



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN DE PUENTES BASADA
EN INSPECCIÓN VISUAL, TRAMO 4 DEL CORREDOR VIAL
INTEROCEÁNICO SUR, PERÚ - BRASIL, AZÁNGARO-PUENTE
INAMBARI, 2020”**

TESIS

PRESENTADA POR:

BRIGIDA NORMA QUISPE CATARI

MIGUEL DUARTE RODRIGUEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico a mi familia, a mis padres Benedicto Antonio y Luzmila, quienes me han guiado, apoyado incondicionalmente, han sido mi soporte para mi vida y cumplir mis metas. A mis hermanas y hermano Patricia, Mariela, Rocío y Moisés, ellos han sido y son mi motivación para seguir mis metas y mejorar en los distintos aspectos de mi vida.

Bach. Brigida Norma Quispe Catari



DEDICATORIA

A Dios, que manifiesta su amor puro e incondicional, que acompaña cada día de mi vida

A mis padres, Leonor que cada día me demuestra amor sincero, denuedo y valentía, y José sinónimo serenidad, temple y resiliencia, ambos no dejaron de creer en mí.

A mi hermana Elizabeth, guía en cada etapa de mi vida, te admiro hermana.

Bach. Miguel Duarte Rodríguez



AGRADECIMIENTOS

La presente investigación se desarrolló en una de las crisis más grandes a nivel mundial, sorprendidos por la pandemia del coronavirus y las medidas de suspensión de actividades que se adoptaron para contener el contagio, nos pusieron en pausa haciendo que meditemos las decisiones y acciones que tomamos.

Agradecemos a nuestro asesor, Ingeniero Emilio Castillo Aroni por ser guía, apoyo y crítico constructivo durante el desarrollo de esta investigación. Así mismo dar gracias a los docentes, compañeros y amigos de nuestra querida Escuela profesional de Ingeniería Civil, que contribuyeron a nuestra formación como profesionales, compartiendo no solo conocimiento, vivencias, sueños, viajes y sentimientos, sino lo más importante el tiempo.

Gracias a todos los miembros de nuestras familias, padres Leonor, José y Benedicto, Luzmila. Que en cada momento de nuestras vidas fueron apoyo, escucha, serenidad, ilusión, dedicación, fe, amor y constancia.

Gracias a los profesionales que nos inspiran en el camino de la ingeniería, sin excentricidades ni artificios, puro conocimiento, humildad y raciocinio. Excelentes profesionales, ahora amigos, que siguen nutriendo nuestra formación profesional. Finalmente, a todos aquellos no nombramos, que aportan en nuestro desarrollo personal y profesional, forjando nuestros principios y convicciones.

Los autores



INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16

1.1.1 Identificación del problema..... 16

1.1.2 Formulación del problema 17

1.1.2.1 Problema general 17

1.1.2.2 Problema específico..... 17

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO..... 18

1.3 OBJETIVOS 19

1.3.1 Objetivo general 19

1.3.2 Objetivos específicos 19

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 20

2.1.1 Antecedentes internacionales 20

2.1.2 Antecedentes nacionales 23

2.1.3 Antecedentes regionales y locales..... 24

2.2 MARCO TEORICO..... 24



2.2.1 Sistema vial	24
2.2.2 Puentes	24
2.2.3 Tipos de puentes.....	24
2.2.4 Elementos de un puente	25
2.2.5 Conservación y mantenimiento de puentes.....	27
2.2.5.1 Mantenimiento	27
2.2.5.2 Rehabilitación	28
2.2.5.3 Adaptación.....	28
2.2.6 Sistema de gestión de puentes.....	28
2.2.6.1 Componentes de un sistema de gestión de puentes	32
2.2.6.2 Módulo de inventario.....	33
2.2.6.3 Módulo de inspección.....	35
2.2.6.3.1 <i>Glosario de daños</i>	36
2.2.6.3.2 <i>Inspección básica o rutinaria</i>	37
2.2.6.3.3 <i>Inspección principal</i>	38
2.2.6.3.4 <i>Inspecciones especiales</i>	38
2.2.6.3.5 <i>Equipos y/o herramientas para la inspección</i>	39
2.2.6.3.6 <i>Procedimiento de inspección</i>	40
2.2.6.4 Modulo estado de condición	43
2.2.6.4.1 <i>Información preliminar e inspección</i>	45
2.2.6.4.2 <i>Componentes del puente y grado de daño (GD)</i>	45
2.2.6.4.3 <i>Asignación de relevancia estructural</i>	46
2.2.6.4.4 <i>Tipo de falla y grado de consecuencia de falla FCF</i>	47
2.2.6.4.5 <i>Calificación de los elementos del puente</i>	49



2.2.6.4.6	<i>Calificación global del puente</i>	50
2.2.6.5	Módulo de predicción de deterioro	50
2.2.6.5.1	<i>Predicción de la evolución del deterioro</i>	52
2.2.6.5.2	<i>Modelos de deterioros</i>	52
2.2.6.6	Sistema de gestión de puentes internacionales	60

