro del apuntalamiento.	NP-19-20

Los lineamientos según las notas y daños de los apoyos son:

Tabla 61. Lineamiento de atención en los apoyos.

Apoyos				
Daño	Nota SAEP	Descripción del daño	Condición	Atención
Rotura en apoyos	1	No se observa daños en el perno de anclaje.	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.
Deformación extraña	1	No se observan deformaciones.	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.
Inclinación	3	Ligeramente inclinado.	Condición Regular	Reparación o Reemplazo Atención en el mediano plazo.
Desplazamiento	1	No hay desplazamiento en el apoyo.	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.

Las posibles causas y sus efectos:

Las Causas:

- Movimiento horizontal excesivo.
- Movimientos laterales en el bastión.
- Degradación de las partes metálicas
- Degradación de los materiales.
- Restos de la construcción como tablas, suciedad, encofrados o formaletas
- Materiales nocivos, escombros y suciedad
- Mala calidad de los apoyos, producto de falta de mantenimiento.

Sus efectos:

- Deficiencia de los apoyos a causa de los procesos de corrosión.
- El fallo de un dispositivo de amarre o de restricción podría permitir que el puente colapse parcial o totalmente.
- Incorrecto diseño de los aparatos de apoyo.
- Dificulta el funcionamiento correcto del aparato.

De acuerdo a las actividades del modelo, y las condiciones de los apoyos del puente se recomienda el reemplazo de estos con la referencia de las siguientes:

- **NP – 03 Reparación o reemplazo de apoyos**
- **NP – 20 Elevación de vigas (JACK-UP GIRDER)**

Según las condiciones del puente se selecciona el tipo de apoyo de acuerdo a las investigaciones de tipos y condiciones de estos, este puede ser apoyo elastómerico debido a los grados de libertad que asume el dispositivo, y también por sus ventajas mencionadas en la clasificación de tipos de apoyos, como los son:

- Los aceros de refuerzo están encerrados en un elastómero protegido contra la corrosión.
- Larga vida útil con poca necesidad de mantenimiento.
- Adecuado para la rotación de grandes rodamientos.
- Buen desempeño, baja actividad sísmica moderada.
- Costo moderado.

Al consultar en el mercado se recomendó lo siguiente de acuerdo a su criterio y especialización, el cual no varía con la opción seleccionada con la investigación:

- **Steel Reinforced Elastomeric Bearings:**
 - Para apoyos tipo “Fijo” o “Articulados” donde se permite la rotación más no el desplazamiento. Existen diversas formas de restringir los desplazamientos: con pernos, estructuras de acero.
 - Para apoyos de expansión o tipo “gozne” donde se permite rotación y desplazamiento. La altura de los neoprenos será proporcional al desplazamiento. Por lo que entre mayor sea el desplazamiento, mayor deberá ser el espesor o altura del apoyo. Cuando existen desplazamientos importantes y limitaciones de espacio, se recomienda pasar al siguiente tipo de apoyo.
- **Steel Reinforced Elastomeric Bearings with PTFE Sliding bearings:**
 - Para apoyos de expansión o tipo “gozne” donde se tienen desplazamientos importantes. Se compone de un apoyo de neopreno reforzado con acero y una superficie deslizante (Lámina de teflón o PTFE) diseñada para el movimiento que la estructura solicita. La superficie de PTFE deslizará contra una placa de acero inoxidable para que así la fricción entre ambas sea la menor posible.

Al seleccionar el tipo de apoyo, se debe de diseñar en base a las cargas vivas y muertas, desplazamientos, rotaciones, y espacio del puente, para llegar a un diseño en particular y poder evaluar si el neopreno necesita de refuerzo o placa deslizaste.

4.16.17. **Estado de las juntas de expansión según modelo.**
El lineamiento general de atención según del modelo es de color amarillo:

Tabla 62. Lineamiento de atención en las juntas de expansión.

Elemento	Condición	Actividad	Lineamientos	Actividad de atención
Juntas de expansión		Limpieza de la junta	Remoción de material escombros, vegetación, maleza, polvo, tierra y residuos que dañen la junta.	NR -01
		Reparación de junta	Limpieza, Mejoramiento de parte metálicas no dañadas, Cambio de elementos no metálicos.	NP -02-06-07-12-13-14-15-18
		Cambio de junta	Retiro de la junta existente. Limpieza del sitio y colocación de la junta nueva según especificaciones y directrices del productor.	NP -02-06-07-12-13-14-15-18

Los lineamientos según las notas y daños de las juntas son:

Tabla 63. Condición estructural de la junta de expansión.

Juntas de expansión				
Daño	Nota SAEP	Descripción del daño	Condición	Atención
Sonidos extraños	1	No aplica	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.
Filtración de aguas	5	Las filtraciones cubren toda la pared frontal y la viga cabecal	Condición Deficiente	Reemplazo o Rehabilitación. Atención en el corto plazo.
Faltante o deformación	1	No se observan faltante o deformación de juntas	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.
Movimiento vertical	1	No se observan movimientos	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.
Juntas obstruidas	5	La junta está cubierta por sobrecapas de asfalto	Condición Deficiente	Reemplazo o Rehabilitación. Atención en el corto plazo.
Acero expuesto	1	Descascaramiento en la superficie del concreto	Condición Buena a Excelente	Mantenimiento preventivo. Largo plazo.

Las juntas de expansión de acuerdo a su estado y los daños que provocan afectación en otros elementos es importante su reemplazo. Las actividades y tipos que se recomiendan son las siguientes:

- **NP – 02 Reparación o reemplazo de juntas**
- **NP – 12 Juntas de Neopreno (Sellos de Compresión Preformados)**
- **NP – 07 Juntas de compresión elastomérica preformada (Polytite o similar aprobado).**

El tipo de junta que se selecciona es de compresión elastomérica de acuerdo a sus características y abertura de campo, los movimientos, así como también su fácil colocación y mantenimiento, cumpliendo con los objetivos a desempeñar. Al consultar al mercado este, recomendó una junta de igual diseño como, por ejemplo:

- Junta de neopreno marca DS BROWN CV-3000, debido a que la reparación del área va a hacer que la abertura de junta quede más grande a lo que originalmente se diseñó y por el peso de la superestructura no va a tener ningún problema en realizar ese cambio, de hecho, una junta de 50 mm para ese puente es un poco pequeña.

El menester recordar que las juntas y apoyos deben de tener un diseño más detallado o un análisis más profundo de parte de las empresas proveedoras de estos productos, para que puedan cumplir con las demandas que el campo exige.

En resumen, el puente requiere de las siguientes actividades de acuerdo a su gravedad; para ser atendido en los plazos establecidos:

Tabla 64. Resumen de las atenciones requeridas por el puente.

Atención en el largo plazo			
Atención en el mediano plazo			
Atención en el corto plazo			
Actividades			
Losa			
Limpieza	x		
Reparar	x		
Reemplazo			
Apoyo			
Limpieza y lubricación			
Reparar			
Reemplazo		x	
Juntas de expansión			
Limpieza y lubricación			
Reparar			
Reemplazo		x	

Los lineamientos muestran una dirección a la actividad, pero, estas deben de regirse por los proveedores de los productos a utilizar.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se desarrolló un modelo de priorización de atención de puentes, con base a la variable de condición estructural, El modelo asigna una nota numérica, color de condición y lineamiento de atención para el puente en general, según clasificación los cuales son accesorios, subestructura y subestructura, o elemento y daño, que da como información una aproximación de la condición estructural del puente y sus elementos.
- El modelo de priorización se validó por medio del criterio de expertos en el área y el análisis de la investigación de teoría, para asignarle un peso a cada variable del algoritmo, para el cálculo de deficiencia estructural. Se obtuvieron los pesos de importancia de las distintas configuraciones de los puentes según su funcionalidad estructural, así también el peso de afectación de los daños tipificados por el SAEP. Dichos pesos aportan al algoritmo final que evalúa las notas de campo del manual de inspecciones de puentes del ministerio de transportes de Costa Rica.
- Se analizó las diferentes patologías que comprometen a la estructura y con mayor incidencia en los puentes ubicados en las rutas nacionales analizadas 4, 21 y 34 para su caracterización y clasificación de su magnitud de daño, así también se analizó las causas que lo provocan y los efectos en el desempeño de la estructura por medio de revisión bibliográfica y consulta a expertos, este análisis ayuda al criterio de la atención adecuada de la estructura.
- Se realizó un tratamiento estadístico con base a las notas de campo, calificación realiza en escala SAEP. De acuerdo a su magnitud y extensión. Los elementos con mayor porcentaje de afectación en la ruta son las juntas, esta tiene el 80% de puentes con filtración de agua afectando los apoyos y los bastiones y un 83% de juntas obstruidas. Lo cual impide los movimientos horizontales y rotacionales provocando esfuerzos no considerados en el diseño.

Otros daños que no son representativos pero que están afectado a algunos porcentajes de puentes en las rutas, son los daños en los apoyos, un 15 % tiene inclinación de apoyos y un 13% de rotura de apoyos debido a malas prácticas de construcción o debió a sobreesfuerzos de diseño. Hay un porcentaje alto que muestra oxidación y corrosión debido a la filtración de agua por medio de las juntas, manteniendo húmedos los apoyos, así también por materiales acumulados, polvo, maleza y líquidos nocivos, daño que no tipifica el SAEP, pero tiene mucha incidencia en los apoyos de las estructuras analizadas.

La socavación es otro daño que está afectando a un porcentaje bajo de las rutas, presentes en dos elementos estructurales importantes, los bastiones y las pilas, provocadas por la acción erosiva del agua, los cuales requieren una atención en el corto plazo.

La mayoría de los daños es el resultado de la falta un programa de mantenimiento.

- Al evaluar las estructuras de las rutas analizadas en la investigación, se muestran 9 puentes con deficiencia estructural que requiere de intervención inmediata. Y los demás muestran una condición estable (Verde), la cual es la mayoría, esto no quiere decir que el puente este en óptimas condiciones de servicio. Hay daños que no aportan pesos mayores a la evaluación estructural, pero que representan deficiencias de servicio. Así también elementos importantes que están dañados y requieren ser atendidos en el corto plazo, ya que con el tiempo pueden llevar a la estructura a una condición desfavorable.

- Parte de la estrategia de toma de decisiones en un sistema de gestión de puentes es la implementación de herramientas que aporten solución, es por esto que se realizó una capa de información en QGis con los datos de los puentes analizados, tipología, material y condición estructural del modelo, para que pueda ser apoyo en la priorización y representación de los datos de los puentes analizados por medio de mapas geográficos. El sistema de información geográfica es la información digital geográficamente referenciada, la cual se puede manipular de distintas formas para la representación de los datos que tenga con el fin de aportar a soluciones de planificación y de gestión.
- Este proyecto de investigación viene a contribuir a la continuación del sistema de gestión de puentes del país. Aportando una herramienta práctica y para la toma de decisiones y priorización del mantenimiento de puentes para los entes encargados que de una forma directa o indirecta al sistema.
- El estudio de los tipos de apoyos y juntas, aporta a la determinación de las ventajas y desventajas, así también como las especificaciones para poder aplicar el elemento adecuado, logrando la eliminación de problemas que causan graves daños para la estructura.
- Las metodologías de intervención propuestas, muestran procedimientos típicos para el mantenimiento, reparación o reemplazo de la estructura, que tiene como objetivo llevar a los elementos a su estado óptimo. Las actividades no son de carácter obligatorio, estas pueden ser modificadas de acuerdo al material y los lineamientos que el fabricante aplique. Lo cual las convierte en mediadas que no son exhaustivas, o no siempre son necesarias dependientes del criterio del experto.
- La investigación de materiales y diferentes tipos de tecnologías, muestra que el uso de material neopreno en los apoyos de puentes y juntas, es muy ventajoso para su elección en la actualidad, por su resistencia y alta calidad, a la intemperie y envejecimiento, fácil colocación y cambio, y sus costos no son elevados.
- El puente piloto muestra un estado inadecuado de eficiencia estructural, según el modelo aplicado Donde la estabilidad estructural o la seguridad del tráfico no es la adecuada. Las reparaciones en los elementos deben de ser atendidos en el mediano plazo, para prevenir la fiabilidad de la estructura y prevenir la deficiencia estructural. La losa requiere de reparaciones en las áreas donde muestra acero de refuerzo expuesto, así mismo las reparaciones en la eflorescencia, debido a las filtraciones en el concreto. Los apoyos se encuentran corroídos con pérdidas de sección y pernos, los cuales deben de ser reemplazados. Además, Las juntas, se encuentran obstruidas, lo cual requieren ser reemplazadas por la cantidad de filtración de agua que muestran. Así mismo se recomiendan las actividades de atención correspondientes para su recuperación.
- Se recomienda redactar e investigar sobre las metodologías de intervención para los demás elementos del puente, en especial a los elementos principales de subestructura, y también las vigas en superestructura, ya que son un elemento principal para completar los elementos de la superestructura.

5.2. Recomendaciones

- Actualizar los mapas geográficos siempre y cuando estos logren un tiempo estimado sin su atención, o viceversa si los puentes son atendidos para tener una base actualizada de los puentes en QGIS.
- El procedimiento del algoritmo tiene como prioridad la variable estructural, la cual da una condición aproximada de la deficiencia estructural del puente, este algoritmo para investigaciones futuras se puede implementar para la evaluación de obsolescencia funcional o de servicio.
- Se recomienda realizar un software que facilite la evaluación con el proceso del modelo aportado. Y se pueda manejar la información en la misma base de datos. Que dé como resultado un informe completo de todo el análisis del modelo para las estructuras.
- Es importante que los materiales a utilizar en las actividades de atención de puentes tengan un control de calidad estricto siguiendo las especificaciones de los fabricantes y los puestos.
- Se recomienda un programa de limpieza para todos los puentes de la ruta, lo cual mantendrá en un estado confiable y excelente a la estructura.
- Como proyecto futuro, se recomienda incluir en el modelo las alcantarillas y puentes con superestructura combinada de material, acero y concreto, para que puedan ser evaluadas por esta metodología.
- Se debe de realizar una mesa redonda con todos los inspectores para la discusión de los resultados, para una forma de capacitación que aporte a la homogenización de la información generada en los criterios de los informes.
- Es importante la clasificación de los puentes según el modelo para su evaluación por medio del algoritmo, para la correcta evaluación de este, ya que existen distintas configuraciones estructurales.

CAPÍTULO 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adebowale Oladimeji , Fasheyi, (2012) Merits, Demerits, Practical Issues, Maintenance and Extensive Surveys on Bridge Bearings, Apoyos en puentes.
- Agdas , Rice Jennifer A., Martinez Justin R. y Lasa Ian R. (2015). Comparison of Visual Inspection and Structural-Health Monitoring As Bridge Condition Assessment Methods. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 30(3), 4015049. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0000802](http://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000802)
- Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) (2007). El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación de rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica. San José
- American Concrete Institute ACI 224R – D1. (2002). “Control of Cracking in concrete Structure”.
- American Iron and Steel Institute, (1992). Steel Bridge Bearing Selection and Design Guide. Vol. II Capítulo 4, HIGHWAY STRUCTURES DESIGN HADBOOK.
- Asociación Técnica de Carreteras (Noviembre 2003). “Juntas para puentes de carreteras”. Consideraciones Prácticas, España. Recuperado de: <http://www.ciccp.es/ImgWeb/Castilla%20y%20Leon/Documentaci%C3%B3n%20T%C3%A9cnica/Juntas%20Puentes%20Carreteras.pdf>.
- Appuhamy, J., Ohga, M., Kaita, T., Chun, P., y Dissanayake, P. (2012). Development of an Efficient Maintenance Strategy for Corroded Steel Bridge Infrastructures. *Journal of Bridge Engineering*, 18(6), 464–475. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000381](http://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000381)
- Bañuelos Ortega Gustavo Guillermo. (2008) Re-Estructuración de Puentes Vehiculares de Claro Corto (tesis de maestría) Universidad Autónoma de Querétaro. Mexico
- Baquadano, Fernando. Vida útil de puentes., Consejo Superior de Investigaciones Científicas Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc), tomado de: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>.
- Branco, F. A. (2004). Repair Strategies. In *Handbook of Concrete Bridge Management* (pp. 417–450). American Society of Civil Engineers. <http://doi.org/doi:10.1061/9780784405604.ch13>
- Brito, J., & Branco, F. (1998). Concrete Bridge Management: From Design to Maintenance. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 3(2), 68–75. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0680\(1998\)3:2\(68\)](http://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0680(1998)3:2(68))
- Castillo Barahona, Rolando. (2014). El sistema informático para la administración de estructuras de puentes de Costa Rica (SAEP). Boletín Técnico. Volumen 5 No. 52, Unidad de Puentes, PITRA, LanammeUCR
- Colegio Federado de Ingenieros de Costa Rica. (2012). Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes, 1–90.
- Del Carril, T. A. (2007). LA INGENIERÍA Y LA SOCIEDAD - LECCIONES A EXTRAER DEL COLAPSO DE UN PUENTE. In A. A. Nac. (Ed.) (tercera, pp. 387–394). Buenos Aires. Recuperado de <http://www.acadning.org.ar/anales/2007/17-civildelcarril.pdf>
- Departamento de transporte del estado de Nueva York, (1992). “Bridge Deck Evaluation Manual”. Recuperado de: https://www.dot.ny.gov/divisions/engineering/structures/repository/manuals/br_deck_manual/bri

dge_deck_eval_manual_1992.pdf.

- Department of Transportation Georgia. (2012). Bridge Structural Maintenance and Rehabilitation Repair Manual, 240.
- Department of Transportation New York State. Office of Operations. (2008). Fundamentals of Bridge Maintenance and Inspection, Office of transportation Maintenance.
- Department of Transportation Federal Highway Administration. (2011). Bridge Preservation Guide. Maintaining a State of Good Repair Using cost Effective Investment Strategies. FHWA-HIF-11042. U.S.
- Diaz, E., Moreno, F., & Mohammadi, J. (2009). Investigation of Common Causes of Bridge Collapse in Colombia. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 14(4), 194–200. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000006](http://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000006)
- Dirección de vialidad de la provincia de Buenos Aires (2007). “Manual para Inspecciones Rutinarias de Puentes y Alcantarillas en Servicio”. Recuperado de: <http://www.vialidad.gba.gov.ar/documentos/archivos/38-Obras%20de%20Arte/200709131031310.Manual%20para%20inspecciones%20rutinarias%20de%20puentes%20y%20alcantarillas.pdf>
- Dirección General de Carreteras, (2012). Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la red de Carreteras el Estado . Gobierno de España.
- Emmons, Peter H.(2005). Manual ilustrado de Reparación y Mantenimiento del Concreto. Análisis de problemas. Estrategias y técnicas de reparación. Análisis de problemas Estrategias y técnicas de reparación. México.
- Federal Highway Administration. (2011). Bridge Preservation Guide, Maintaining a State of Good Repair Using Cost Effective Investment Strategies, nil(nil), nil.
- Federal Highway Administration (1995). Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges. Report No. FHWA – PD -96-001
- Fernández, V. (2009). Cinco personas fallecen al caer puente entre Turrubares y Orotina. Recuperado de http://www.nacion.com/sucesos/personas-fallecen-puente-Turrubares-Orotina_0_1081491845.html
- Flores Sánchez Jesús. (1999) Conservación de Puentes Carreteros (tesis de pregrado). Mexico
- Frangopol, D., Miyake, M., Kong, J., & Gharaibeh, E. (2000). Reliability- and Cost-Oriented Optimal Bridge Maintenance Planning. In *Advanced Technology in Structural Engineering* (pp. 1–8). American Society of Civil Engineers. [http://doi.org/doi:10.1061/40492\(2000\)21](http://doi.org/doi:10.1061/40492(2000)21)
- G. Ed, Ramey, Russell S. Oliver, (1998). Alabama Department of Transportation Rapid. Recuperado de: Rehabilitation Replacement of Bridge Decks. Recuperado de: <https://eng.auburn.edu/files/centers/hrc/930-376.pdf>.
- Hearn George, L. Purvis, Ronald. Thompson Paul. H. Bushman William. K. Mc Ghee, Kevin. T. McKeel, Jr. Wallace. Bridge Maintenance and Management, A3C06: Committee on Structures Maintenance and Management.
- Japan international cooperation Agency JICA. (2014). Improvement of quality management for highway and bridge construction and maintenance, phase ii. Bridge Repair manual 2da. Edición. 2014.