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1	UBICACIÓN DEL ESTUDIO	62
3.2	PERIODO DE APLICACIÓN DEL ESTUDIO	63
3.3	POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO	63
3.3.1	Población.....	63
3.3.2	Muestra.....	64
3.4	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	65
3.4.1	Tipo de investigación	65
3.4.2	Nivel de investigación.....	65
3.4.3	Diseño de la investigación	65
3.5	METODO PLANTEADO PARA IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE GESTION	65
3.5.1	Propuesta de módulo de inventario	66
3.5.1.1	División de componentes constitutivos del puente.....	70
3.5.1.2	Desarrollo de Módulo de inspección de SGP.	72
3.5.1.3	Propuesta de glosario de daños para inspección de puentes	72
3.5.1.4	Protocolo de inspección visual de puentes	74
3.5.1.4.1	<i>Planificación y selección de puentes a inspeccionar.</i>	74
3.5.1.4.2	<i>Equipos y herramientas para inspección visual</i>	74
3.5.1.4.3	<i>Procedimiento de inspección visual.</i>	75



3.5.1.5 Calificación de estado de condición de los puentes.....	81
3.5.1.6 Desarrollo de la predicción del deterioro.....	90
3.5.1.7 Propuesta de sistematización en programa SGP en SQL.	99

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS	110
4.1.1 Estado de condición – inspección 2020	110
4.1.2 Matrices de predicción	128
4.2 DISCUSION DE RESULTADOS	158
V. CONCLUSIONES.....	161
VI. RECOMENDACIONES	164
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	164
ANEXOS.....	169

TEMA: Sistema de Gestión de Puentes

ÁREA : Gestión Vial

LINEA DE INVESTIGACION: Transportes y Gestión Vial

FECHA DE SUSTENTACION: 31 DE MARZO DE 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de un puente.....	26
Figura 2. Concepto de vida útil y su gestión.	31
Figura 3. Esquema general común a los principales SGP implementados.....	32
Figura 4. Componentes de un sistema de gestión de puentes.....	33
Figura 5. Recorrido de inspección – Fases 1, 2, 3, 4, 5 y 6.	42
Figura 6. Esquema de modelo de deterioro de Markov.....	57
Figura 7. Ubicación de proyecto de investigación.....	62
Figura 8. Topografía del proyecto.	63
Figura 9. Población – muestra de estudio, 67 puentes de IIRSA Sur tramo 4.....	64
Figura 10. Esquema de sistema de gestión de puentes propuesto	66
Figura 11. Propuesta de Formato 01- para inventario de puentes.	67
Figura 12. (b) Propuesta de formato de inventario - Formato 01.	68
Figura 13. (c) Propuesta de formato de inventario - Formato 01	69
Figura 14. Inventario de puentes en programa SigVial.	70
Figura 15. Configuración de glosario de daños propuesto.	72
Figura 16. Ej. Identificación de puente - Tantamayo.	76
Figura 17. Acceso a puente (Tantamayo).	76
Figura 18. Recorrido perimetral por el estibo E-1, puente Tantamayo.	77
Figura 19. Recorrido por estibo E-1, puente Tantamayo.....	77
Figura 20. Recorrido 1 en zigzag en el puente Tantamayo.	78
Figura 21. Recorrido 2 en zigzag en el puente Tantamayo.	78
Figura 22. Recorrido de V1 y V2, puente Tantamayo.....	79
Figura 23. Recorrido por la parte inferior para inspección de viga, puente Tantamayo.	79
Figura 24. Inspección visual estibo - puente Tantamayo.	80
Figura 25. Inspección visual vereda - puente Tantamayo.	80
Figura 26. Recorrido, inspección junta de dilatación - puente Tantamayo.	81
Figura 27. Formato de inspección de Puente Tantamayo, hoja 1/2.....	83
Figura 28. Formato de inspección de Puente Tantamayo, hoja 2/2.....	84
Figura 29. Organización conceptual inspecciones de sistema de gestión de puentes en base a (Martínez Cañamares, 2016).....	90
Figura 30. Curva de deterioro - Puente Tantamayo.....	99



Figura 31. Esquema de software de Sistema de Gestión de Puentes propuesto	100
Figura 32. Pantalla de inicio de programa de SGP propuesto -SigVial.....	100
Figura 33. Menús del programa – SGP – SigVial.	101
Figura 34. Pantalla de menú Configuración de programa SigVial.	101
Figura 35. Ventana de menú periodo de programa SigVial.	102
Figura 36. Ventana para crear nuevo periodo de inspección - ejemplo.....	102
Figura 37. Ventana para insertar nuevos elementos del menú Configuración de programa SigVial.	103
Figura 38. Ventana de creación de nuevo daño en elemento, del menú configuración - SigVial	103
Figura 39. Pantalla de ingreso de nuevo usuario en menú configuración del programa SigVial.	104
Figura 40. Ventana de menú LOG de menú Configuración de programa SigVial.....	104
Figura 41. Ventana de menú inventario de programa SigVial.	105
Figura 42. Pantalla de menú Inventario - colocación de nuevo puente para inventario de programa SigVial.	106
Figura 43. Modulo – Inspecciones.....	107
Figura 44. Ventana para ver las curvas de predicción de deterioro de puentes.	108
Figura 45. Ventana de curvas de predicción del deterioro, ejemplo puente Tantamayo.	108
Figura 46. Pantalla de menú puentes donde se muestra el resumen de inspecciones.	109
Figura 47. Pantalla de menú resumen donde se muestra, resumen de inspecciones por subgrupo.....	109
Figura 48. Señalización - inspección 2020	111
Figura 49. Veredas – inspecciones 2020.	112
Parapetos y barandas – inspección 2020.....	112
Figura 50. Parapetos y barandas – inspección 2020	113
Figura 51. Guardavías – inspección 2020.....	114
Figura 52. Juntas de expansión – inspección 2020.....	115
Figura 53. Carpeta de rodadura – inspección 2020	116
Figura 54. Sistema de drenaje – inspección 2020.....	117
Figura 55. Losa – inspección 2020.	118
Figura 56. Viga – inspección 2020	119
Figura 57. Torres o arcos – inspección 2020	120



Figura 58. Cables – inspección 2020	121
Figura 59. Apoyo – inspección 2020	122
Figura 60. Estribos – inspección 2020	123
Figura 61. Pilar – inspección 2020	124
Figura 62. Protección de estribo – inspección 2020	125
Figura 63. Protección talud – inspección 2020	126
Figura 64. Protección pilar – inspección 2020	127
Figura 65. Consolidado de predicción deterioro – seguridad vial, año 2025	143
Figura 67. Consolidado de predicción deterioro – barandas y parapetos, año 2025 ..	145
Figura 68. Consolidado de predicción deterioro – guardavías, año 2025	146
Figura 69. Consolidado de predicción deterioro – juntas de expansión, año 2025	147
Figura 70. Consolidado de predicción deterioro – carpeta de rodadura, año 2025	148
Figura 71. Consolidado de predicción deterioro – sistema de drenaje, año 2025	149
Figura 74. Consolidado de predicción deterioro – apoyos, año 2025	152
Figura 75. Consolidado de predicción deterioro – estribos, año 2025	153
Figura 76. Consolidado de predicción deterioro – pilar, año 2025	154



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de puentes.	25
Tabla 2. Datos de inventario de puentes	34
Tabla 3. Equipos y herramientas para una inspección de puentes.	40
Tabla 4. Materiales para inspección principal	40
Tabla 5. Cuadro de condición global del puente.....	43
Tabla 6. Calificativos del puente según su importancia operacional y vida residual. ..	45
Tabla 7. Relevancia estructural (RE) recomendados para los componentes del puente.	47
Tabla 8. Definiciones de niveles de consecuencia de falla.	48
Tabla 9. Relación entre la Relevancia estructural RE, tipos de falla y niveles de consecuencias.	49
Tabla 10. Principales sistemas de gestión de puentes.....	60
Tabla 11. Propuesta de división y agrupación de los elementos que constituyen un puente.	71
Tabla 12. Posibles daños en elementos del puente – glosario de daños.	73
Tabla 13. Equipos y/o herramientas para inspección visual.	75
Tabla 14: Valoración de GD de puente Tantamayo, 14-07-2020.....	85
Tabla 15: Asignación de relevancia estructural (RE) de los componentes del puente Tantamayo.....	86
Tabla 16: Asignación de FCF de los elementos del puente Tantamayo.....	87
Tabla 17: Valoración de CE de puente Tantamayo.	88
Tabla 18: Horizonte de vida de componentes del puente.	91
Tabla 19: CE para componente de puente Tantamayo	92
Tabla 20: Valores de vector inicial $E_{(0)}$ para cada CE obtenido.	92
Tabla 21: Deterioro en un tiempo (t) de los componentes del puente Tantamayo.	98
Tabla 22. Valores de predicción de deterioro al año 2025 de los 67 puentes.....	129
Tabla 24. Estado de componentes de puentes.....	158



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

BMS: Bridge Management Systems (Sistema de Gestión de Puentes.)

GD: Grado de daño.

FCF: Factor de consecuencia de falla.

IP: Índice de Puente

IBI: Integrated Bridge Index (Índice Integrado de Puente)

MPT: Matriz de Probabilidad de Transición.

MTC: Ministerio de transportes y comunicaciones.

RE: Relevancia estructural.

SGP: Sistema de gestión de Puentes

SCAP: Sistema Computarizado de Administración de Puentes.



RESUMEN

La presente tesis desarrolla los módulos básicos de un Sistema de Gestión de Puentes SGP, basada en inspección visual, que permita plantear estrategias de conservación. El módulo inventario se expone en concordancia con las normas peruanas vigentes, las características principales e importantes de cada puente, además de una clasificación relativa de la importancia operacional del puente y se propuso la ficha de inventario. El módulo de inspección se desarrolla la metodología de unidad de puentes de LanammeUCR basada en inspección visual, calificando el estado de condición de cada puente, apoyándose con el glosario de daños propuesto y fichas de inspección propuestas. El módulo de predicción de deterioro plantea la utilización de las cadenas de Markov y se aplica al proyecto con un horizonte de 5 años. También se presenta de manera gráfica el estado de condición de todos los puentes. Los módulos se plasman en el desarrollo de un software (programa computacional) que permite la organización y aplicación del sistema de gestión desarrollado; según las necesidades de los 67 puentes del tramo 4 del corredor vial interoceánico Perú – Brasil, desde Azángaro hasta puente Inambari. Los resultados del desarrollo de la propuesta son el inventariado, la inspecciones y predicción de los puentes, donde se observó que los elementos: Juntas de dilatación, veredas y apoyos son los más dañados y su predicción de deterioro es desfavorable, ya que se encuentran en estado “serio” a “alarmante”. En conclusión, se logró desarrollar los módulos básicos de un sistema de gestión de puentes, basada en inspección visual y logro la sistematización del mismo.

Palabras Clave: Sistema de Gestión, Puentes, Estado de condición, Predicción de deterioro, Inventario.