- John Wiley & Sons, (2007) B. Glisic and D. Inaudi, *Fibre Optic Methods for structural health Monitoring*.
- Leyton Alfredo, Galvis Giron Juan Pablo, Reyes Bernal Ingrid Leonela, Sarria Castillo, Pilar Alejandra, D. C. (2014). *Patologías de las Estructuras del Concreto y Estructuras Metalicas* (Vol. 1). Santiago de Cali. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- M. Samuel Molina Menache, Rolando Salgado Estrada, Sergio A. Zamora, Castro y Elsa G., L. L. (2012). Detección de Daño en Puentes Mediante un Modelo Experimental, (6), 1–20.
- Matute Rubio, L. &, & Pulido Sánchez, I. (2012). Medidas Eficientes en la Conservación de Puentes, 12–47. Recuperado de <http://www.ideam.es/files/articles/Conservación Puentes.pdf>
- Mendoza Wilson, Navarro Luz de Maria & Portillo Felipe. (2003) Manual para el mantenimiento rutinario y preventivo de puentes de El Salvador (tesis de pregrado). Universidad del Salvador. El Salvador
- Ministerio de Obras Publicas y Transportes. (2015). *Manual de Especificaciones Generales para la Conservacion de Caminos, Carreteras y Puentes*. Costa Rica.
- Ministerio de obras Públicas y Transportes MOPT. (2015). Manual de Especificaciones Generales para Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes.
- Ministerio de Obra Pública y Transportes MOPT. (2007). Lineamiento para Mantenimiento de Puentes. Costa Rica.
- Ministerio de Obras Pública, trasportes y Medio Ambiente, Dirección General de Carreteras (1995).” Notas Técnicas sobre aparatos de apoyos para puentes de carretera” Recuperado de: <http://www.fomento.es/nr/rdonlyres/45e4b689-7dc2-4465-a437-c0e0bec9a6be/55788/0860500.pdf>.
- Ministerio de transporte, I. N. de vías. (2006). *Manual para la Inspección Visual de Puentes y Pontones*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) (2011). “Manual de carreteras del Paraguay, Normas para estructuras y puentes del Paraguay” tiene. Recuperado de: <http://www.mopc.gov.py/userfiles/files/Guia%20de%20puentes.pdf>
- Ministerio de Obras Publicas y Transportes. (2007). *Lineamientos de mantenimiento de Puentes*. Costa Rica.
- Mohiuddin A. Khan. (2010). *Bridge and Highway Structure Rehabilitation and Repair*. McGraw-Hill.
- NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAME. 2003, “NCHRP Synthesis 319, Bridge Deck Joint Performance, A Synthesis of Highway Practice”.
- Nykänen, S., Uotila, J., Äijälä, M., Laaksonen, A., & Guthrie, W. (2013). Special Inspections and Rehabilitation of Concrete Bridges in Finland. In *ISCORD 2013* (pp. 706–717). American Society of Civil Engineers. <http://doi.org/doi:10.1061/9780784412978.067>
- Obando, Ariel, & Garita, Cesar. (2015). Diseño General de una Red Inalámbrica para Monitoreo de Salud de Puentes. Paper presented at the XXXIV Convención IEEE de Estudiantes de Centroamérica y Panamá - CONESCAPAN XXXIV, San Salvador, El Salvador.
- Ortiz Quesada, Gianni. (2015). Informe ejecutivo de trabajo, Programa de Evaluación de Estructura de Puentes, Instituto Tecnológico de Costa Rica TEC, Costa Rica.

- Ortiz, G. (2014). Proyecto eBridge : Predicción remota de fallas en puentes, 8–11.
- Programa de evaluación de estructura de puentes PEEP (2014-2015), “Informes de inspección visuales y de inventario”. Costa Rica.
- Radomski, W. (2002). *Bridge Rehabilitation*. (I. College, Ed.) (2002nd ed.). Retrieved from http://www.worldscientific.com/doi/suppl/10.1142/p103/suppl_file/p103_chap03.pdf
- Santiago Parra Palacio, & Agudelo, G. A. S. (2011). Desarrollo de Una Metodología para la Evaluación del Estado de Puentes Existentes.
- Shahin Taavoni, Ph.D., P.E. Bridge manual. (2012). Bridge Anatomy Preventive Maintenance. Bridge repair and Rehabilitation. Delaware Department of Transportation Bridge Manual.
- State of Wisconsin, D. of T. (2016). Bridge Rehabilitation, (January), 1–50.
- Transportes, M. de O. P. y. (2007). *Manual de Inspección de puentes*. Costa Rica. Retrieved from http://www.mopt.go.cr:10039/portal/Puentes/Documentos/manual_inspeccion2007.pdf
- Valenzuela, M. A. (2010). *Refuerzo de Puentes Existentes por Cambio de Esquema Estático. Aplicación al Puente San Luis en Chile*. Barcelona. Retrieved from [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11943/Valenzuela Saavedra Tesis Master.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11943/Valenzuela_Saavedra_Tesis_Master.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Valenzuela, Sergio, Hernan de Solminihaac and Tomas Echaveguren, (2010). Proposal of an Integrated Index for Prioritization of Bridge Maintenance.
- Villar, J. M. D. E. (2012). “*sistema de gestión de conservación de puentes.*” Recuperado de <http://torrojaingenieria.es/Publicaciones/210-conferencia.oporto.pdf>
- Wisconsin, D. of T. S. of. (2016). Bridge Rehabilitation, (January), 1–50. Recuperado de <http://wisconsindot.gov/dtsdManuals/strct/manuals/bridge/ch40.pdf>
- Xu, X., & Quang, S. (2007). Damage Safety Assessment and Service Life Prediction of Bridges. In *International Conference on Transportation Engineering 2007* (pp. 2229–2234). American Society of Civil Engineers. Recuperado de [http://doi.org/doi:10.1061/40932\(246\)365](http://doi.org/doi:10.1061/40932(246)365)

CAPITULO 7. APÉNDICES

5.3. Características de patologías

Categorización de daños en puentes inspeccionados en Ruta 4, eBridge

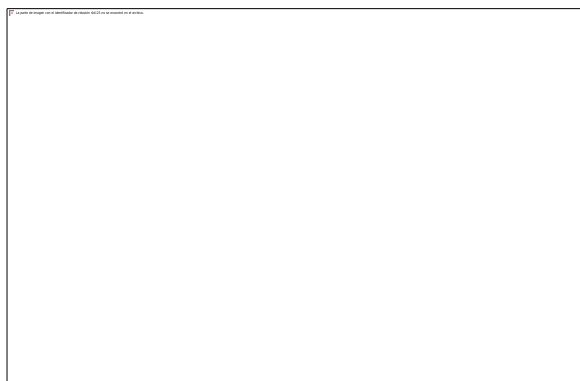
Categorización de los daños que requieren atención en puentes de la ruta 4, para dar soluciones a daños típicos de acuerdo a los resultados obtenidos en las inspecciones realizadas por el proyecto eBridge. Clasificando los resultados en dos zonas de acuerdo a su potencial de daño. Daños de atención a corto plazo, estos obteniendo una escala de 4 a 5 y los de mediano plazo de 2 a 3 en escala SAEP, para determinar decisiones certeras de atención y prolongar la vida de servicio de la estructura.

Las imágenes fueron extraídas de los informes del Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes PEEP.

Atención en el Corto Plazo

Estos daños son los que requieren atención lo más pronto posible, ya que sus propiedades mecánicas, químicas, físicas o estáticas están en estado crítico, afectando el servicio y funcionalidad del puente. Se encuentran en escala de 4 a 5.

Patologías en los puentes Clasificación: Superestructura, APOYO Daño: Deformación Extraña



Sarapiquí- Grado 5- Deformación

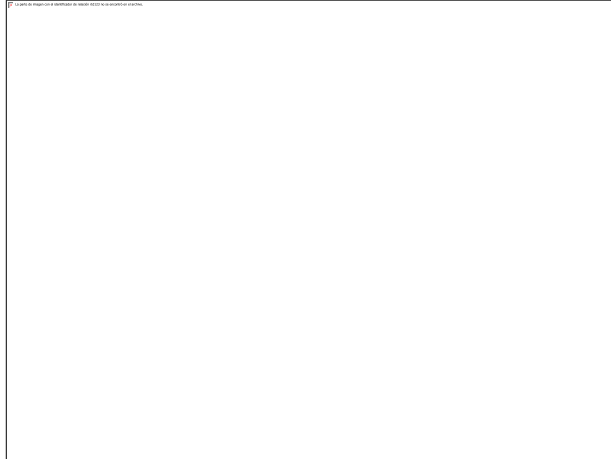
Descripción del daño

Deformación, el apoyo está de completamente deforme y no funciona como apoyo.

Causas

- Debido a las filtraciones, mantienen húmeda el área.

Daño: Rotura de apoyos

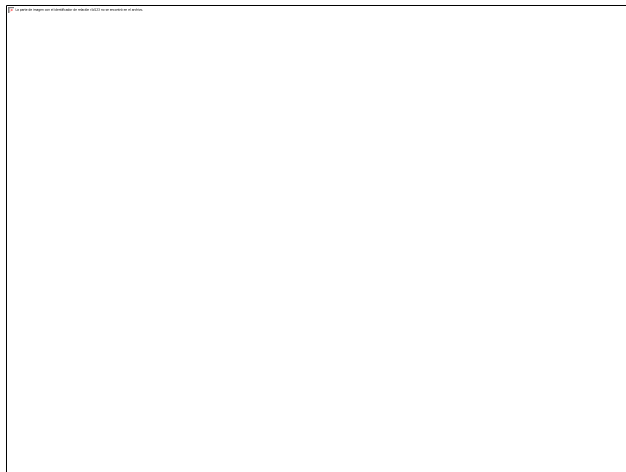


Rio Kopper- Grado 5

Descripción del daño

Los apoyos, el perno de anclaje está totalmente cortado, se selecciona grado de daño 5 por inclinación de apoyo pues al menos 3 tornillos están quebrados.

Daño: Inclinación y Desplazamiento

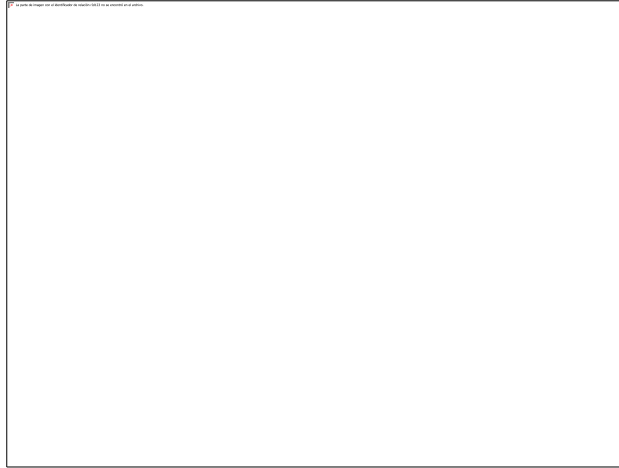


Descripción del daño

Apoyos están ligeramente desplazados. Los apoyos internos presentan corrimientos de alrededor de los 1,5 cm se selecciona grado de daño 5 por inclinación de apoyo.

Clasificación: Accesorios, JUNTAS DE EXPANSION

Daño: Faltante o deformación

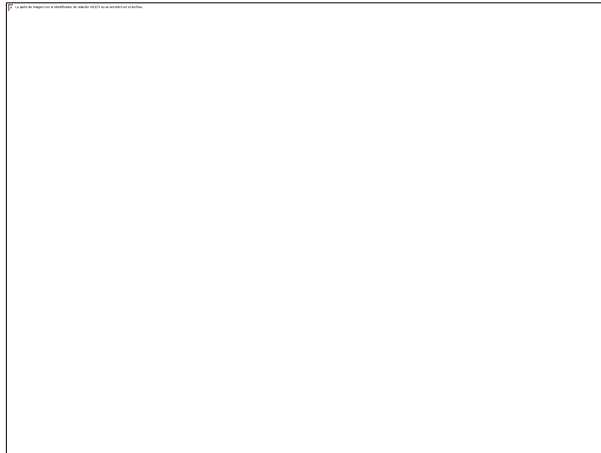


Rio Kopper-Grado 4

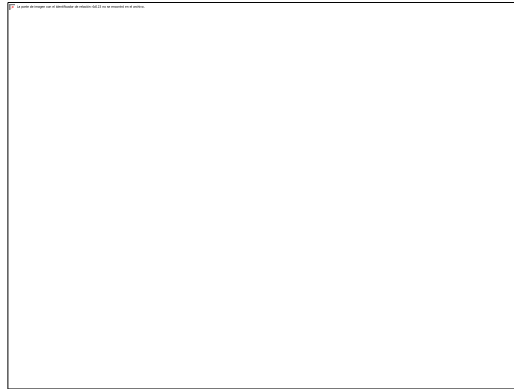
Descripción del daño

Perdida del sello elastomérico en la junta de expansión sobre pilas.

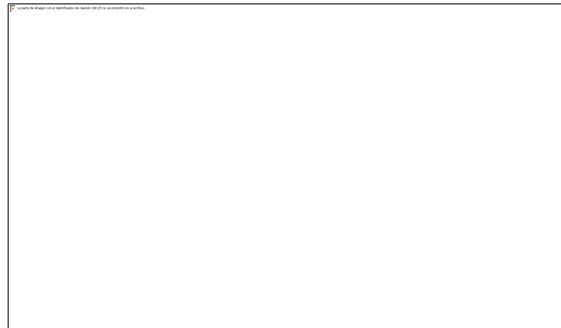
Daño: Filtraciones de Agua



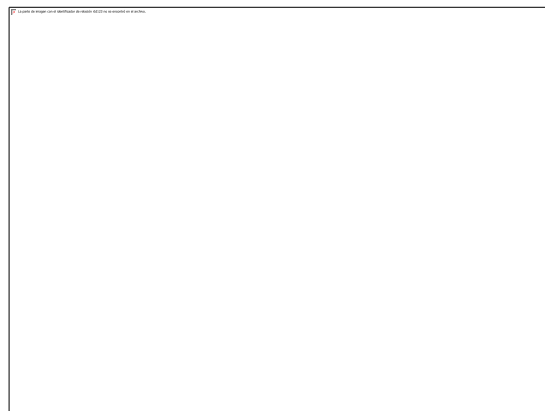
Filtración de Agua -Quebrada Delicias - Grado 5



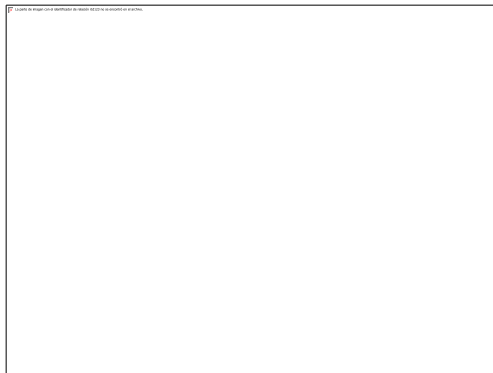
Rio Peñas Blancas-Grado 5



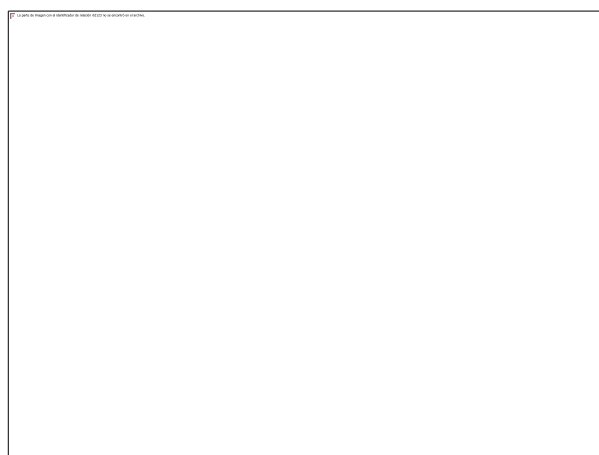
Rio Achote- Grado 4- Filtraciones de Agua



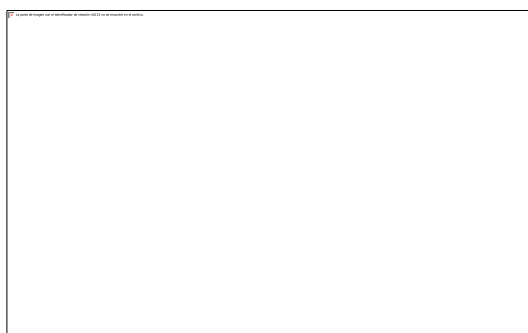
Rio Arenal- Grado 4- Filtración de Agua



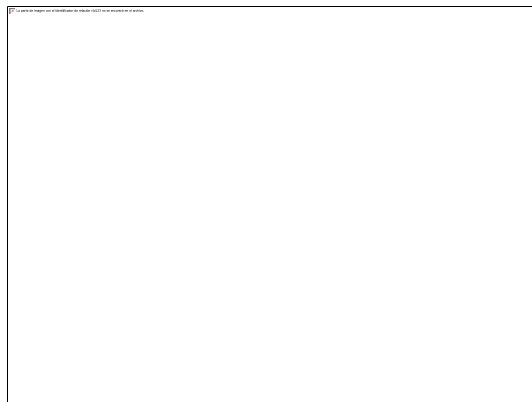
Rio Kopper- Filtración de Agua- Grado 5



Rio Kopper- Filtración de Agua- Grado 5



Filtración de agua - Rio La Muerte - Grado 4



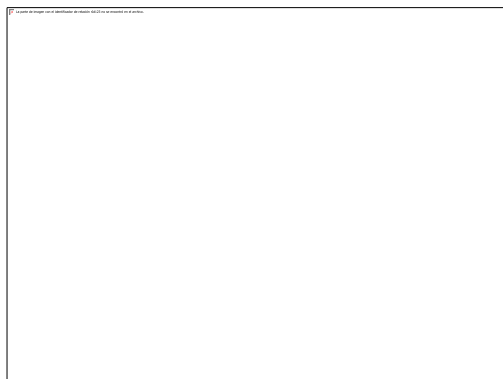
Rio Paste – Filtraciones de Agua- Grado 4

Descripción del daño

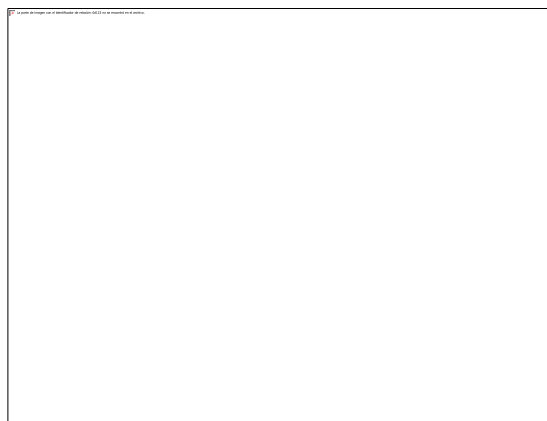
Las filtraciones cubren un 50 % y en toda de la pared frontal y la viga cabezal, esto es debido a las juntas de expansión son abiertas.

Las juntas obstruidas tienen un 50 % de filtración en vigas y bastiones debido a la pérdida del sello de agua.