ABSTRACT

This thesis develops the basic modules of a SGP Bridge Management System, based on visual inspection, which allows planning conservation strategies. The inventory module is exposed in accordance with current Peruvian standards, the main and important characteristics of each bridge, in addition to a relative classification of the operational importance of the bridge and the inventory sheet was proposed. The inspection module develops the LanammeUCR bridge unit methodology based on visual inspection, qualifying the condition of each bridge, supported by the proposed damage glossary and proposed inspection sheets. The deterioration prediction module proposes the use of Markov chains and is applied to the project with a horizon of 5 years. The condition status of all bridges is also presented graphically. The modules are reflected in the development of software (computer program) that allows the organization and application of the developed management system; according to the needs of the 67 bridges of section 4 of the Peru-Brazil interoceanic road corridor, from Azángaro to the Inambari bridge. The results of the development of the proposal are the inventory, inspections and prediction of the bridges, where it was observed that the elements: Expansion joints, sidewalks and supports are the most damaged and their deterioration prediction is unfavorable, since they are in "serious" to "alarming" status. In conclusion, it was possible to develop the basic modules of a bridge management system, based on visual inspection and achieve its systematization.

Key Words: Management System, Bridges, Condition status, Deterioration Prediction, Inventory.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Identificación del problema

En un contexto geográfico como el peruano, con parte de su población ubicada en áreas rurales, las carreteras toman importancia para la integración e interconexión del país. Por esta razón, entre otras, es muy importante que el sistema nacional de carreteras permanezca en buenas condiciones de transitabilidad, a fin de que el transporte se efectúe en forma eficiente y seguro.(MTC, 2019)

Teniendo en cuenta la importancia de las vías terrestres para la conexión del país, los puentes toman un papel importante, ya que, en muchos casos son el componente más vulnerable dentro de una carretera. Los puentes además de asegurar la continuidad del servicio de forma eficiente y segura son afectados por aspectos como la sobre carga, influencia del ambiente y fenómenos naturales como terremotos e inundaciones. Aplicando una metáfora: “Una cadena no puede ser más fuerte que su eslabón más débil”; por lo tanto, brindar un adecuado mantenimiento a los puentes, favorece en general un adecuado funcionamiento del Sistema Nacional de Carreteras del país.

Además, se entiende que realizar estrategias de mantenimiento en forma oportuna y preventiva, antes que actividades reactivas, resultan más económicas e inteligentes, ya que aseguran que estas estructuras cumplan con las condiciones de servicio en forma segura sin poner en riesgo la seguridad de los usuarios, considerando también que muchas de estas estructuras sufren daños considerables por falta de mantenimiento adecuado y oportuno más que por su antigüedad.



En la actualidad las necesidades de los trabajos de mantenimiento y conservación de los puentes comprendidos en el tramo 4 del corredor vial interoceánico sur Perú – Brasil, Azángaro puente Inambari, están enfocadas en resolver problemas de la estructura ya deteriorada, optando por reparaciones y acciones puntuales, sin contar con un plan de mantenimiento que proyecte cuando, como y cantidad de recursos a utilizar.

De mantenerse esta situación ocasionaría el incumplimiento en los niveles de servicios estipulados en el contrato, riesgo de accidentes para los usuarios, reducción del ciclo de vida de la estructura, incremento de costos en la ejecución de actividades de conservación, fallas prematuras de elementos en el puente incluso colapso de la estructura, por no tener una adecuada inspección de sus componentes.

Por lo tanto, en concordancia con lo expuesto en los párrafos precedentes se hace necesario la implementación de un sistema de gestión de puentes, como herramienta para la adecuada planificación de las estrategias de mantenimiento.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema general

¿De qué manera se desarrolla los módulos de un Sistema de Gestión de puentes basado en inspección visual para la evaluación del Tramo 4 del corredor vial interoceánico sur, Perú Brasil, Azángaro -Puente Inambari?

1.1.2.2 Problema específico

¿De qué manera se desarrolla el módulo de inventario basado en inspección visual para la evaluación del tramo 4 del Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú – Brasil, Azángaro – Puente Inambari?



¿De qué manera se desarrolla la metodología basada en inspección visual que permita obtener el estado de condición para evaluar el tramo 4 del Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú – Brasil, Azángaro – Puente Inambari?

¿De qué manera se desarrolla el módulo de predicción del deterioro para evaluar el Tramo 4 del Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú – Brasil, Azángaro – Puente Inambari?

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La problemática que se encontró en los puentes del Tramo 4 del Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú – Brasil, Azángaro – Puente Inambari es que no se tiene una idea real y objetiva del estado actual de los mismos, por consiguiente una inadecuada administración de las mismas, la ausencia de estrategias de mantenimiento preventivo y el mínimo control de recursos en la ejecución de actividades de conservación, con lleva a caer en riesgo de incumplimiento en los niveles de servicio, un incremento en el costo de operación vehicular, mala calidad del servicio, riesgo de accidentes de tránsito a los usuarios de la vía.