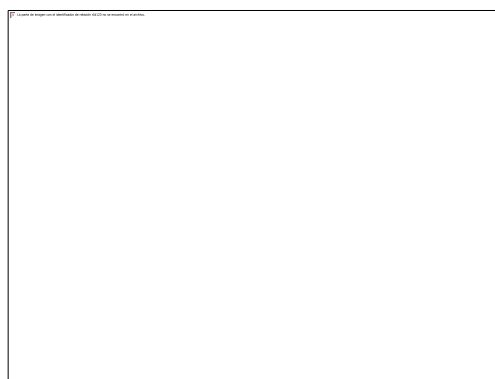
Daño: Juntas Obstruidas



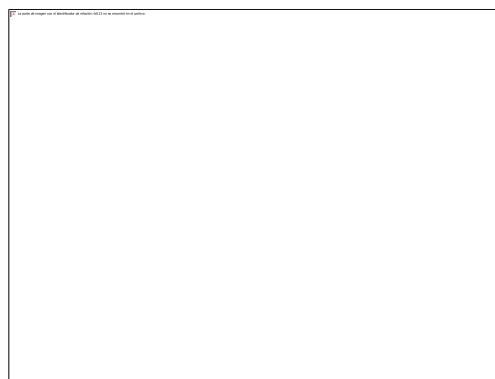
Q. Delicias-Grado 5- Obstrucción



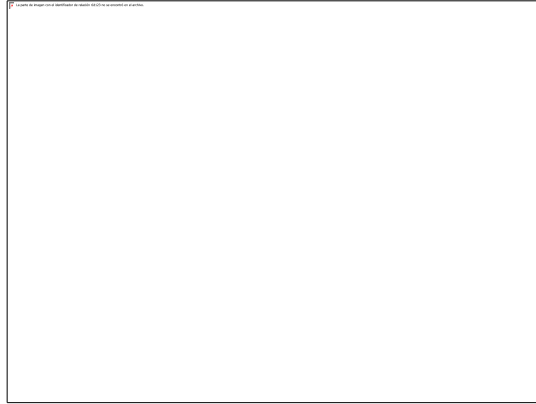
Quebrada Delicias-Grado 5- Obstrucción



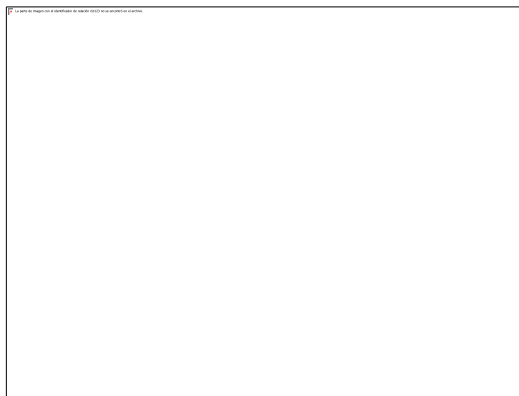
Quebrada Peñas Blancas-Grado 5



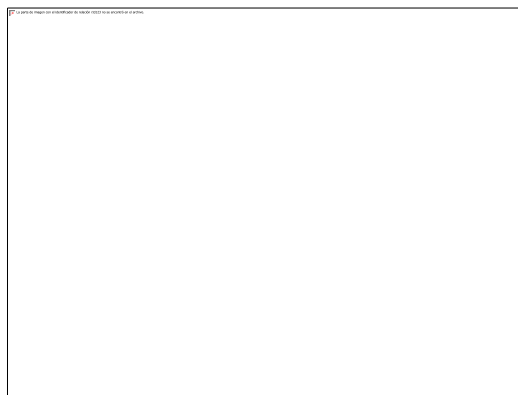
R. Cacao-Grado 5- Obstrucción



R. Paste-Grado 5- Obstrucción



R. Rito -Grado 5- Obstrucción

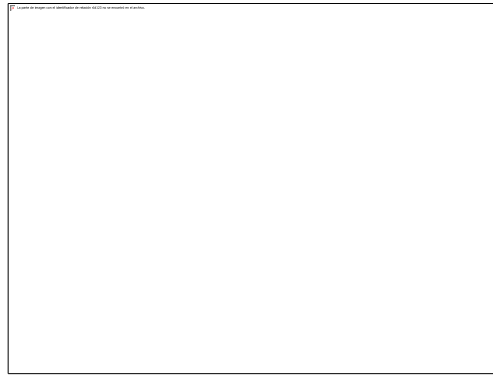


R. Samen - Grado 5- Obstrucción

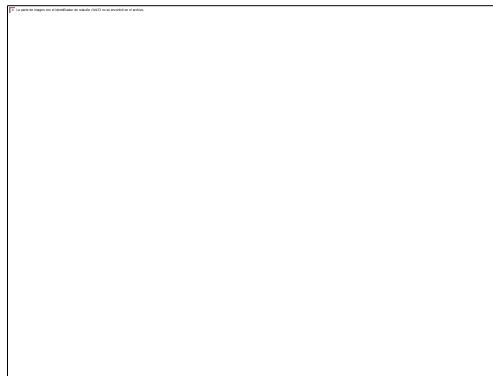
Descripción del daño

Las juntas están obstruidas por material de deposición o materiales que las condiciones ambientales depositan, así también de sobrecapas de asfalto que ocasiona que los conductores deban reducir la velocidad para pasar por el sitio.

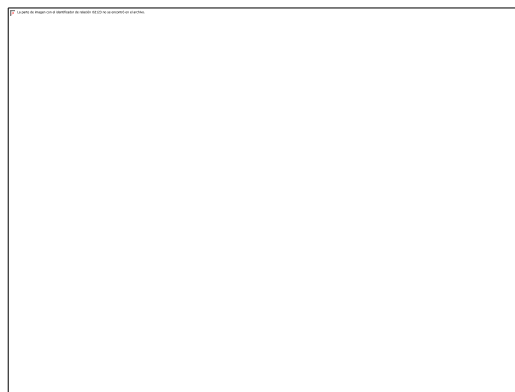
Clasificación: Superestructura, LOSA Daño: Grietas en una dirección.



Rio Peñas Blancas- Grietas en una dirección- Grado 5



Rio Kopper - Grietas en una dirección- Grado 5

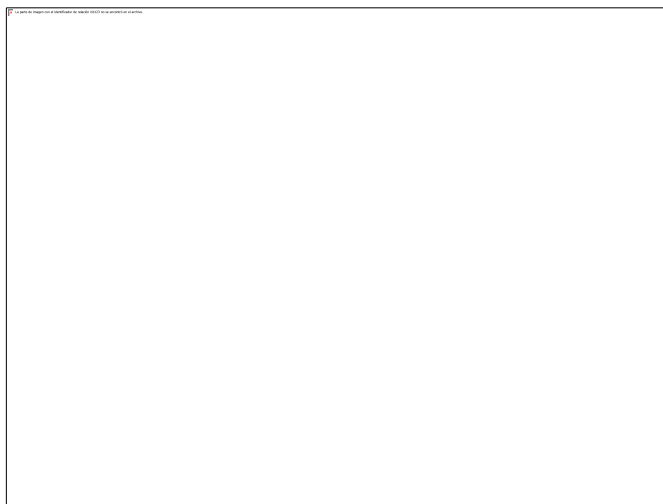


Rio Sapoá - Grietas en una dirección- Grado 5

Descripción del daño

El ancho de las grietas en una dirección es mayor a 0,2 mm en intervalos de menos de 0.5m.

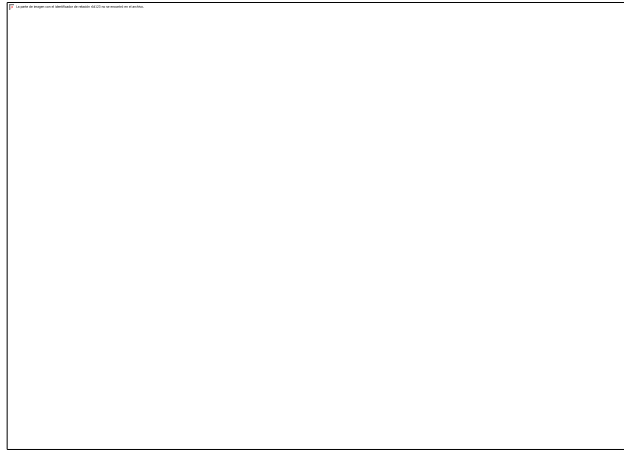
Daño: Grietas en dos direcciones



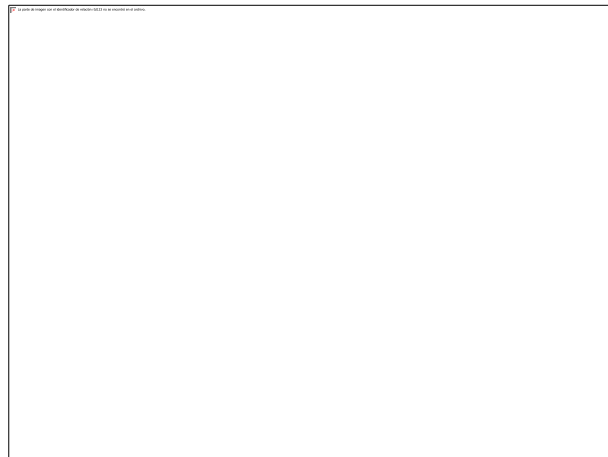
Rio Peñas Blancas- Grietas en dos dirección- Grado 5



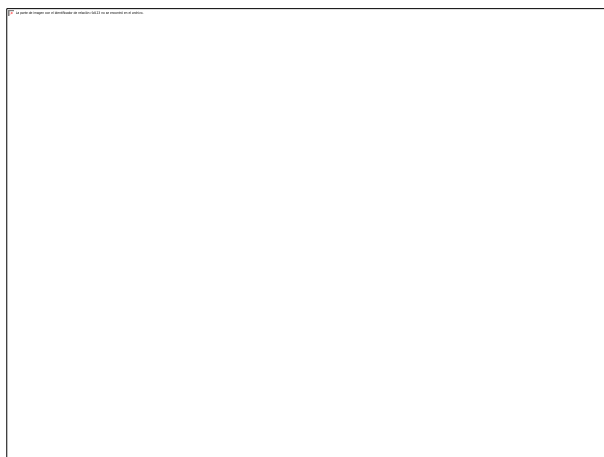
Rio Kopper - Grietas en dos dirección- Grado 4



Rio San Rafael - Grietas en dos dirección- Grado 4



Rio San Rafael - Grietas en dos dirección- Grado 4

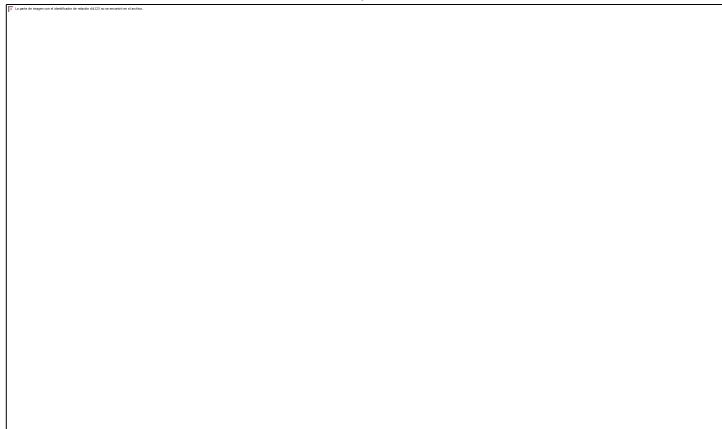


Rio Sapoa - Grietas en dos dirección- Grado 5

Descripción del daño

El ancho de las grietas es mayor a 0.2 mm con intervalos menores a 50 cm.

Clasificación: Accesorios, Pavimento Daño: Baches

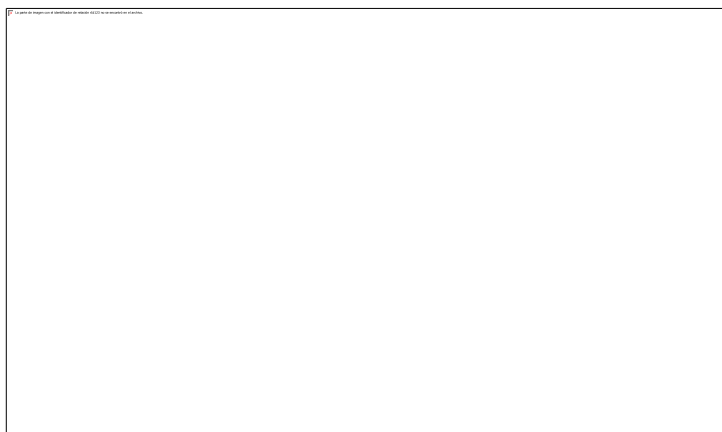


Rio Arenal - Baches- Grado 4

Descripción del daño

La profundidad del bache es mayor que 50 mm.

Daño: Ondulaciones



Rio Arenal - Ondulaciones - Grado 4

Descripción del daño

La profundidad es mayor a 4 cm.

Daño: Sobrecapa de Asfalto

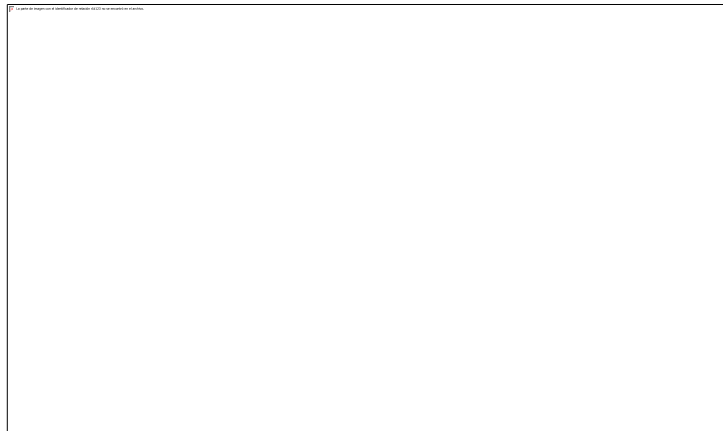


Rio Arenal - Sobrecapa - Grado 5

Descripción del daño

El espesor de la capa de asfalto es de alrededor de los 100 mm produciendo un sobrepeso a la estructura.

Daño: Surco



Rio Arenal - Surco - Grado 4

Descripción del daño

La profundidad es mayor a 4 cm.

**Clasificación: Superestructura, PINTURA Daño:
Decoloración**



Rio Sarapiquí - decoloración - Grado 5

Descripción del daño

Decoloración de la pintura en la mayoría de estructura, debido a la falta de mantenimiento.

Daño: Ampollas

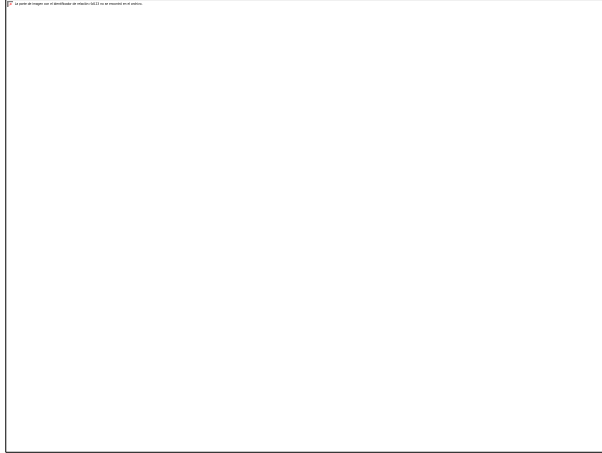


Rio Arenal - Pintura ampolla - Grado 5 - Ing. Roberto Vega Guzmán

Descripción del daño

Se observa que el óxido socava más de 10 cm cuadrados en la superficie de la estructura.

Daño: Descascaramiento



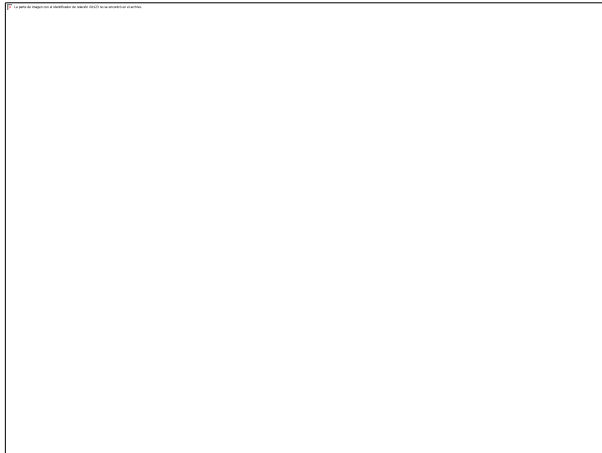
Rio Arenal - Pintura descascaramiento - Grado 5

Descripción del daño

Se observa un considerable descascaramiento de la pintura con oxido. Los principales daños se dan en cuerda inferior y cerca de los apoyos.

Clasificación: Superestructura, SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO

Daño: Oxidación



Rio Sabalo - Oxidación arriostres - Grado 5

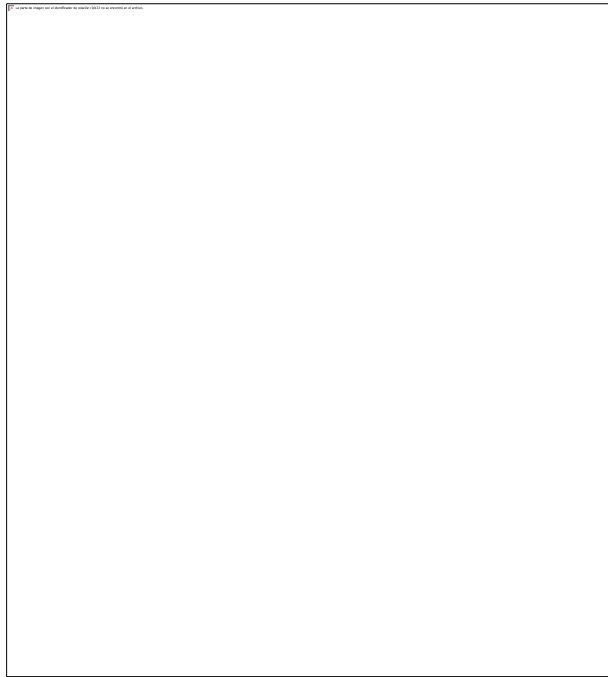
THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY

Clasificación: Superestructura, VIGA DIAFRAGMA DE CONCRETO

Descripción del daño

181

Daño: Descascaramiento



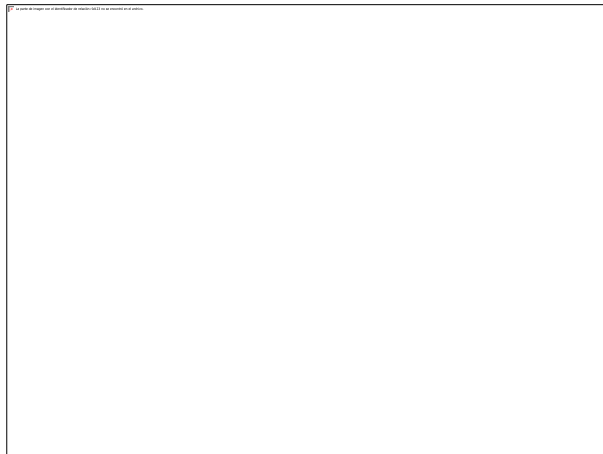
Rio Samen - Descascaramiento - Grado 4

Descripción del daño

Descascaramiento en viga diafragma de concreto.

Clasificación: Superestructura, VIGA PRINCIPAL DE ACERO

Daño: Deformación

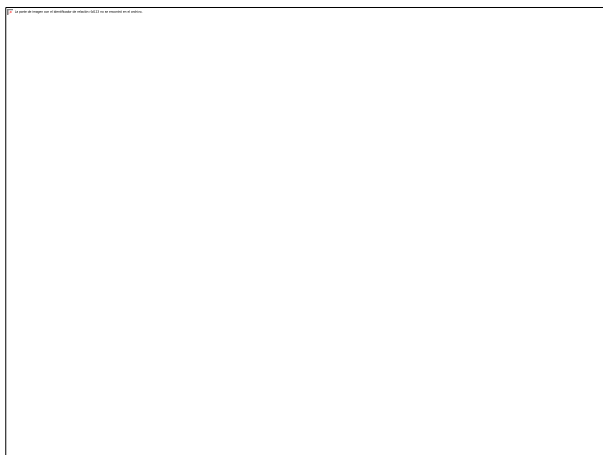


Rio Arenal - Deformación - Grado 5

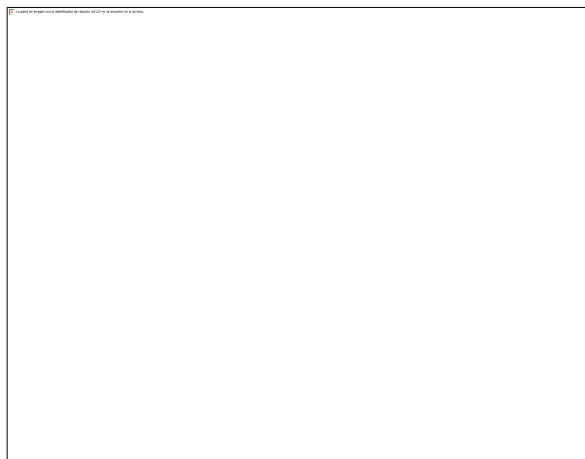
Descripción del daño

Deformación en vigas principales de Acero

Daño: Oxidación



Rio Arenal - Oxidación - Grado 5



Rio Sarapiquí - Oxidación - Grado 5

Descripción del daño

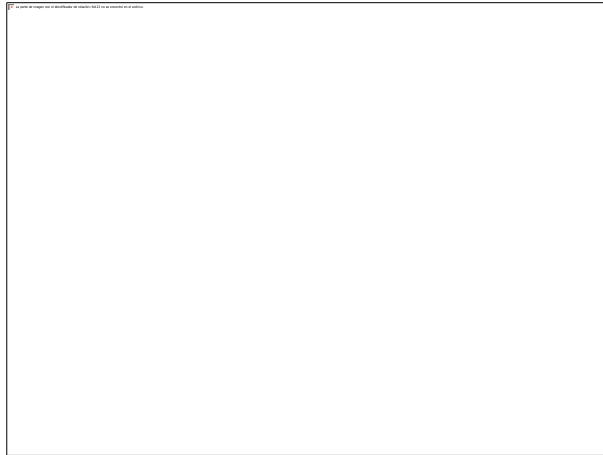
Más del 50% de la superficie está cubierto por oxidación.

Atención a Mediano Plazo:

Los daños que necesitan atención a corto plazo son leves y tienen bajo riesgo de falla no afectando aun su funcionalidad, pero si no son tratados a cierto tiempo puede aumentar su potencial de falla llevándolo a un estado crítico. Se encuentran en escala de 2 a 3.

Clasificación: Superestructura, APOYOS

Daño: DEFORMACION EXTRAÑA



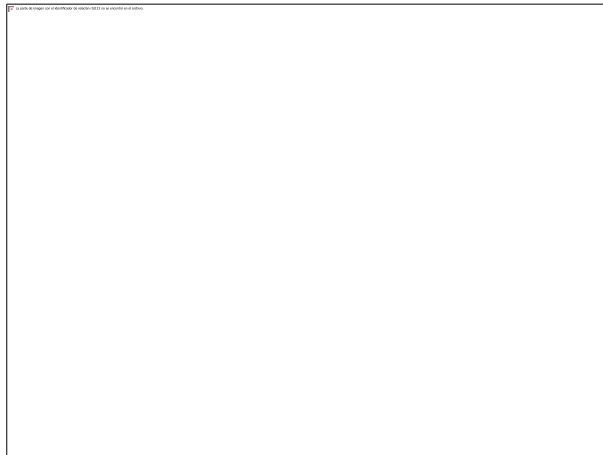
Rio Kopper - Grietas en una dirección- Grado 3

Descripción del daño

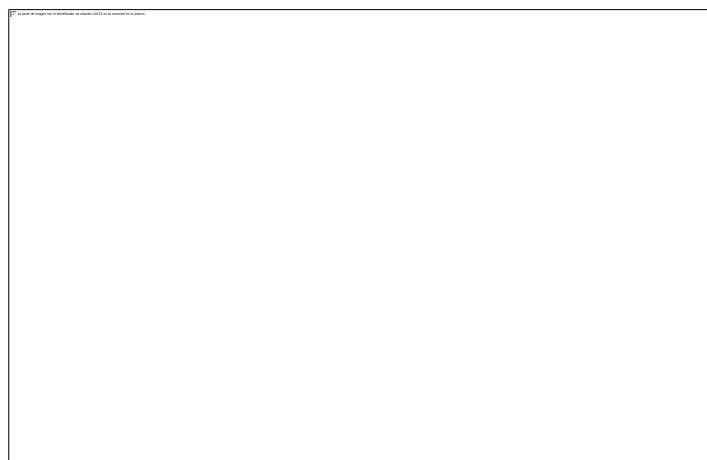
Se observa deformaciones en las placas del apoyo.

.

Daño: DESPLAZAMIENTO



Rio Kopper – desplazamiento - Grado 3

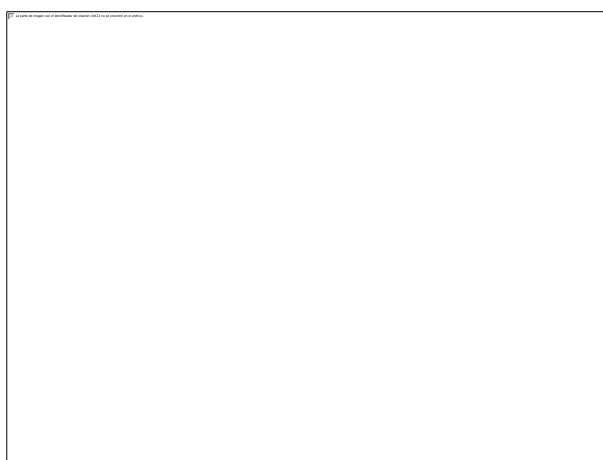


Rio Sarapiquí – desplazamiento - Grado 2

Descripción del daño

Los apoyos internos presentan corrimientos de alrededor de los 1,5 cm, están ligeramente desplazados.

Daño: Inclinação

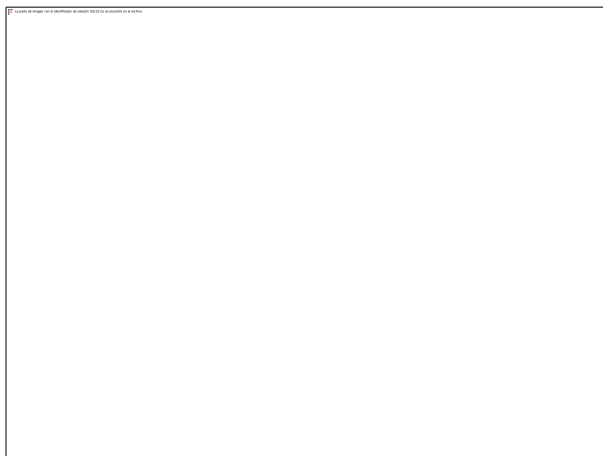


Rio Peñas Blancas – Inclinação - Grado 3

Descripción del daño

Inclinación de apoyos, no se observa movimiento por inclinación del bastión.

Daño: Rotura de apoyo



Rio Paste – Rotura de apoyo- Grado 2

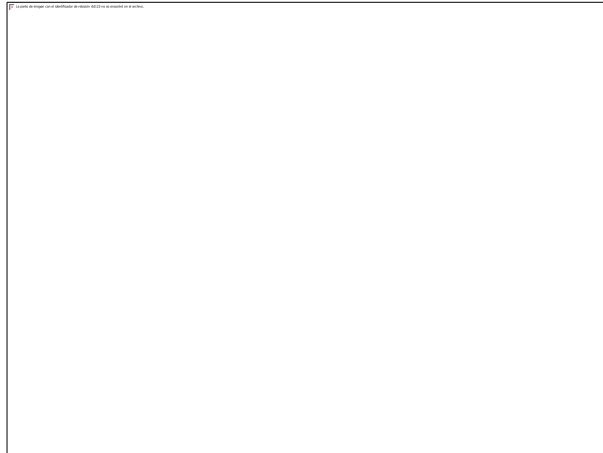
Descripción del daño

Rotura en los pernos del apoyo, tornillos quebrados.

Atención a Mediano Plazo

Clasificación: Accesorios, JUNTAS DE EXPANSION

Daño: Faltante o deformación.

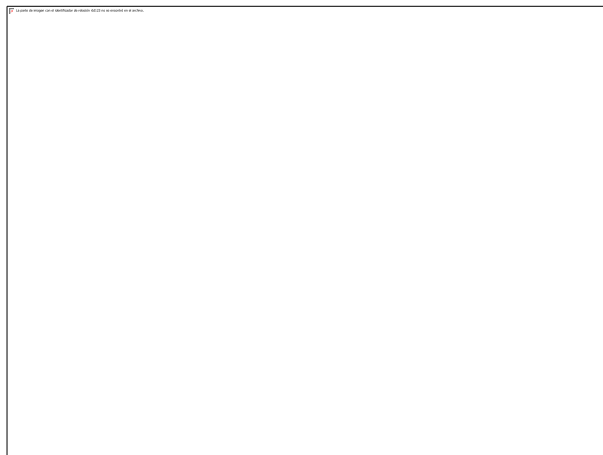


Rio Jicarito - Grietas en una dirección- Grado 3

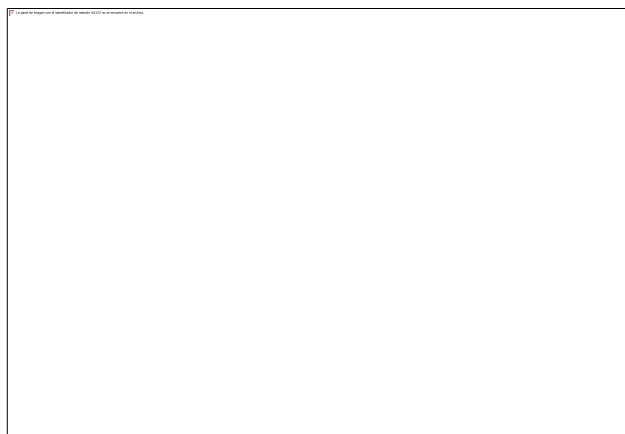
Descripción del daño

Juntas obstruidas por material de deposición

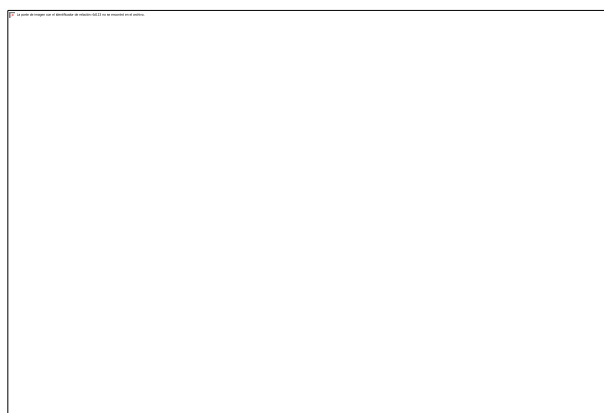
Daño: Filtración de agua



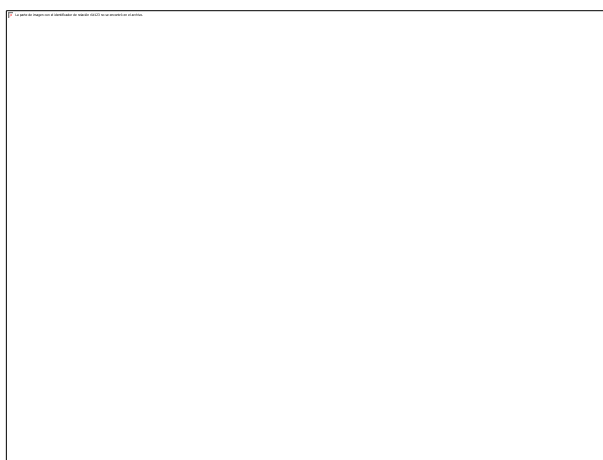
Rio Jicarito - Grietas en una dirección- Grado 3



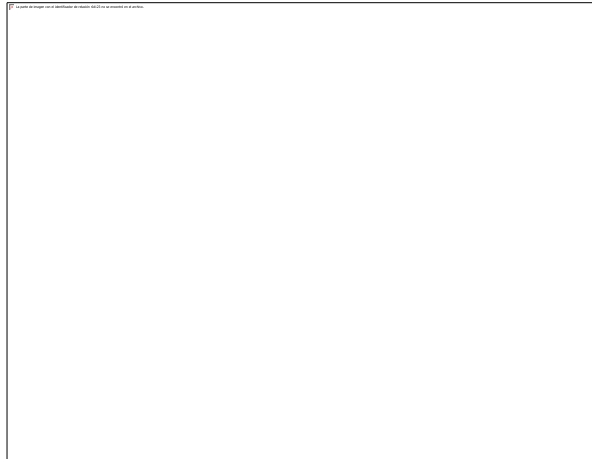
Rio Chirripó – Filtraciones de agua - Grado 3



Rio Samen – Filtraciones de agua - Grado 3



Rio San Rafael – Filtraciones de agua - Grado 2



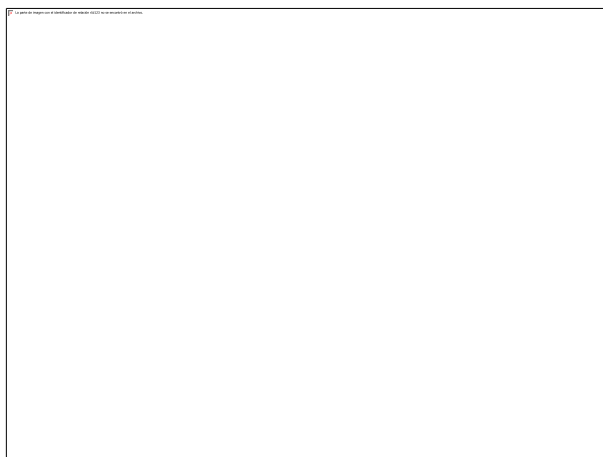
Rio Sucio – Filtraciones de agua - Grado 3

Descripción del daño

La filtración de agua se da en partes importantes como en el bastión y viga cabezales cuyas áreas no supera el 50% del mismo.

Condición que debe ser atribuida a las juntas del puente.

Daño: Movimientos verticales



Rio Jicarito – Movimiento Verticales - Grado 2

Descripción del daño

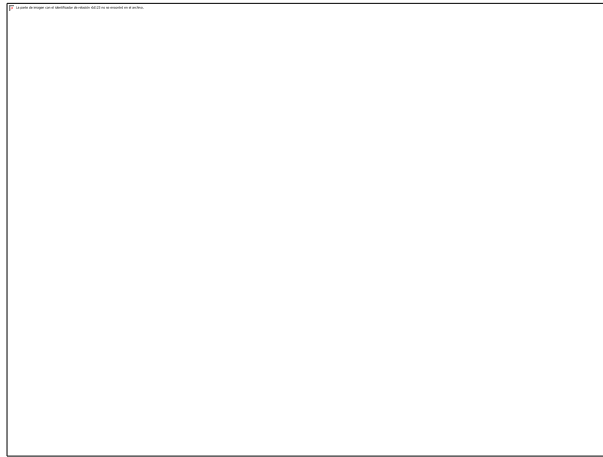
Algunas partes de las juntas están deformadas y se observan pequeños movimientos verticales en las juntas

Daño: Sonidos Extraños

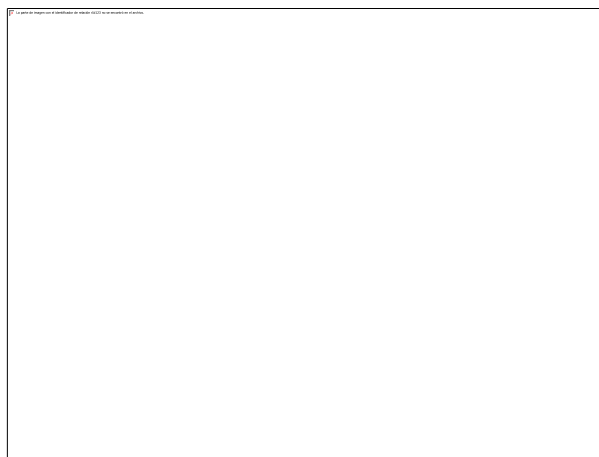
Descripción del daño

Grado 3, se detecta un sonido considerable.

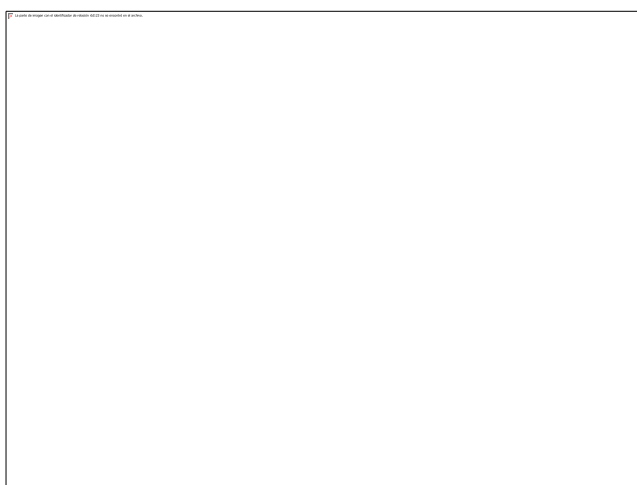
Clasificación: Superestructura, LOSA Daño: Agujeros



Rio Rito – Agujeros - Grado 2



Rio Samen – Agujeros - Grado 2



Rio Sucio– Agujeros - Grado 3

Descripción del daño

En la losa se presentan algunos agujeros posiblemente debido al desgaste ya que se observa en algunos sitios el agregado grueso.

Daño: Descascaramiento

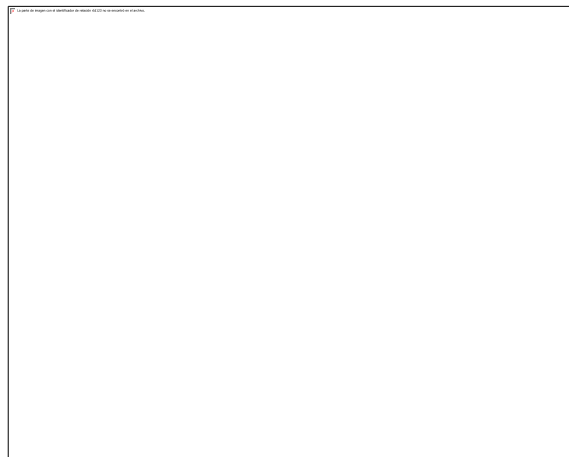


Rio Kopper – Descascaramiento - Grado 2

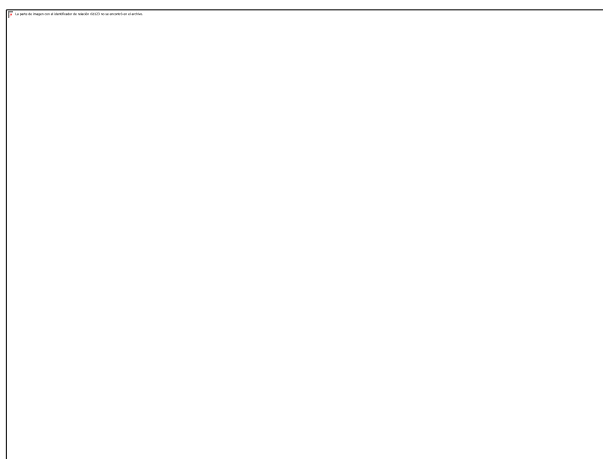
Descripción del daño

Existen indicios de descascaramiento.