En ese sentido la presente investigación plantea los módulos de un sistema de gestión de puentes, la propuesta se centra en la investigación y el análisis de modelos de evaluación del estado de condición y predicción de la evolución del deterioro, dejando la línea de investigación abierta para poder completar el ciclo con la optimización y priorización de recursos en estrategias de mantenimiento. Contar con un sistema de gestión permitirá responder de manera oportuna y preventiva ante actividades de mantenimiento, por ende, mejorar o mantener niveles de servicio, reducir los riesgos de accidentes por falta de mantenimiento, reducción de costos en la ejecución del mantenimiento, garantizar la vida útil de los



puentes e incluso incrementarla, evitar fallas prematuras de los elementos y prevenir un posible colapso de los puentes.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar los módulos de un Sistema de Gestión de puentes basado en inspección visual para la evaluación del Tramo 4 del corredor vial interoceánico sur, Perú Brasil, Azángaro -Puente Inambari

1.3.2 Objetivos específicos

- Desarrollar el módulo de inventario basado en inspección visual para la evaluación del tramo 4 del Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú – Brasil, Azángaro – Puente Inambari
- Desarrollar la metodología basada en inspección visual que permita obtener el estado de condición para evaluar el tramo 4 del Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú – Brasil, Azángaro – Puente Inambari.
- Desarrollar un modelo de predicción de deterioro en base al método estocástico de las cadenas de Markov, como módulo de un Sistema de gestión de puentes del proyecto Tramo 4 del Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú – Brasil, Azángaro – Puente Inambari.
- Proponer un software en sistema de programación SQL como herramienta de apoyo en la sistematización de gestión de puentes basada en inspección visual para la evaluación del Tramo 4 del Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú – Brasil, Azángaro – Puente Inambari.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes internacionales

Con respecto a la gestión de puentes se tiene distintas investigaciones, así como proyectos de tesis a nivel internacional, que son los siguientes:

(Valenzuela Díaz, 2008) tuvo como finalidad desarrollar los elementos SGPU que son necesarios para priorizar puentes a nivel de red, para la conservación, tesis de carácter aplicativo no experimental, aplicado a los puentes en la región Metropolitana. De los 08 puentes analizados determinó que $IP < 5$, 40%, por lo que recomendó la reparación, el reforzamiento o la reconstrucción, además de comparar sus resultados con otros el estudio de capacidad estructural de puentes realizado el 2006 (Dituc. 2006), en la cual encontró un 83.3% de coincidencia, se consideró satisfactorio. Por lo que concluyó que se logró desarrollar una metodología de priorización de puentes, en base a un índice combinado que reúne las principales solicitudes sobre el puente y su importancia en la red vial. Dentro de este índice combinado (IP) el factor más determinante es el estado del puente.

El propósito de (Molina Schulz, 2012) fue generar un diseño básico de Sistema de Gestión de Puentes, determinando los módulos necesarios para obtener un sistema que resulte útil y aplicable, además, que permita la priorización de la inversión, por medio de un método transparente y no complejo. Por lo que generó un modelo de sistema de gestión de puentes de acuerdo a un estudio de las distintas experiencias encontradas a nivel mundial cuyo enfoque dado al sistema, busca acoger criterios de priorización de la inversión para ordenar jerárquicamente las necesidades de conservación de las distintas estructuras, considerando que las estructuras responden debidamente a su diseño.



Concluye que estableció un sistema de información básico para un sistema de gestión de puentes funcional, además, el esquema propuesto para el sistema es modificable y perfectible para las necesidades que se puedan presentar en un futuro, como punto de vista funcional del sistema propuesto el autor determinó las funciones y alcances del programa, y diseñó gráficamente la estructura del mismo.

El autor (Días Vallejos, 2018) se enfocó en realizar la priorización de un grupo representativo de puentes de la Región de Valparaíso mediante inspecciones visuales en terreno, con el fin de ordenarlos de tal manera que las autoridades puedan definir necesidades de reparación y mantenimiento con una metodología aplicada y realizó un análisis estadístico; obteniendo como resultado de los 42 puentes estudiados los valores de IBI (Índice Integrado de Puente) se obtiene que más 50% de los puentes estudiados se encuentran en buen estado ($IBI > 6$) debido a su elevada importancia estratégica (SI) también se tiene 26% de puentes que requieren un estudio más detallado ($IBI < 6$) y se identificó 5% ($IBI < 4$) que según el autor requiere medidas de reposición y reparación. En conclusión, con el estudio se logró implementar una metodología de priorización de puentes a través del Índice Integrado de Puente (IBI), con información necesaria sobre la estructura de estudio, de manera que almacena y clasifica información para crear una base de datos sobre las características y estado de cada puente existente a nivel regional.

La tesis de (Martínez Cañamares, 2016) es una introducción muy importante y completa, cuyo fin fue el desarrollo particularizado de un sistema de gestión de puentes aplicado al conjunto de estructuras de la red viaria existente con la capacidad de evaluar el deterioro y su evolución y servir de apoyo en la toma de decisiones mediante la optimización de recursos. Con una metodología aplicada, el autor realizó la aplicación de su método en 20 puentes de la red autonómica de la provincia de Albacete, de lo cual obtuvieron daños reiterativos y tienen principios congénitos, con un nivel de deterioro



“moderado” y posibilidades de solucionar los problemas a tiempo sin necesidad de grandes esfuerzos económicos. Finalmente concluye que se desarrolló un modelo de predicción de evolución de deterioro, conocido el estado de condición de cada puente, justificando el óptimo ajuste mediante un método envolvente combinado de los modelos empírico-deterministas y modelos Markoviano, como una buena herramienta para la determinación de la evolución del deterioro.(p. 218), todo este sistema desarrollado a nivel de red local en 20 puentes de la red autonómica de la provincia de Albacete-España, asegurando la correcta asignación de los escasos recursos, manifestando su interés de implementación en la red secundaria de España, que contiene una mayor responsabilidad de gestión, con recursos cada vez más limitados.