Daño: Eflorescencia



Rio Delicias– Eflorescencia en losa - Grado 2

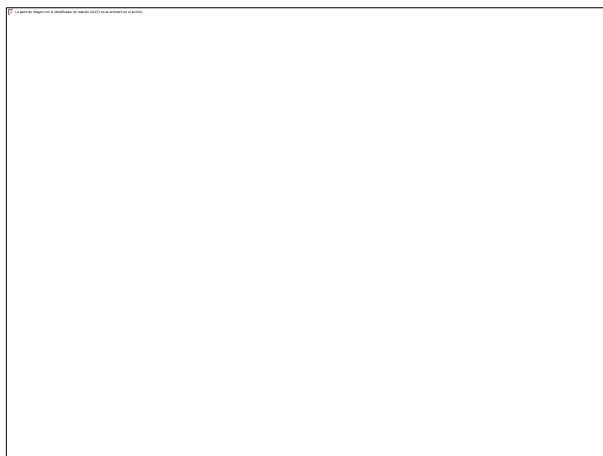


Rio Cacao – Eflorescencia en cara inferior de losa - Grado 2

Descripción del daño

En la losa se observó eflorescencia y pequeñas manchas blancas en la superficie de rodamiento.

Daño: Grietas en una dirección

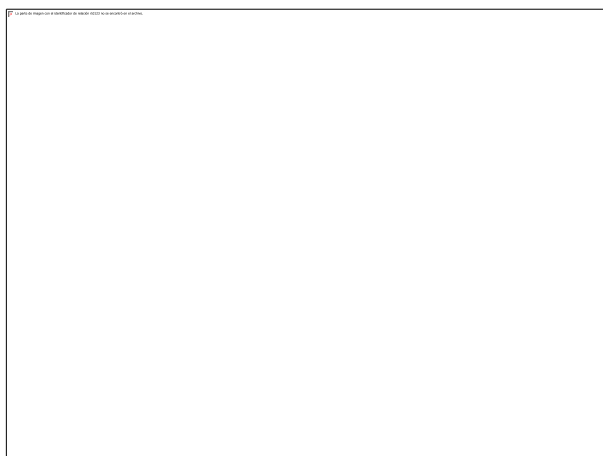


Rio Animas – Grieta en una dirección - Grado 2

Descripción del daño

Con espesores de aproximadamente 3 mm en la zona de entrada y salida del puente, el ancho de las grietas en la losa es menor a 2 mm en intervalos de más de 1 m.

Daño: Nidos de piedra



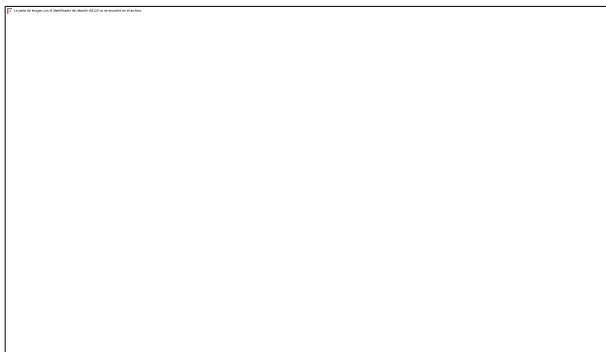
Rio Sábalo – Nido de piedra en losa - Grado 2

Descripción del daño

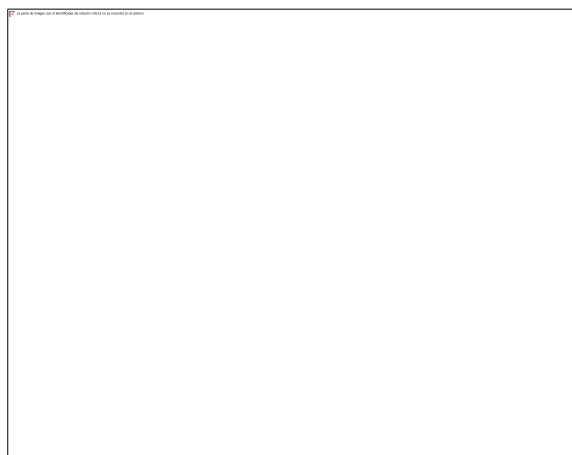
Zona de nido de piedra con acero de refuerzo expuesto.

Clasificación: Accesorios, PAVIMENTO

Daño: Bache



Rio Sarapiquí – Baches - Grado 2



Rio Chirripó – Baches - Grado 2

Descripción del daño

Baches poco profundos, mayores que 50 mm y baches menor que 2 cm, con tendencia a extenderse progresivamente.

Daño: Ondulación

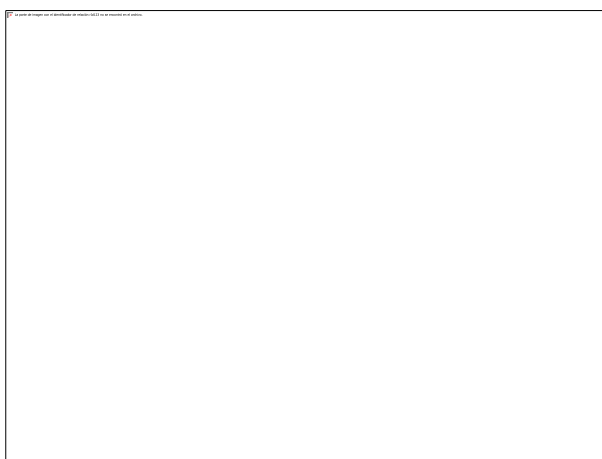
Daño: Sobrecapa de asfalto

Descripción del daño

Sobrecapa de asfalto en losa de concreto.

Clasificación: Superestructura, PINTURA

Daño: Ampolla

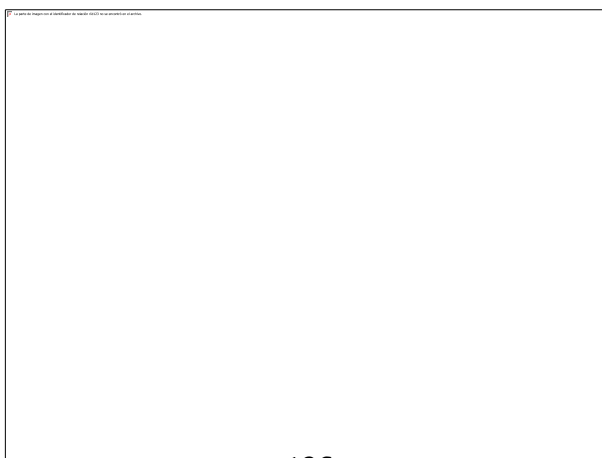


Rio Peñas Blancas – Ampollas - Grado 2

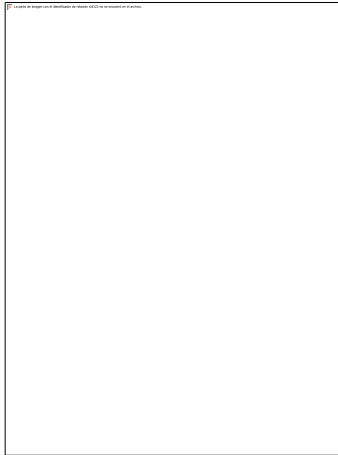
Descripción del daño

Ampollas en pintura

Daño: Decoloración



Rio Peñas Blancas – decoloración - Grado 3

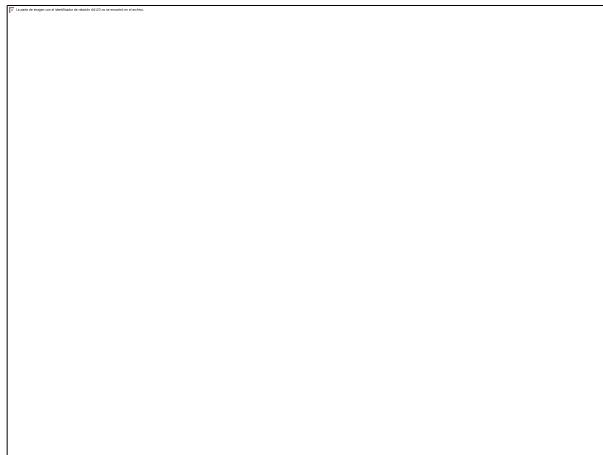


Rio Arenal – decoloración - Grado 3

Descripción del daño

Decoloración de pintura en la estructura de acero.

Daño: Descascaramiento



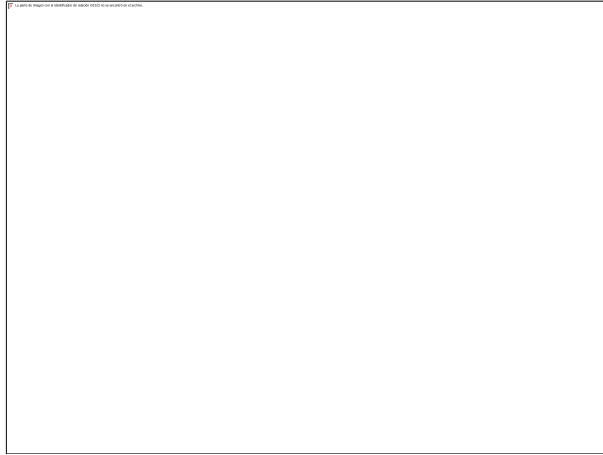
Rio Peñas Blancas – descascaramiento - Grado 3

Descripción del daño

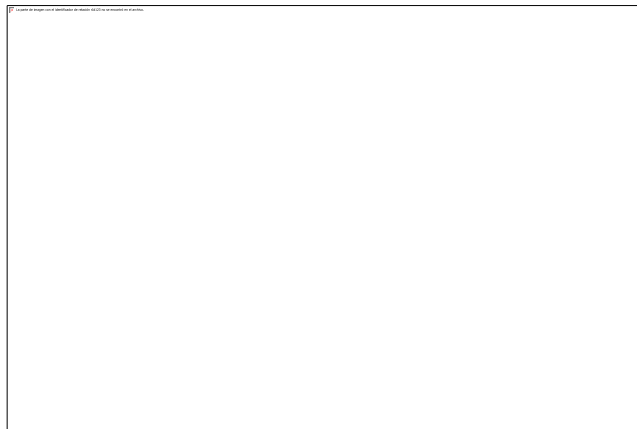
Descascar amiento de pintura en la estructura

Atención a Mediano Plazo

Clasificación: Superestructura, Sistema de Arriostramiento Daño: Corrosión



Rio Peñas Blancas- Corrosión arriostres- Grado 2

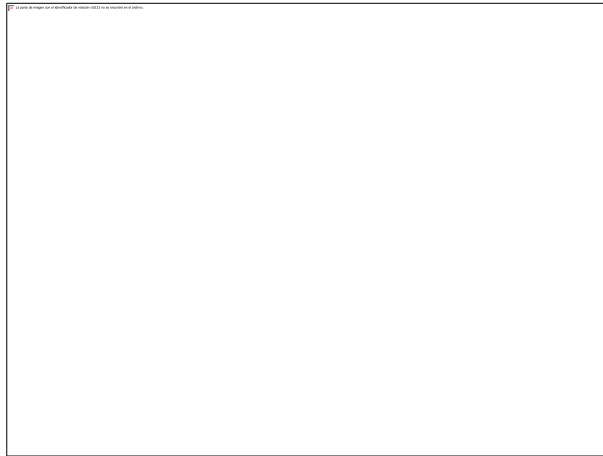


Rio Sábalo - Corrosión arriostres- Grado 2

Descripción del daño

Se observa el principio de corrosión.

Daño: Deformación

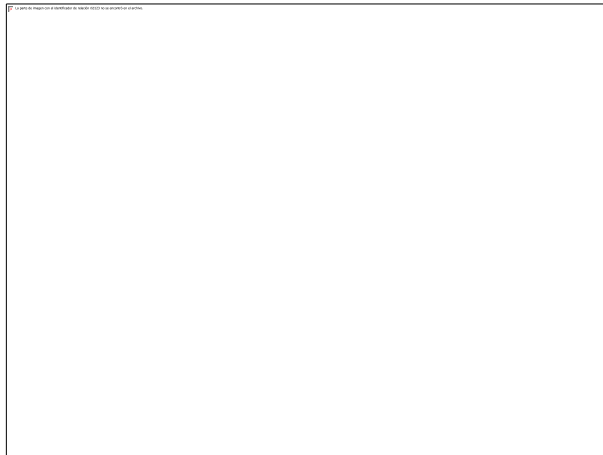


Rio Peñas Blancas- Deformación en arriostre- Grado 2

Descripción del daño

Se observa deformación en el elemento

Daño: Oxidación



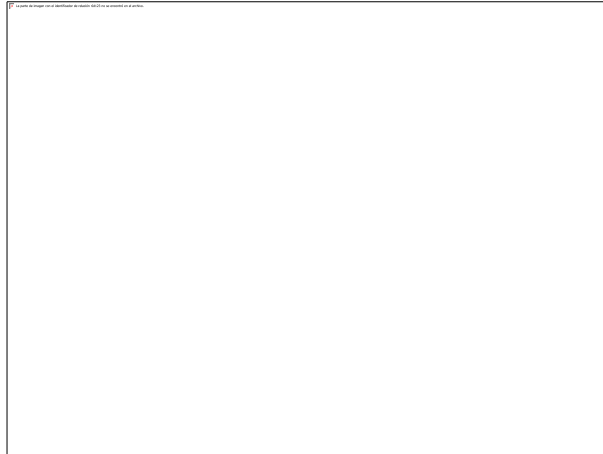
Rio Peñas Blancas- Oxidación - Grado 2

Descripción del daño

La oxidación comienza en los bordes filosos de la superficie de la estructura.

Clasificación: Superestructura, VIGA DIAFRAGMA CONCRETO

Daño: Acero de refuerzo

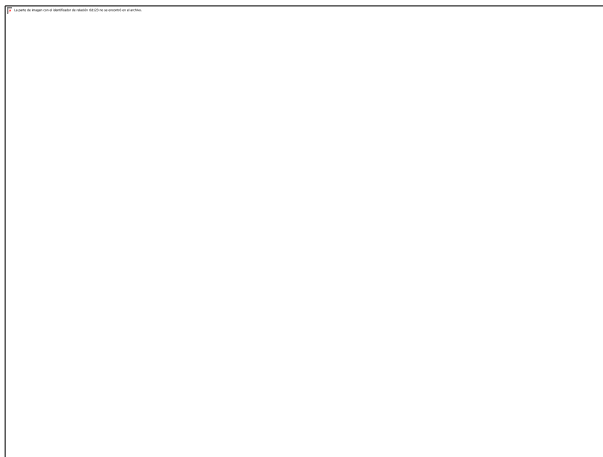


Rio Rito –Acero expuesto - Grado 3

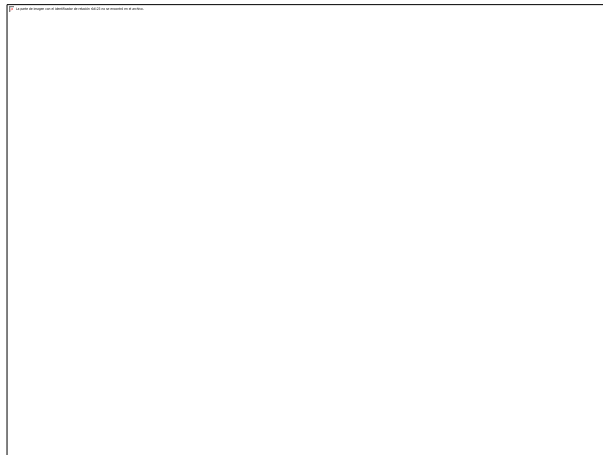
Descripción del daño

El acero está expuesto en pequeñas partes de la viga diafragma.

Daño: Descascaramiento



Rio Delicias – Descascaramiento - Grado 3

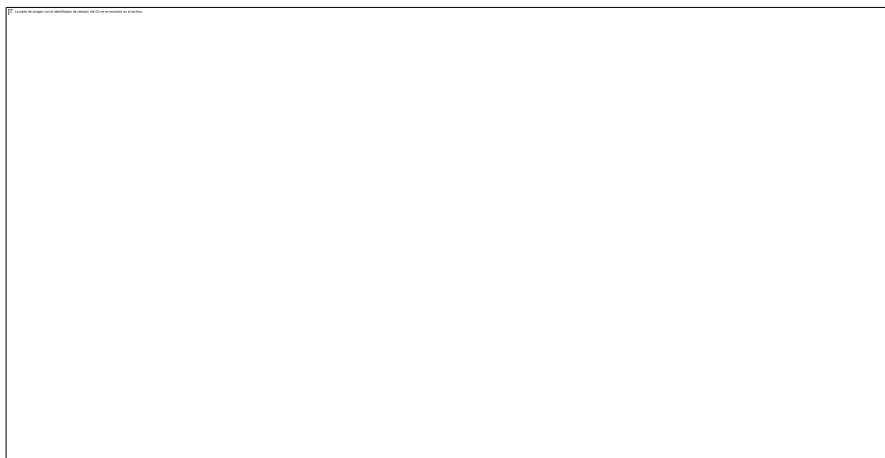


Rio Rito - Descascaramiento - Grado 3

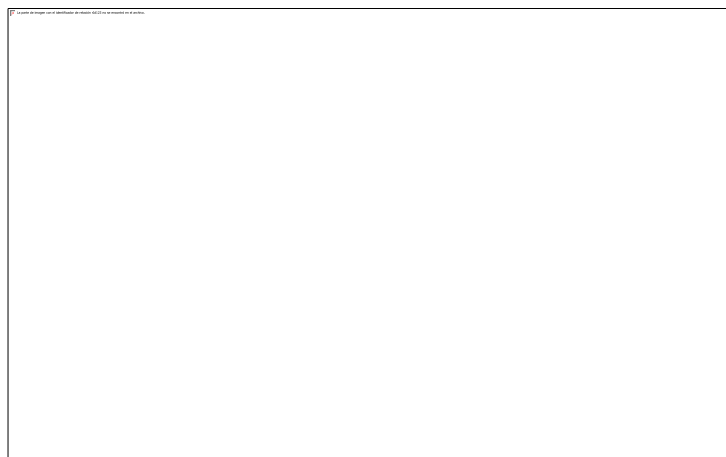
Descripción del daño

En la viga diafragma ha crecido el descascaramiento en algunas partes de la superficie de la estructura.

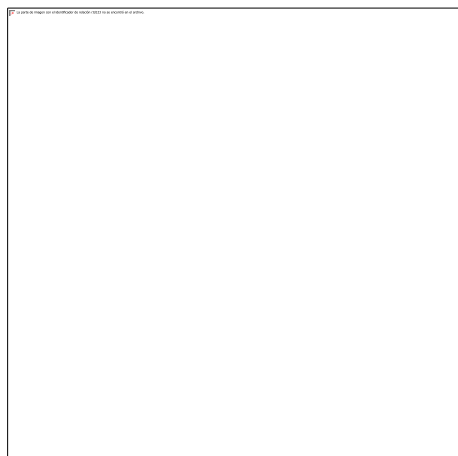
Daño: Eflorescencia



Rio Jicarito- Eflorescencia - Grado 2



Rio Delicias - Eflorescencia - Grado 3

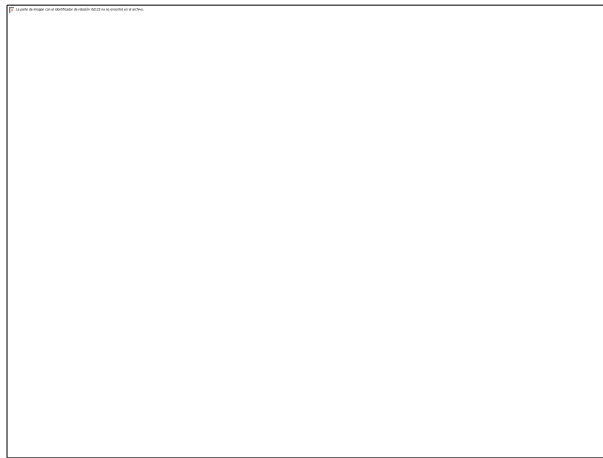


Rio Rito - Eflorescencia- Grado 2

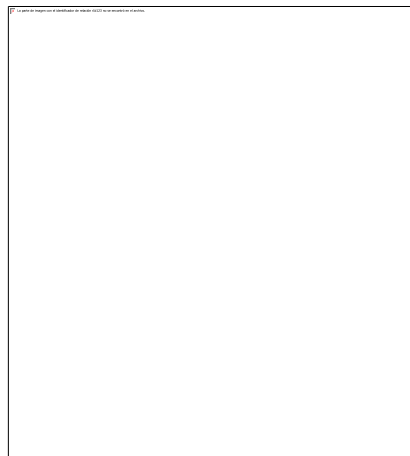
Descripción del daño

En la viga diafragma se observó eflorescencia a lo largo de la grieta en menos de la mitad del área de losa, las vigas diafragma presenta gran densidad de nidos de piedra y además presencia de eflorescencia en algunas zonas y presencia de manchas blancas en diafragma.

Daño: Nido de piedra



Rio Cacao – Nido de piedra - Grado 2



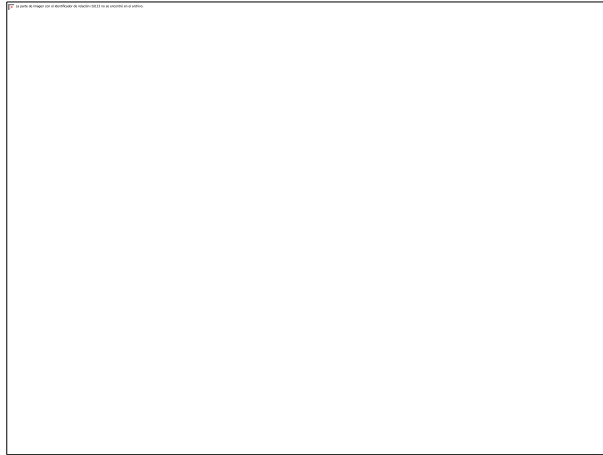
Rio Samen – Nido de piedra - Grado 3

Descripción del daño

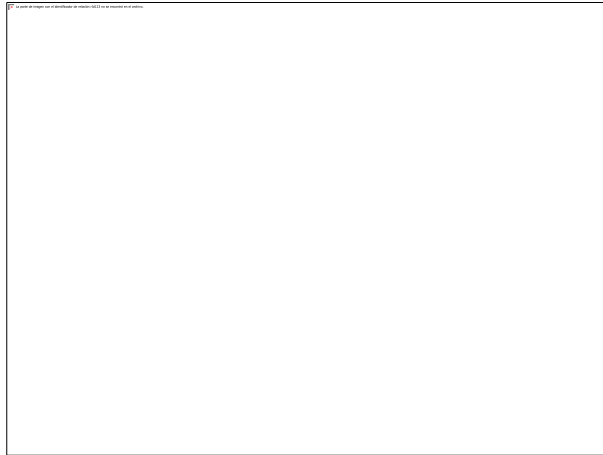
Nidos de piedra en el diafragma.

Clasificación: Superestructura, VIGA PRINCIPAL DE ACERO

Daño: Corrosión



Rio Peñas Blancas- Corrosión Viga principal - Grado 2

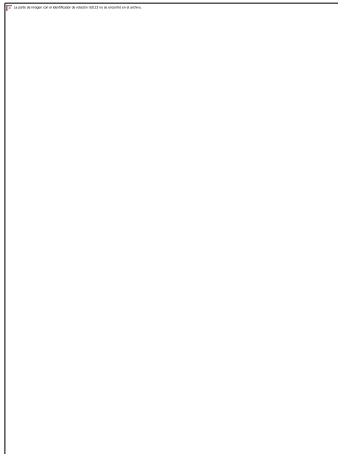


Rio Arenal - Corrosión Viga principal - Grado 2

Descripción del daño

Se observa el principio de corrosión, también en lugares específicos cercanos a los apoyos. Algunas partes están reducidas por corrosión.

Daño: Deformación



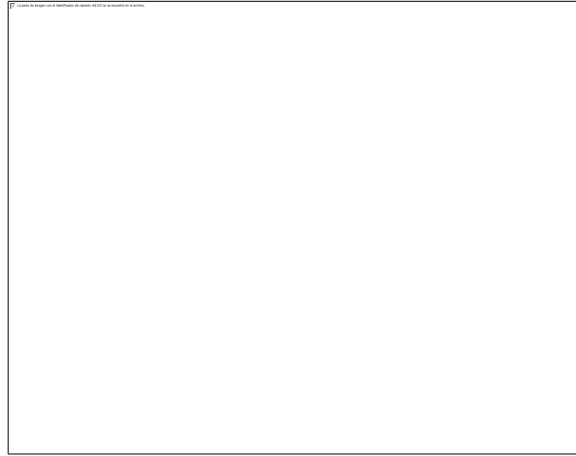
Rio Estero Hondo – deformación viga principal - Grado 2

Descripción del daño

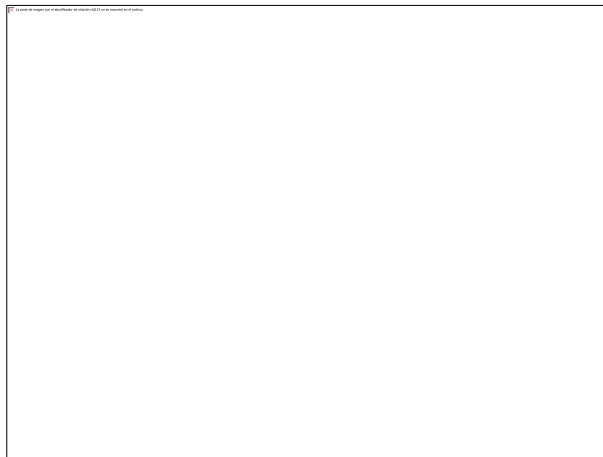
La cercha del puente presenta pequeñas deformaciones.

Clasificación: Superestructura, VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO

Daño: Acero de refuerzo



Rio Rito – Acero de refuerzo - Grado 3

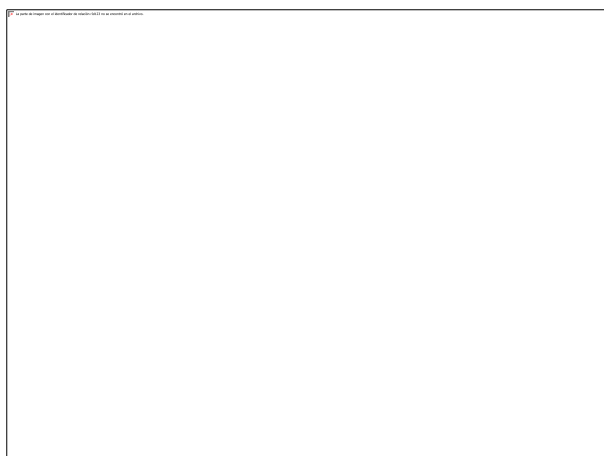


Rio San Rafael – Acero de refuerzo expuesto, por golpe

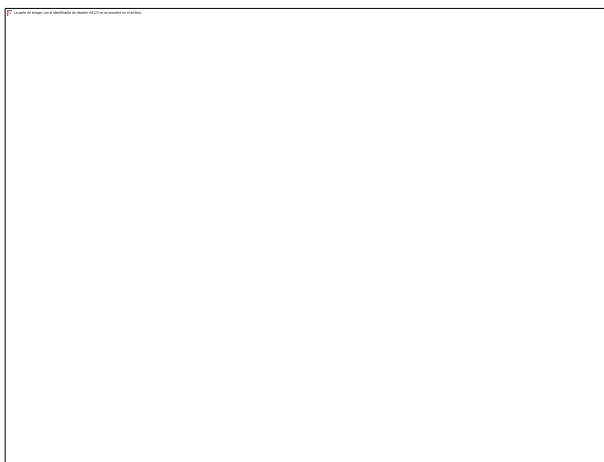
Descripción del daño

El acero de refuerzo expuesto en vigas principales, se presenta el mismo deterioro en el ala superior de una de las vigas principales. Así mismo por golpes se observa acero de refuerzo en viga principal.

Daño: Descascaramiento



Quebrada Maquencal – Descascamiento (alcantarilla) - Grado 3



Rio Chirripo – Descascamiento en viga cajón - Grado 3

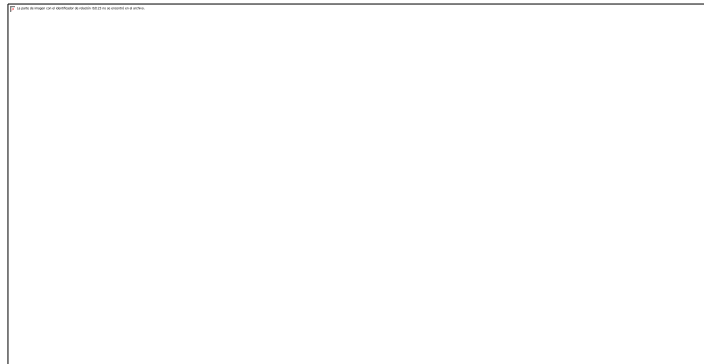


Rio Rito – Descascaramiento - Grado 3

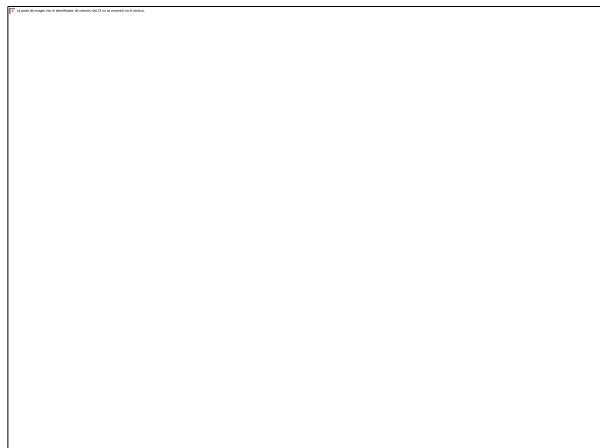
Descripción del daño

Presenta descascaramiento en la parte inferior de la viga cajón producto de un daño local en el concreto. Ha crecido el descascaramiento en algunas partes de la viga principal.

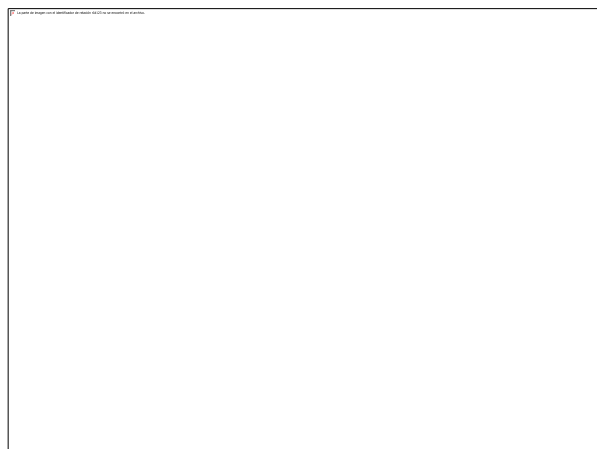
Daño: Eflorescencia



Rio Jicarito –Eflorescencia - Grado 3

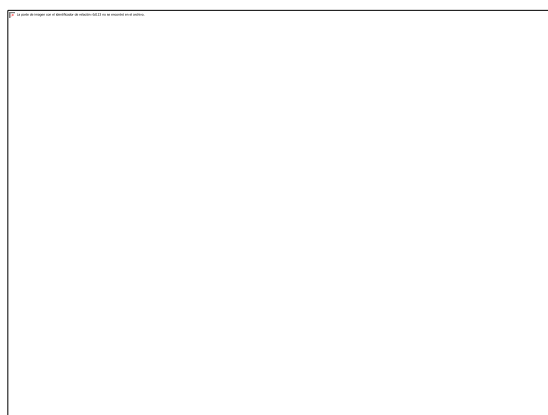


Rio Delicias –Eflorescencia - Grado 2



Rio la muerte –Eflorescencia - Grado 2

Rio Rito –Eflorescencia - Grado 2



Rio Samen –Eflorescencia - Grado 2

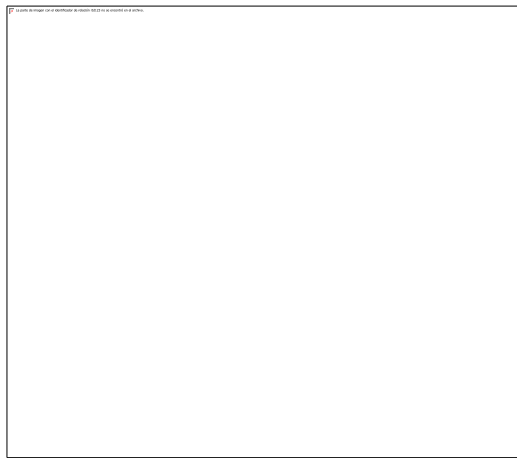
Descripción del daño

Se observó en algunos elementos manchas blancas mientras que otros presentan eflorescencia estos también tienen a lo largo de toda la grieta, sobre la superficie de concreto, en la viga principal.

Daño: Grietas en una dirección



Rio Chirripo – grieta en una dirección - Grado 3



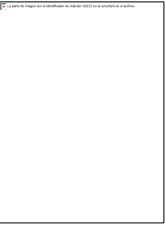
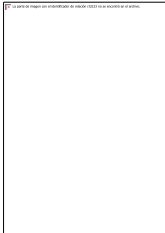
Rio Achote – grieta en una dirección- Grado 3

Descripción del daño

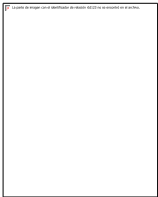
El agrietamiento en la viga principal tiene un ancho menor a 0,2 mm, se presume que es debido a la contracción, a intervalos de no más de 50 cm, que no comprometen la integridad de la estructura.

5.4. Análisis Causa- Efecto

Elementos	Daño	Causas	Efecto
Accesorios			
Pavimento	Ondulaciones	Ondulaciones - Desplazamiento ocasionado por cargas de tránsito. - Mezclas asfálticas poco estables, ya sea por exceso de bitumen, falta de vacíos o por confinamiento lateral. - Mala ejecución de riego de liga o imprimación, no permite una adecuada adherencia entre capa asfáltica y capa subyacentes.	Ondulaciones - Logra en los vehículos un excesivo balanceo que genera una sustancial incomodidad y riesgo para la seguridad de circulación. - Sustancial reducción de la velocidad.
	Surcos	Surcos - Mezcla asfáltica inestable. - Baja capacidad estructural del pavimento. - Sobrecargas y altos volúmenes de tránsito no previstos en el diseño original. - Exceso de ligantes de riegos. - Por el paso continuo de las ruedas de los vehículos.	Surcos - Logra en los vehículos un excesivo balanceo que genera una sustancial incomodidad y riesgo para la seguridad de circulación. - Defecto en la nivelación de la vía.
	Grietas	Grietas - Son fisuras o cavidades que se producen generalmente por vibraciones o cambios de temperatura. - Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad. - Fatiga por debilidad estructural. - Deficiente confinamiento lateral. - Movimiento de las losas de concreto hidráulico, por diversas causas, bajo la carpeta asfáltica. - Fatiga por repetición de cargas. - Fin de su vida útil. - Envejecimiento del ligante. - Perdida de flexibilidad. - Capas adicionales sobre la superficie del puente. - Espesores insuficientes. - Defectos constructivos. - Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.	Grietas - Defecto en la nivelación de la vía. - Descascaramiento o despostillamiento de los bordes. - Causan leve incomodidad a la conducción. - Filtración de agua. - Rotura o desprendimiento del material asfáltico. - Tendencia a formar una malla de grietas (fisuras longitudinales)
	Baches	Baches - Acción del tránsito sobre áreas con fisuras tipo piel de cocodrilo, con nivel alto de severidad, causa desintegración y posterior remoción de la superficie del pavimento. - Limpieza insuficiente previa al tratamiento superficial. - Esparcido heterogéneo del ligante (asfalto)	Baches - Defecto en la nivelación de la vía. - Afectación al tránsito. - Probabilidad de ocurrencia de accidente.

Juntas de expansión	Sobrecapa de pavimento 	Sobrecapa de pavimento • Malas prácticas de mantenimiento. • Falta de conocimiento de los entes encargados.	Sobrecapa de pavimento • Aumentan las cargas en el puente.
	Filtración de agua 	Todos los daños • Prácticas de mantenimiento inadecuadas. • Separación o espacio estructural erróneo. • Tamaño o tipología de juntas inadecuadas. • Instalación incorrecta. • Drenaje inexistente o mal ejecutado. • Utilización de materiales inadecuados o defectuosos. • Degradación por el ambiente • Carencia de mantenimiento. • Acumulación de depósitos de suciedad en las ranuras entre las distintas partes de la junta.	Todos los daños • Disminuye la funcionalidad de la estructura, interrumpiendo su movimiento. • Posibilidad de provocar accidente de tráfico. • El daño a otra estructura del puente debido a su impermeabilidad o el paso de otro material.
	Juntas Obstruidas 	• Deficiencias en el diseño de la junta acompañado con una falta de sello. • Permite que haya acumulación de obstáculos que con el tiempo no contribuyen al adecuado funcionamiento de la misma. • Obstrucción, rotura o ausencia de sello: No permite cumplir con su función impermeable y además puede impedir el movimiento del dispositivo de junta.	• Impacto en la entrada del vehículo al puente. • Provoca daños en otros elementos del puente. • Aumenta las cargas dinámicas del tráfico, las cuales se transmiten directamente a la estructura. • Disminución de la calidad de la rodadura. • Posibilidad de provocar accidentes de tráfico.
	Movimiento Vertical 	• Asentamientos en los terraplenes de acceso que producen un desnivel con el tablero de la superestructura del puente, lo cual genera un aumento del impacto vehicular, para cuyo efecto no está preparado estructuralmente dicho componente.	• Empujes del tablero sobre los estribos como consecuencia de errores en el dimensionamiento. • Falta de impermeabilización • La obstrucción de los huecos de las juntas puede inducir importantes esfuerzos en los anclajes.
	Acero de refuerzo Sonidos extraños	• Juntas que no están adecuadamente ancladas a los componentes del puente (funcionamiento no solidario), tales como los diafragmas del estribo, la losa, etc. Este problema se refleja en el deterioro y desprendimiento de sus partes por la inadecuada conformación combinada con un aumento de impacto • Inadecuado diseño de la zona alrededor de las juntas, donde se generan problemas de	• Deficiencias en su diseño estructural, que implica que dicho componente no tenga la capacidad de absorber las deformaciones verticales y horizontales entre la zona de acceso y el tablero del puente. Esto sucede cuando el tipo de junta seleccionado no es el adecuado, lo cual depende del tipo de puente, su tipología y longitud.

		empozamiento de agua y posterior afectación de los componentes de este dispositivo. A causa de este se generan problemas de infiltración que acelera la degradación y deterioro de los componentes del puente adyacentes a este dispositivo (apoyos, losa en concreto reforzado, etc.). • Corrosión en ángulos y platinas que hacen parte de los tipos de juntas de acero. • Inadecuada conexión soldada entre los ángulos y las platinas, la cual es generalmente intermitente con diversos defectos de fabricación que generan una concentración de esfuerzos y posterior deterioro, desprendimiento y falla de los elementos de la junta • Falla de los anclajes que unen los componentes del dispositivo de las juntas con las partes adyacentes del puente (losa, diafragma, etc.). • Inadecuada construcción del guarda cantos, por falta de adherencia y mala calidad del concreto. • Aumento de las cargas legales previstas, producen un inevitable deterioro y posterior falla parcial o total de la junta. • Caída de agentes químicos inadmisibles que afectan la masilla empleada para su instalación • Separación o huelgo estructural erróneo. • Tipología inadecuada • No tener en cuenta movimientos de tipo horizontales en la dirección longitudinal del puente. • Cuando los movimientos transversales y giros tienen relevancia deben ser considerados en la elección de las juntas proyectadas. • Instalación incorrecta. • Degradación de los elementos constitutivos de la junta por agresión accidental de vehículos • Degradación por contacto continuo con el ambiente y por fatiga de trabajo de los elementos elásticos constitutivos de la junta (masillas, elastómeros, etc.)	
--	--	---	--