Por último, (Aguirre Erique, 2017) cuyo objetivo fue proponer un Modelo de Gestión de Puentes, que permita planificar el mantenimiento y reparación o sustitución de los puentes, atreves de un Índice de Desarrollo Local (IDL), la misma que está en función del estado de conservación del puente, análisis de variación del TPDA, los costos de mantenimiento y reparación o sustitución y los costos y beneficios Sociales. Para poder determinar el Índice de Desarrollo Local se elaboró una ficha de inspección rápida, donde se califica los daños detectados en los elementos del puente, dichas calificaciones son ponderadas por factores establecidos por la experiencia de forma resumida y compacta, donde se obtiene el Índice de Condición Estructural. Además, se realizó un análisis de variación TPDA en función del estado y rutas de los puentes, para lo cual se utilizó una matriz de priorización para establecer la relación que tiene un puente con los demás, donde se obtuvo un Índice de flujo y el TPDA bajo condiciones restringidas, también se determinaron los costos de mantenimiento, reparación o sustitución utilizando un valor proporcional a su costo en función de sus dimensiones y los costos reportados por la prefectura de El Oro. Finalmente, se determinaron de una manera subjetiva los Costos y



Beneficios Sociales lo cual permitió priorizar las intervenciones. Se obtuvo una herramienta de fácil uso para una revisión de puentes de manera ágil y precisa, además mediante la relación matemática de variables, y los criterios utilizados, permitirá que esta propuesta de Modelo de Gestión se pueda aplicar no solo en la red vial de la provincia, sino a nivel nacional.

2.1.2 Antecedentes nacionales

El autor (Lleclish Hernandez, 2019) tuvo como propósito desarrollar un sistema de gestión de puentes existentes en la actualidad y su aplicación en el intercambio vial del Ovalo Grau de Trujillo – Perú, a través de una inspección visual y realizar un inventario, identificar los materiales utilizados para su construcción, los posibles daños y costo que estos implican de acorde a las intervenciones a realizarse en el intercambio vial. Además, implementó un sistema de gestión, denominado GEPUBIV sistema de Gestión de Puentes Basado en la Inspección Visual (Valenzuela ,2008), a través del cual el autor determina el indicador combinado del intercambio vial IIV, el cual combina los indicadores de importancia estratégica IEIV, riesgo sísmico RSIV, vulnerabilidad hidráulica VHIV, indicador de condición ICIV del intercambio vial, con todos estos indicadores logró definir la conservación que se debe asignar al intercambio vial del Ovalo Grau. También, desarrolló el modelo en el software HDM4, con el cual define el costo de las intervenciones a realizarse en el tiempo y verificar la rentabilidad, con proyecto y sin proyecto de conservación.

Luego de realizar la búsqueda de estudios o proyectos en la misma línea de investigación del presente trabajo, no se ha encontrado más investigaciones en el ámbito nacional que el citado en el párrafo precedente.



2.1.3 Antecedentes regionales y locales.

Después de una exhaustiva búsqueda de antecedentes del proyecto a nivel regional y local, se indica que no hay estudios en el mismo campo de investigación que este proyecto de tesis. Esto debido a que es un tema muy poco explorado.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Sistema vial

El sistema vial es fundamental para la comunicación efectiva de los ciudadanos. La red vial está constituida por calles urbanas y rurales, avenidas, autopistas, carreteras, caminos vecinales, y sus obras complementarias como **puentes**, veredas, señalización, iluminación, entre otras.

2.2.2 Puentes

Se define un puente como: “Estructura requerida para atravesar un accidente geográfico o un obstáculo natural o artificial, cuya luz libre es mayor o igual que 6.00 m (20 ft) y forma parte o constituyen un tramo de una carretera o está localizado sobre o por debajo de ella.” (MTC, 2018)

Los puentes no son proyectos aislados, sino partes de un sistema, y se diseñan y construyen dentro del contexto y del presupuesto del mismo y la ruta a la cual sirven. El puente de carreteras tiene que verse como parte de ella, del sistema vial, y aún como parte del esquema general de transportación del país. (Lugo Herrera, 2006)

2.2.3 Tipos de puentes

En la siguiente Tabla 1, se observa la siguiente clasificación de puentes según el Manual de puentes del MTC (2018)

Tabla 1. Clasificación de puentes.

CLASIFICACIÓN DE PUENTES SEGÚN:					
a. Naturaleza de vía soportada			b. Material		
Para carretera	Ferrocarril	Tren eléctrico	Piedra	Madera	Sogas
Acueductos	Peatonos	Uso múltiple	Acero	Concreto armado	Concreto ´presforzado
c. Sistema estructural principal					
c.1. Puentes tipo viga			c.2. Puentes en arco		
Simplemente apoyados	Isostáticos tipo Gerber o cantiléver	Hiperestáticos o continuos	De tablero superior	De tablero medio	De tablero inferior
c.3. Puentes suspendidos			De tímpano ligero	De tímpano relleno	Tipo bóveda
Colgantes	Atirantados	Combinación de ambos			
d. Forma de la geometría en planta			e. Posición respecto a la vía considerada		
Rectos	Esviados	Curvos	Paso superior	Paso inferior	
f. Tiempo de vida previsto			g. Demanda de tránsito y clase de carretera		
Definitivo	Temporales		Para autopista de 1era clase	Para autopista de 2da clase	Para carretera de 1era clase
			Para carretera de 2da clase	Para carretera de 3era clase	Para trocha carrozable
h. Importancia operativa			i. Fines de diseño sísmico		
Importantes	Típicos	Relativamente menos importantes	Críticos	Esenciales	Otros

Fuente: Adaptado de manual de puentes del MTC (2018).