Superestructura			
Losa	Grietas en una dirección 	Grietas en una dirección • Esfuerzos debido a la carga viva y muerta. • Zonas a tensión. • Grietas en la parte inferior debido a los momentos positivos. • Cambios de temperatura. • Afectación del ambiente salino en el concreto debido al sector costero. • Exceso de agua en la mezcla de concreto. • Falta de curado del concreto. • Retiro de la formaleta antes del tiempo. • Aumento de las cargas de servicio (muertas y vivas).	Grietas en una dirección • Filtración en las grietas afectando el acero de refuerzo o transporte de los cloruros. • Afectan la resistencia estructural. • Filtración de sustancias nocivas que inician el proceso de corrosión del acero de refuerzo. • Comprometen la durabilidad de la estructura. • Afecta su rigidez. • Dependiendo su ancho, el elemento se compromete en soporta las cargas de servicio.
	Eflorescencia 	Eflorescencia • Cloruro de calcio llevado a la superficie del concreto por el agua. • Presencia de grietas las cuales son profundas y han atravesado la losa. • Evaporación del agua en el concreto. • Filtración de agua.	Eflorescencia • Corrosión en el acero de refuerzo. • Señal de posible grieta. • Humedad en el área. • No causa problemas estructurales. • Afecta la estática del puente.
	Acero Expuesto 	Acero Expuesto • Áreas de pérdida de material. • Mala adherencia de los materiales • Malas prácticas constructivas. • Deficiencia de los materiales. • Filtración de agua a través de grietas • Filtración de agua por medio del concreto.	Acero Expuesto • La pérdida de material a veces se extiende más allá del acero de refuerzo, quedando expuesto a la intemperie y adquiera corrosión. Logrando que el acero pueda fisurarse y perder sección.
	Descascaramiento 	Descascaramiento • Presencia de carbonatación en el concreto, ataque por cloruros en el mismo, filtración de agua en la losa y/o juntas, etc., • generación de presiones internas en el concreto, problemas en el agregado inferior, por presión o por expansión dentro de la masa del concreto, por utilizar concretos pobres en la construcción, deficiencias en su ejecución, por circular cargas mayores que provoquen compresión excesiva en el concreto	Descascaramiento • originan que el acero de refuerzo adquiera corrosión y éste pierda adherencia con el concreto.
Viga principal de concreto	Grietas en una dirección 	Grietas en una dirección • Esfuerzos debido a la carga viva y muerta. • Fisuras por cortante debido a un exceso de flexión. • Retracción. • Movimiento Térmico. • Sobrecarga. • Movimiento estructural/vibración. • Movimiento sísmico. • Las fisuras aparecen en el concreto	Grietas en una dirección • Haciendo vulnerable al elemento por el fenómeno de corrosión al no tener impermeabilidad. • Deficiencia estructural. • Disminuye su resistencia.

	Eflorescencia 	como consecuencia de tensiones superiores a la capacidad resistente, debidas a contracciones del concreto o por cargas Eflorescencia • Cloruro de calcio llevado a la superficie del concreto por el agua. • Presencia de grietas las cuales son profundas y han atravesado la losa. • Evaporación del agua en el concreto. • Filtración de agua. • Humedad en el área.	Eflorescencia • Corrosión en el acero de refuerzo si esta es índice de grieta. • Señal de posible grieta. • No causa problemas estructurales. • Afecta la estática del puente.
Subestructura			
Apoyos	Rotura de apoyos  Deformación extraña  Inclinación  Desplazamiento 	Rotura de apoyos • Sobreesfuerzos en los apoyos. • Degradación de los materiales. • Mala calidad de los materiales. • Diseño incorrecto de los apoyos. • Corrosión por filtración atreves de las juntas. • Materiales que dificulten al funcionamiento de los apoyos. • Incorrecto diseño de los aparatos de apoyo. Deformación extraña • Movimiento horizontal excesivo. • Movimientos laterales en el bastión. • Degradación de las partes metálicas • Degradación de los materiales. • Restos de la construcción como tablas, suciedad, encofrados o formaletas • Materiales nocivos, escombros y suciedad • Mala calidad de los apoyos, producto de falta de mantenimiento. • Incorrecto diseño de los aparatos de apoyo. Inclinación y desplazamiento • Sobreesfuerzos en los apoyos. • Degradación de los materiales. • Mala calidad de los materiales. • Diseño incorrecto de los apoyos. • Materiales que dificulten al funcionamiento de los apoyos • Movimiento horizontal excesivo. • Movimientos laterales en el bastión. • Degradación de las partes metálicas • Restos de la construcción como tablas, suciedad, encofrados o formaletas • Materiales nocivos, escombros y suciedad • Mala calidad de los apoyos, producto de falta de mantenimiento.	Rotura de apoyos • El fallo de un dispositivo de amarre o de restricción podría permitir que el puente colapse parcial o totalmente. • Dificulta el funcionamiento correcto del aparato. Deformación extraña • Deficiencia de los apoyos a causa de los procesos de corrosión. • El fallo de un dispositivo de amarre o de restricción podría permitir que el puente colapse parcial o totalmente. • Dificulta el funcionamiento correcto del aparato. Inclinación y desplazamiento • El fallo de un dispositivo de amarre o de restricción podría permitir que el puente colapse parcial o totalmente. • Dificulta el funcionamiento correcto del aparato. • Deficiencia de los apoyos
Bastión	Grietas en una	Grietas en una dirección	Grietas en una dirección

	dirección  Eflorescencia  Protección de terraplén  Socavación  Pendiente en taludes 	• Esfuerzos debido a la carga viva y muerta. • Asentamientos de la cimentación debido al suelo. • Fuerza del empuje del suelo. Eflorescencia • Cloruro de calcio llevado a la superficie del concreto por el agua • Las grietas son profundas Protección de terraplén • Sistema constructivo deficiente lo cual se muestra al depositar piedras sin un material adherente. • Acumulación de basura o maleza que afecta el concreto o el material del elemento. • Inestabilidad producida por erosión en los taludes • Perdidas de finos al filtrarse el agua en las grietas. • No tiene la capacidad de soportar los empujes de tierra horizontal. • No soporta las cargas verticales provenientes de la estructura. • Erosión de los taludes que se encuentran a la par de los estribos. • El peso y el tamaño de los bloques en caso de escolleras no es el adecuado. Socavación • Erosión del suelo o eliminación del material Debido a la acción erosiva del agua. • Remolinos en el cauce cerca de la cimentación. Pendiente en taludes • Falla en el apoyo del suelo. • Consolidación del suelo. • Deterioro del material. • Cambios de las características del suelo. • Filtraciones. • Presión horizontal del suelo. • Insuficiencia del soporte del suelo. • Socavación. • Deterioro del material en la fundación. • Deficiencia en el sistema constructivo. • Erosión del material. • Compactación inadecuada. • Pérdida de finos. • Debido al flujo del río. • Falta de base.	• Rotación del bastión. • Grandes esfuerzos en la estructura dependiendo de la magnitud del asiento. Eflorescencia • No causa problemas estructurales • Afecta la estática del puente. Protección de terraplén • Disminuye o afecta la capacidad de carga o de función para lo que fue diseñado, soportar las cargas horizontales del suelo. • Deja expuesto el terraplén a la erosión o socavación poniendo en riesgo la estabilidad de los terraplenes. • Esto puede lograr un asentamiento en las aletas de los puentes. Socavación • Inestabilidad estructural. • Asentamientos o desplomes de la estructura ya que esta queda en el aire sin soporte del suelo. Pendiente en taludes • Inestabilidad estructural. • Derrumbes de los taludes. • Colapso parcial o total del talud.
Pila	Eflorescencia	Eflorescencia	Eflorescencia

	 Grietas  Nidos de piedra 	• Cloruro de calcio llevado a la superficie del concreto por el agua • Las grietas son profundas • Humedad en el área. • Evaporación del agua a través del concreto. Grietas • Esto se evidencia por la presencia de grietas a flexión y a cortante. Nidos de piedra • Procesos de construcción deficientes, lo cual se evidencia por la presencia de hormigueros o nidos de piedra y aceros expuestos en la pila. • producida por carbonatación o baja de pH	• No causa problemas estructurales • Afecta la estática del puente. • Si es profunda la grieta puede causar corrosión en el acero de refuerzo. Grietas • Deficiencia estructural que no permite que la pila este en la capacidad de soportar las cargas sísmicas ni las cargas verticales provenientes de la superestructura del puente. Nidos de piedra • Deficiencias en la durabilidad del concreto. • Esto genera que el recubrimiento del concreto no proteja adecuadamente el acero de refuerzo generando problemas de corrosión • Acumulación de maleza o basura que afecta a mediano plazo la durabilidad el material de este componente
--	---	---	--

CAPITULO 8. ANEXOS

8.1. Instrumento de encuesta

Tabla 1: Criterio de importancia y ponderación según inspector, Accesorios.

Clasificación	Elementos principales	Puente de Acero		Puente de Concreto	
		Daños	Prioridad	Daños	Prioridad
Accesorios _____%	PAVIMENTO _____%	Ondulación		Ondulación	
		Zurcos		Zurcos	
		Agrietamiento		Agrietamiento	
		Baches		Baches	
		Sobrecapas de Asfalto		Sobrecapas de Asfalto	
	BARANDA (ACERO- CONCRETO) _____%	Deformación		Agrietamiento	
		Oxidación		Acero de Refuerzo	
		Corrosión		Faltante	
		Faltante			
	JUNTA DE EXPANSION _____%	Sonidos extraños		Sonidos extraños	
		Filtración de aguas		Filtración de aguas	
		faltante o deformación		faltante o deformación	
		Movimiento Vertical		Movimiento Vertical	
		Juntas Obstruidas		Juntas Obstruidas	
		Acero de refuerzo		Acero de refuerzo	

Tabla 2: Criterio de importancia y ponderación según profesional, Superestructura.

Clasificación	Elementos principales	Puente de Acero		Puente de Concreto	
		Daños	Prioridad	Daño	Prioridad
Superestructura	VIGA PRINCIPAL DE ACERO/ CONCRETO %_____	Oxidación		Grietas en una dirección	
		Corrosión		Grietas en dos direcciones	
		Deformación		Descascaramiento	
		Rotura de uniones		Acero de refuerzo	
		Rotura de elementos		Nido de piedra	
				Eflorescencia	
	SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO / VIGA DIAFRAGMA CONCRETO %_____	Oxidación		Grietas en una dirección	
		Corrosión		Grieta en dos direcciones	
		Deformación		Descascaramiento	
		Rotura de uniones		Acero de refuerzo	
		Rotura de Elementos		Nido de piedra	
				Eflorescencia	
	PINTURA %_____	Decoloración			
		Ampollas			
		Descascaramiento			
	APOYO %_____	Rotura de apoyos		Rotura de apoyos	
		Deformación extraña		Deformación extraña	
		Inclinación		Inclinación	
		Desplazamiento		Desplazamiento	
	LOSA %_____	Grietas de una dirección		Grietas de una dirección	
		Grietas en dos direcciones		Grietas en dos direcciones	
		Descascaramiento		Descascaramiento	
		Acero de refuerzo		Acero de refuerzo	
		Nidos de piedra		Nidos de piedra	
		Eflorescencia		Eflorescencia	
		Agujeros		Agujeros	

Tabla: Criterio de importancia y ponderación según profesional, Subestructura.

Clasificación	Elementos principales	Daños	Prioridad
Subestructura _____ %	PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIONES) _____ %	grietas en una dirección	
		grietas en dos direcciones	
		Descascaramiento	
		Acero de Refuerzo	
		Nidos de Piedra	
		Eflorescencia	
		Protección de terraplén	
	CUERPO PRINCIPAL (BASTION) _____ %	grietas en una dirección	
		grietas en dos direcciones	
		Descascaramiento	
		Acero de refuerzo	
		Nidos de Piedra	
		Eflorescencia	
		Pendiente en Taludes	
		Inclinación	
		Socavación	
	MARTILLO (PILA) _____ %	grietas en una dirección	
		grietas en dos direcciones	
		Descascaramiento	
		Acero de refuerzo	
		Nidos de Piedra	
		Eflorescencia	
	CUERPO PRINCIPAL (PILA) _____ %	grietas en una dirección	
		grietas en dos direcciones	
		Descascaramiento	
		Acero de refuerzo	
		Nidos de Piedra	
		Eflorescencia	
		inclinación	
		Socavación	

DIFERENTES CONFIGURACIONES DE PUENTES.

Debido a las distintas configuraciones de los puentes, las superestructuras pueden ser con/sin diafragma/arrostramiento, así también la subestructura puede ser con/sin pilas, se replantea otra distribución para los casos mencionados.

Tabla: Criterio de importancia y ponderación según profesional, Superestructura (sin vigas diafragma/arrostramiento).

Clasificación	Elementos principales	Daños	Prioridad	Daño	Prioridad
		PUENTE DE ACERO		PUENTES DE CONCRETO	
Superestructura _____%	VIGA PRINCIPAL DE ACERO/ CONCRETO %_____	Oxidación		Grietas en una dirección	
		Corrosión		Grietas en dos direcciones	
		Deformación		Descascaramiento	
		Rotura de uniones		Acero de refuerzo	
		Rotura de elementos		Nido de piedra	
				Eflorescencia	
	PINTURA %_____	Decoloración			
		Ampollas			
		Descascaramiento			
	APOYO %_____	Rotura de apoyos		Rotura de apoyos	
		Deformación extraña		Deformación extraña	
		Inclinación		Inclinación	
		Desplazamiento		Desplazamiento	
	LOSA %_____	Grietas de una dirección		Grietas de una dirección	
		Grietas en dos direcciones		Grietas en dos direcciones	
		Descascaramiento		Descascaramiento	
		Acero de refuerzo		Acero de refuerzo	
		Nidos de piedra		Nidos de piedra	
		Eflorescencia		Eflorescencia	
		Agujeros		Agujeros	

Tabla: Criterio de importancia y ponderación según profesional, Subestructura (sin pilas).

Clasificación	Elementos principales	Daños	Prioridad
Subestructura _____%	PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIONES) _____%	grietas en una dirección	
		grietas en dos direcciones	
		Descascaramiento	
		Acero de Refuerzo	
		Nidos de Piedra	
		Eflorescencia	
		Protección de terraplén	
	CUERPO PRINCIPAL (BASTION) _____%	grietas en una dirección	
		grietas en dos direcciones	
		Descascaramiento	
		Acero de refuerzo	
		Nidios de Piedra	
		Eflorescencia	
		Pendiente en Taludes	
		Inclinación	
		Socavación	

Tabla. Ponderación de pesos por clasificación según accesorios.

Accesorios				
Inspector	Pavimento	Baranda (A/C)	Juntas de Expansión	Suma total por inspector
Hugo Navarro	3	2	5	10
Miltón Sandoval	7	0	3	10
Ángel Navarro	2	4	4	10
Mauricio Araya	4	2	3	9
Mauricio Carranza	4	2	4	10
Renán Espinoza	4	4	7	15
Eduardo Hernández	2	3	5	10
Alejandro Alfaro	4	4	2	10
Osvaldo Cubero	4	4	2	10
Rolando Pereira	6	2	7	15
Daniel Ureña	6	1	3	10
Israel Monge	5	10	5	20
Katherine Vargas	3	2	5	10
Rommel Cuevas	5	4	11	20
Promedio	4	3	5	12
ajustado	4	3	5	12
Moda	4	2	5	11
ajustado	4	1	5	10

Tabla. Ponderación de pesos por clasificación según superestructura de acero.

Superestructura - ACERO						
Inspector	Viga principal de A/C	Sistema de Arrostramientos/Viga diafragma Concreto	Pintura	Apoyo	Losa	Suma total por inspector
Hugo Navarro	35	5	2	3	5	50
Miltón Sandoval	20	12	3	5	10	50
Ángel Navarro	12	8	5	10	10	45
Mauricio Araya	10	10	2	8	7	37
Mauricio Carranza	20	6	2	6	6	40
Renán Espinoza	10	7	3	7	8	35
Eduardo Hernández	14	4	4	11	7	40
Alejandro Alfaro	14	5	4	7	10	40
Osvaldo Cubero	30	10	1	4	5	50
Rolando Pereira	15	5	5	5	10	40
Daniel Ureña	20	5	5	5	5	40
Israel Monge	10	7	6	7	10	40
Katherine Vargas	20	5	5	10	10	50
Rommel Cuevas	10	8	3	10	9	40
Promedio	17	7	4	7	8	43
Ajustado	17	7	4	7	8	43
Moda	20	5	5	5	10	45
Ajustado	19	4	4	4	9	40

Tabla. Ponderación de pesos por clasificación según subestructura.

Subestructura					
Inspector	Pared Cabezal y Aletones (Bastión)	Cuerpo Principal (Bastión)	Martillo (Pila)	Cuerpo Principal (Pila)	Suma total por inspector
Hugo Navarro	10	10	10	10	40
Miltón Sandoval	8	12	8	12	40
Ángel Navarro	5	15	10	15	45
Mauricio Araya	12	20	11	12	55
Mauricio Carranza	15	15	10	10	50
Renán Espinoza	10	15	10	15	50
Eduardo Hernández	14	15	10	15	54
Alejandro Alfaro	10	15	10	15	50
Osvaldo Cubero	5	10	5	15	35
Rolando Pereira	10	20	10	10	50
Daniel Ureña	5	20	20	5	50
Israel Monge	10	10	10	10	40
Katherine Vargas	5	15	5	15	40
Rommel Cuevas	12	10	30	30	82
Promedio	9	14	11	14	49
Ajustado	9	13	10	13	45
Moda	10	15	10	15	50
Ajustado	10	15	10	15	50

Tabla. Ponderación de pesos por clasificación según subestructura sin sistema de arrostramiento o diafragma.

Superestructura /sin sistema de arrostramiento o diafragma					
Inspector	Viga principal de A/C	Pintura	Apoyo	Losa	Suma total por inspector
Hugo Navarro	40	2	3	5	50
Miltón Sandoval	31	3	5	11	50
Ángel Navarro	16	5	12	12	45
Mauricio Araya	20	2	8	7	37
Mauricio Carranza	26	2	6	6	40
Renán Espinoza	35	0	0	0	35
Eduardo Hernández	17	3	7	8	35
Alejandro Alfaro	18	4	11	7	40
Osvaldo Cubero	19	4	7	10	40
Rolando Pereira	20	5	5	10	40
Daniel Ureña	25	5	5	5	40
Israel Monge	17	6	7	10	40
Katherine Vargas	20	5	10	15	50
Rommel Cuevas	12	4	12	12	40
Promedio	23	4	7	8	42
Ajustado	24	4	7	8	43
Moda	20	5	5	10	40
Ajustado	20	5	5	10	40

Tabla. Ponderación de pesos por clasificación según subestructura sin pila.

Subestructura/ sin pila			
Inspector	Pared cabezal y aletones (bastiones)	Cuerpo principal (Bastión)	Suma total por inspector
Hugo Navarro	10	30	40
Miltón Sandoval	16	24	40
Ángel Navarro	15	30	45
Mauricio Araya	23	32	55
Mauricio Carranza	25	25	50
Renán Espinoza	20	30	50
Eduardo Hernández	24	30	54
Alejandro Alfaro	20	30	50
Osvaldo Cubero	10	25	35
Rolando Pereira	20	30	50
Daniel Ureña	25	25	50
Israel Monge	20	20	40
Katherine Vargas	15	25	40
Rommel Cuevas	20	20	40
Promedio	19	27	46
Ajustado	19	26	45
Moda	20	30	50
Ajustado	20	30	50

Tabla. Ponderación de pesos por clasificación según superestructura de concreto.

Superestructura/ CONCRETO						
Inspector	Viga principal de A/C	Sistema de Arrostramientos/Viga diafragma Concreto	Pintura	Apoyo	Losa	Suma total por inspector
Hugo Navarro	37	5	0	3	5	50
Miltón Sandoval	23	12	0	5	10	50
Ángel Navarro	17	8	0	10	10	45
Mauricio Araya	12	10	0	8	7	37
Mauricio Carranza	22	6	0	6	6	40
Renán Espinoza	13	7	0	7	8	35
Eduardo Hernández	18	4	0	11	7	40
Alejandro Alfaro	18	5	0	7	10	40
Osvaldo Cubero	31	10	0	4	5	50
Rolando Pereira	20	5	0	5	10	40
Daniel Ureña	25	5	0	5	5	40
Israel Monge	16	7	0	7	10	40
Katherine Vargas	25	5	0	10	10	50
Rommel Cuevas	13	8	0	10	9	40
Promedio	21	7	0	7	8	43
Ajustado	21	7	0	7	8	43
Moda	13	5	0	5	10	33
Ajustado	15	7	0	7	11	40

8.2. Histogramas de frecuencia de los resultados de la encuesta

Mostrando variación estadística y de precisión

El objetivo del histograma fue mostrar la forma de la distribución de la frecuencia y el intervalo de valores en la encuesta realizada a los expertos.

Superestructura / ACERO.

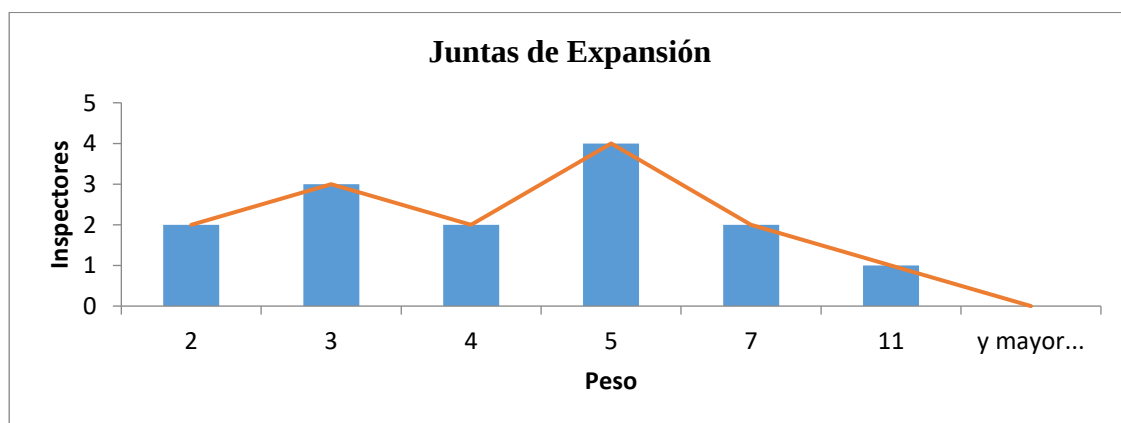


Figura: Histograma de la importancia de la junta de expansión

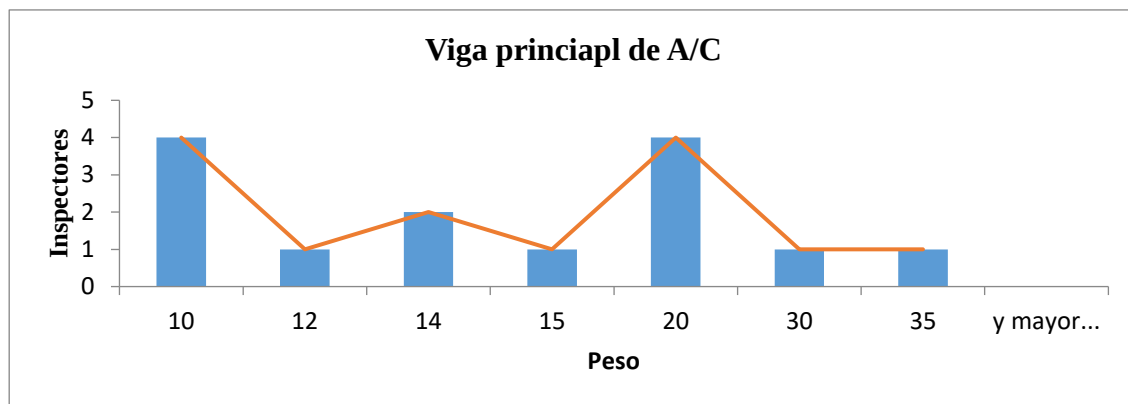


Figura: Histograma de la importancia de la viga principal de acero y concreto

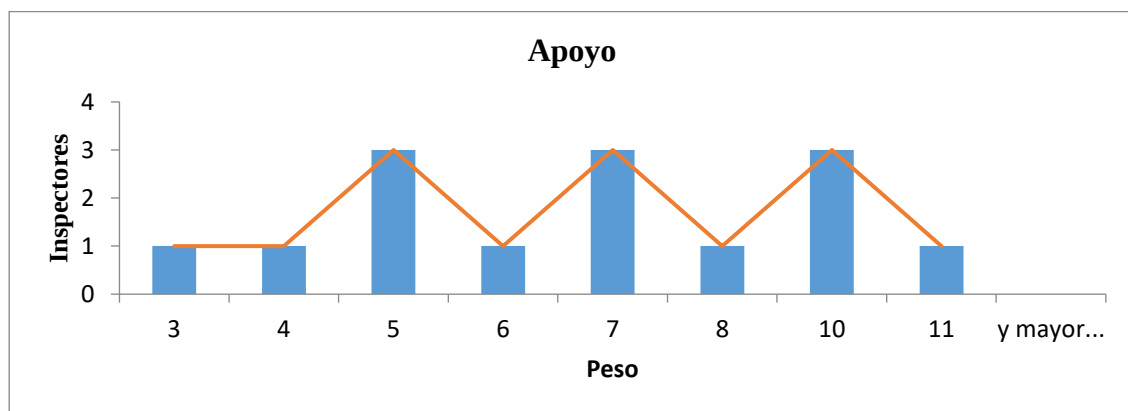


Figura: Histograma de la importancia del apoyo

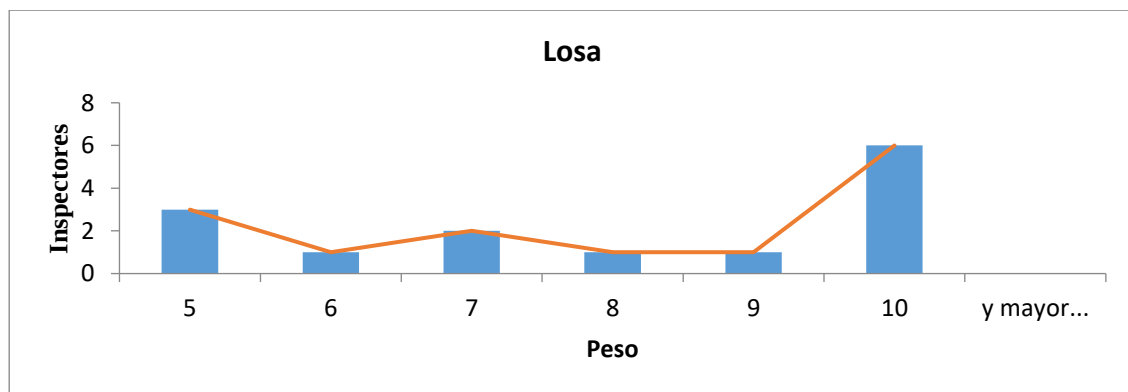


Figura: Histograma de la importancia de la losa

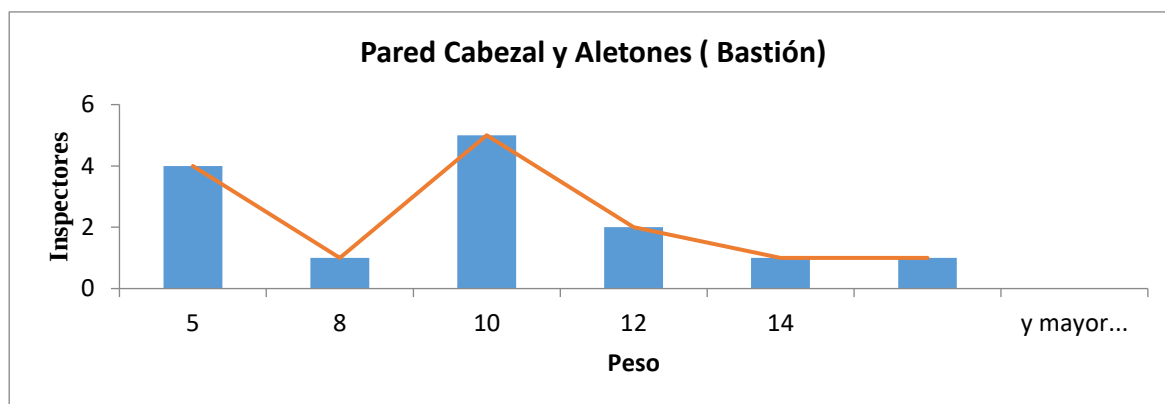


Figura: Histograma de la importancia del padred cabeza y aletones (Bastión)

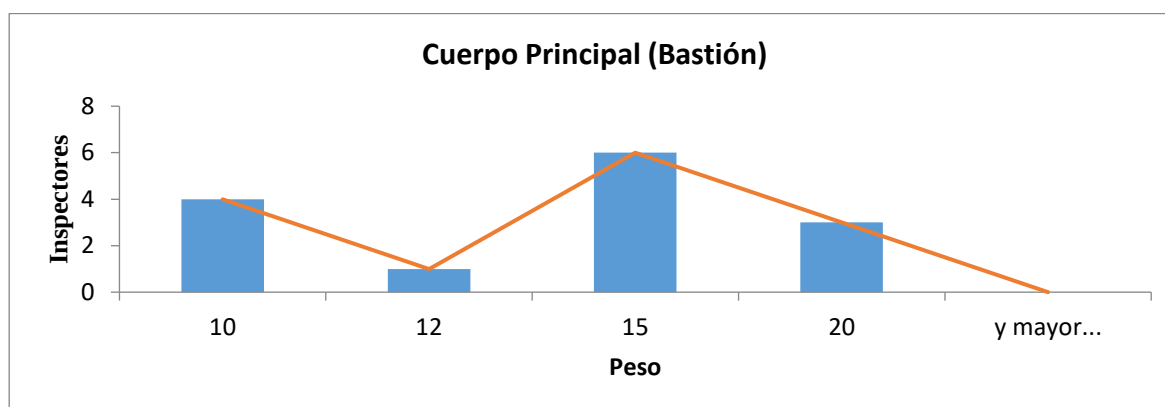


Gráfico 23: Histograma de la importancia del cuerpo principal (Bastión)

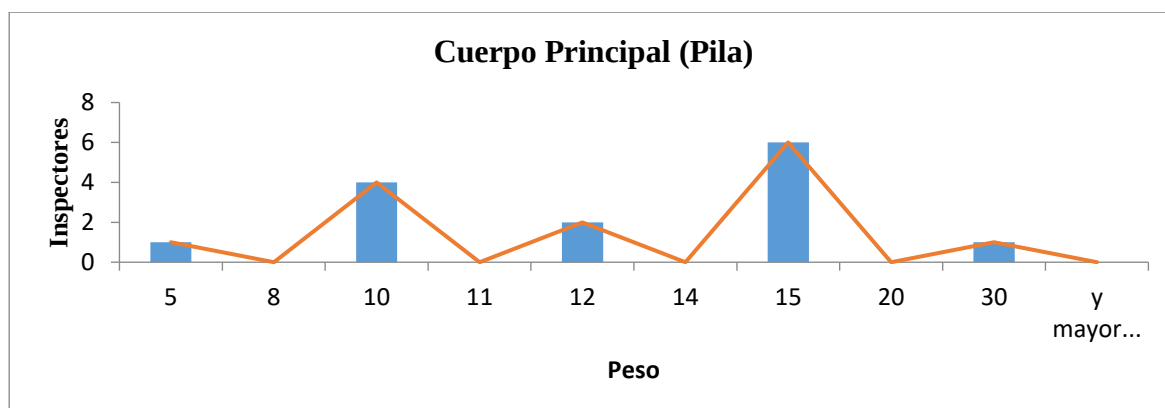


Gráfico 24: Histograma de la importancia del cuerpo principal (Pila)

Subestructura / sin pilas

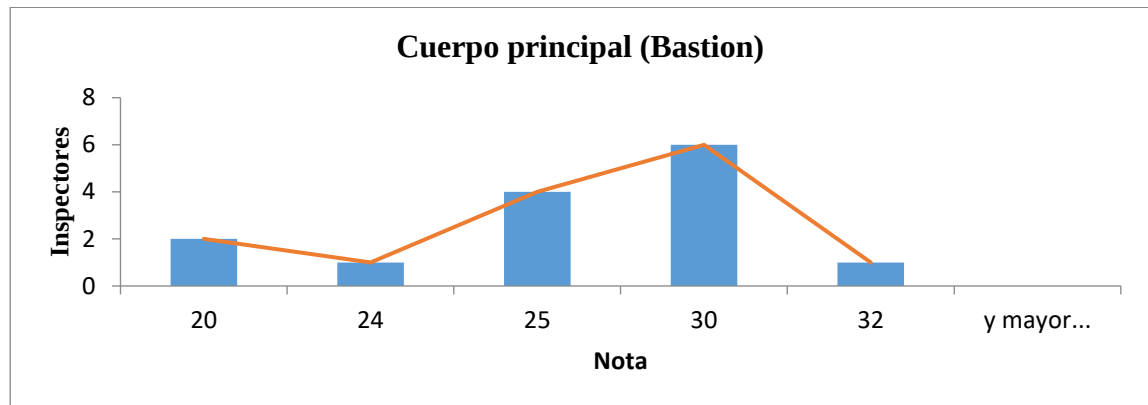


Gráfico 24: Histograma de la importancia del cuerpo principal (Bastión)

Superestructura / sin sistema de arrostramiento o diafragma

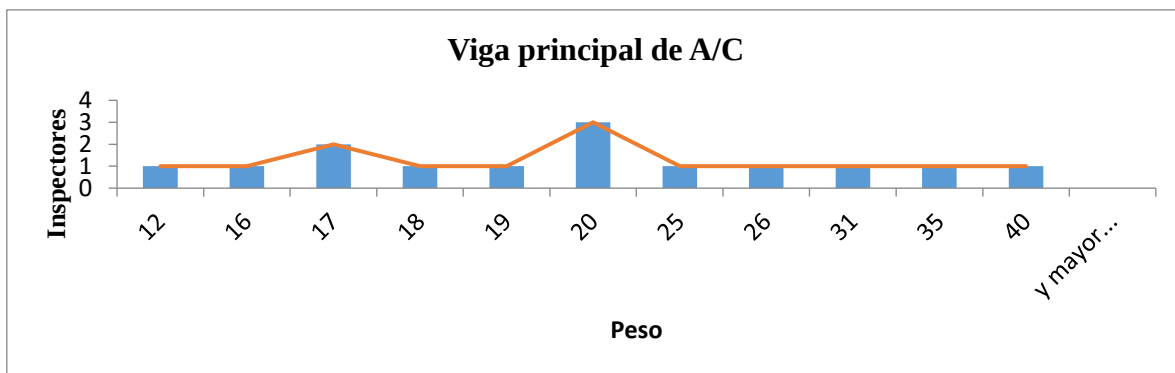


Gráfico 25: Histograma de la importancia de la viga principal de acero y concreto

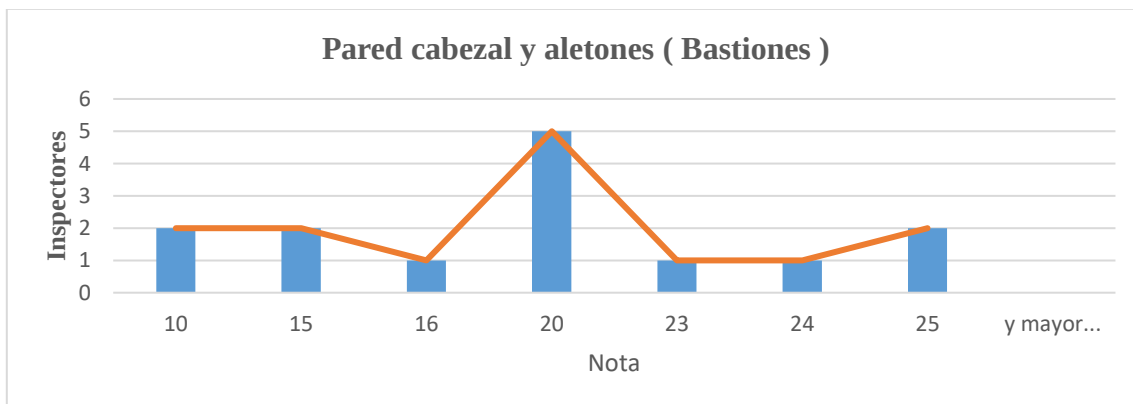


Gráfico 26: Histograma de la importancia de la pared cabecal y aletones (Bastión)

Superestructura / CONCRETO

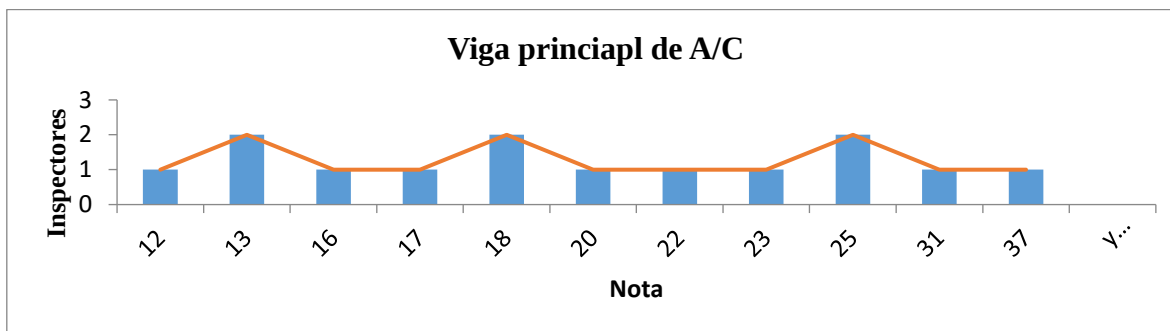


Gráfico 27: Histograma de la importancia de la viga principal de acero y concreto

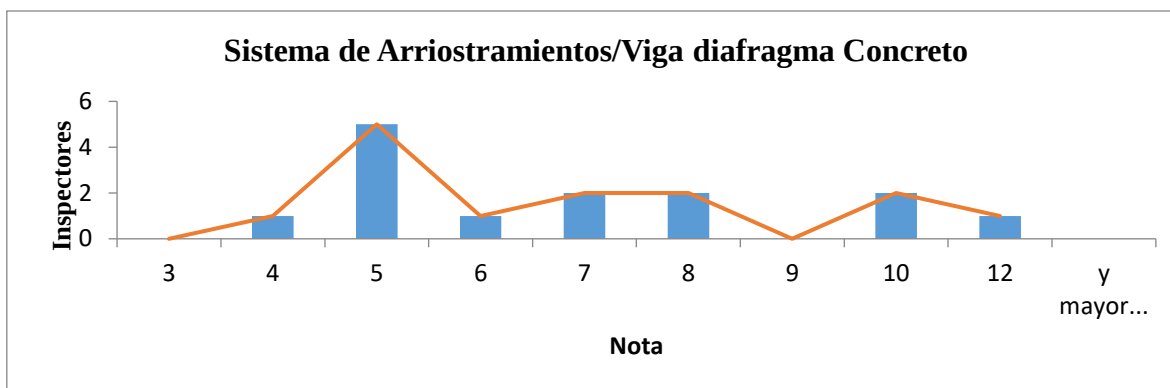


Gráfico 28: Histograma de la importancia del sistema de arriostramiento