2.2.4 Elementos de un puente

En la siguiente figura 1, se muestran los principales elementos que conforman un puente y se distinguen tres partes de acuerdo a su función. La superestructura comprende todos los componentes que permiten el tráfico. La subestructura es la parte que soporta la superestructura y el tráfico transfiriendo las cargas desde el puente al suelo. Los accesos y defensas incluyen todos los elementos complementarios que no aportan capacidad resistente.(Narro Martos, 2013)

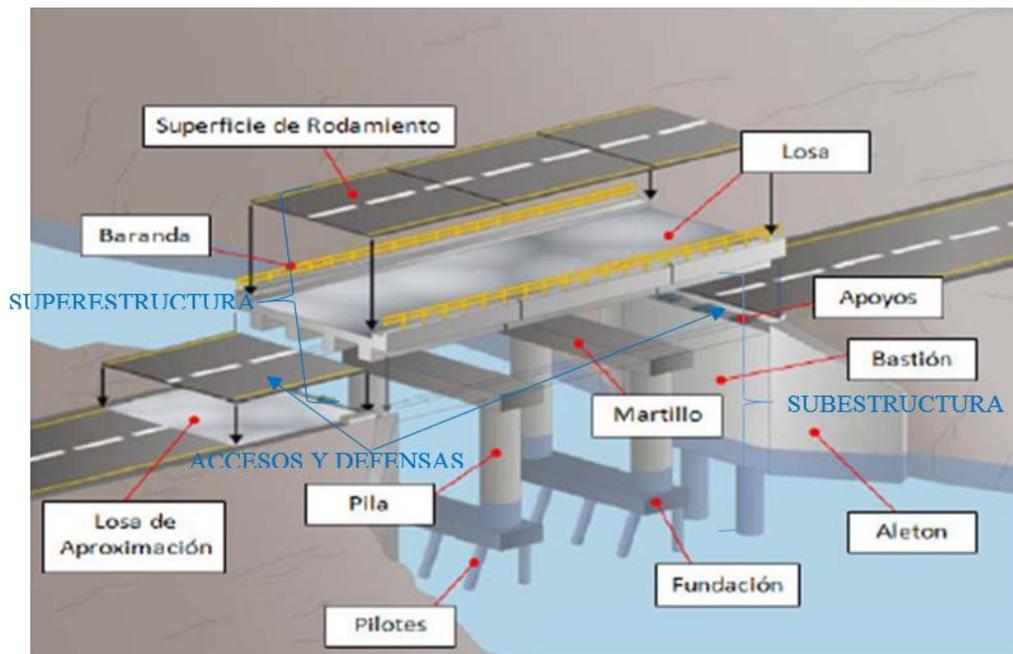


Figura 1. Partes de un puente

Fuente: <https://sites.google.com/site/puentesdel2016/partes-de-un-puente>

Según (Días Vallejos, 2018) las partes de los puentes son las siguientes:

- **Superestructura;** Tablero (sistema estructural del tablero y sistema de vigas del tablero), superficie de rodadura, sistemas de apoyos.
- **Subestructura;** estribos, pilares.
- **Los accesos y defensas;** terraplenes de accesos, estructura de pavimento, bases, bermas, y losas de accesos. Las obras de defensa comprenden enrocados, gaviones, bajadas de agua en los terraplenes de acceso, muros de contención.

Es importante mencionar que cada sistema de gestión agrupa los elementos que constituyen el puente, de acuerdo a sus estrategias de mantenimiento, con tres escenarios, estrategias de conservación a nivel proyecto, a nivel de red y estrategias híbridas.



2.2.5 Conservación y mantenimiento de puentes

La conservación vial es un proceso que involucra actividades de obras e instalaciones que se realizan con carácter permanente o continuo en los tramos conformantes de una red vial. (MTC Perú, 2016)

La conservación de los puentes constituye una prueba difícil para diseñadores y constructores. La altura de algunos puentes y las anchas corrientes que atraviesan otros los convierten en problemas de construcción de considerable envergadura. Las condiciones de apoyo y subsuelo son a menudo difíciles. La ubicación de muchos puentes es, por necesidad, precisamente en los lugares menos indicados para la longevidad de cualquier estructura, por estar situados en entornos abruptos, con microclimas severos y deben resistir la acción del medio ambiente en la estructura: golpes de agua, salitre, desprendimientos de taludes, socavación por erosión y otras condiciones que normalmente se trata de evitar. Esas onerosas condiciones van ganando terreno y comienzan a deteriorarse. Esto, unido a las limitaciones de presupuesto y la exposición a terremotos y vientos, que los acosan al igual que a toda estructura, hacen que los puentes se encuentren entre las obras de ingeniería que más frecuentemente fallan en caso de huracanes y crecidas (González Ruiz de Zarate, 2010)

Para la conservación de los puentes se realizan distintas operaciones las cuales se clasifican en:

2.2.5.1 Mantenimiento

No incluye acciones que eleven los niveles de servicios, se trata simplemente de “mantener” el estado de la obra. Se considera mantenimiento al conjunto de trabajos sistemáticos que se realizan a una obra con el objetivo de que no ocurran fallos que ocasionen inversiones en reparaciones de mayor orden. En



general incluyen los trabajos que deberán realizarse cuando se ha iniciado el fallo, como desconchados, grietas de pequeñas amplitudes, etc.(Lugo Herrera, 2006)

2.2.5.2 Rehabilitación

Ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están referidas principalmente a reparación y/o ejecución de pavimentos, puentes, túneles, obras de drenaje, de ser el caso movimiento de tierras en zonas puntuales y otros.(MTC, 2018)

2.2.5.3 Adaptación

Trabajos que se relacionan con las nuevas exigencias del tráfico: por crecimiento de sus intensidades, superiores a las previstas por el diseñador en su capacidad de resistencia, por mejoras tecnológicas o funcionales justificadas o por mejoras en la seguridad de los usuarios.(González Ruiz de Zarate, 2010)

Conservar los puentes en un estado aceptable no resulta un trabajo sencillo por lo que esta debe apoyarse en los datos, inventarios e inspecciones, recopiladas por las entidades que administran las mismas como son Provias o concesiones de los tramos, como es en el caso de la presente investigación. Es justamente este criterio que ha motivado la realización de este proyecto de tesis, ya que a la fecha no solo se demanda una infraestructura (puentes) adecuada sino también una gestión de las mismas a un mayor nivel.

2.2.6 Sistema de gestión de puentes

El progresivo aumento de los fondos para el mantenimiento y conservación de puentes se debe aplicar de una manera eficiente, buscando la toma de decisiones basadas en los aspectos técnicos y económicos, teniendo también en cuenta los factores sociales y ambientales.



Por lo tanto, la gestión de puentes se define como el conjunto de acciones a llevar a cabo para garantizar la seguridad y calidad de servicio de las estructuras gestionadas y optimizar el uso de recursos disponible. Esta gestión no debe limitarse a la fase de servicio del puente, y debe establecerse tan pronto como sea posible, preferiblemente en la fase de diseño, proyecto y ejecución.(Martínez Cañamares, 2016)

Siguiendo con lo mencionado un **sistema de gestión de puentes** se define de la siguiente manera según distintas referencias consultadas:

Según (Murillo Madrigal & Castillo Barahona, 2014) la gestión de puentes se define como: “proceso integral que une las actividades de inspección y evaluación de puentes con las necesidades de la comunidad y con las fuentes de financiación, para planificar, priorizar, financiar y procurar la operación, el mantenimiento, la rehabilitación, mejora y sustitución de los activos de puentes existentes”

De igual manera (Valenzuela Díaz, 2008), indica que un sistema de Gestión de Puentes (SGPu) es una herramienta de apoyo a una agencia vial para la selección de estrategias y acciones que permitan una asignación óptima de recursos para el mantenimiento de su red de puentes, consistentemente con las políticas de la agencia y las restricciones presupuestarias existentes.

Además, según (de Solminihac T., 2001), un SGPu debe combinar diversas áreas de la ingeniería como la gestión, diseño, construcción, economía y variables medioambientales para asegurar que se adopten las decisiones correctas de mantenimiento en la red vial. Además, tener como principales objetivos:

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



Dentro de los alcances que un BMS tiene, cabe mencionar la importancia de la información contenida en las bases de datos, dado que, esta información genera una destacable retroalimentación para los futuros diseños, los componentes y los sistemas constructivos. Así como también ayuda a planear y controlar de mejor manera las mantenciones de los puentes.

Para lograr su objetivo, los BMS requieren de procedimientos que aseguren que los puentes son inspeccionados y evaluados regularmente, de modo que se lleve a cabo una mantención apropiada y se mantenga una condición adecuada a lo largo de su vida útil. Para esto es necesario un sistema básico de información que contenga datos relevantes sobre las estructuras que se gestiona (Molina Schulz, 2012)

Un sistema de gestión de puentes es una herramienta compleja que está formada principalmente por una estructura organizacional, procedimientos generales, y un soporte analítico.

Entonces, un **sistema de gestión de puentes** es una herramienta con estructura modular que ayuda al responsable de la administración de los puentes a tomar decisiones basadas en información confiable y sólida, sobre estrategias de conservación para prolongar la vida útil y mantener un nivel de servicio adecuado, estrategias, que respondan a las fuentes de financiamiento y necesidades de las estructuras. Además, permita planificar, priorizar y optimizar las actividades de mantenimiento, rehabilitación, adaptación de los puentes. Bajo un enfoque de desarrollo sostenible.

Los siguientes módulos básicos, generalmente, conforman la estructura de un sistema de gestión de puentes:

- Inventario
- Inspección y evaluación

- Apoyo a las decisiones y la gestión – Predicción de deterioro
- Catálogo de daños

Un sistema de gestión de puentes, permite simular diferentes escenarios de acción para poder predecir el nivel de conservación futuro de cada elemento del puente y optimizar los recursos para realizar acciones que alarguen la vida útil de los puentes del proyecto por ende mantengan un nivel de servicio adecuado

En la siguiente figura 2 se muestra esquemáticamente el planteamiento conceptual de los efectos de la aplicación de estrategias de conservación en mantenimiento, frente a políticas de no inversión.

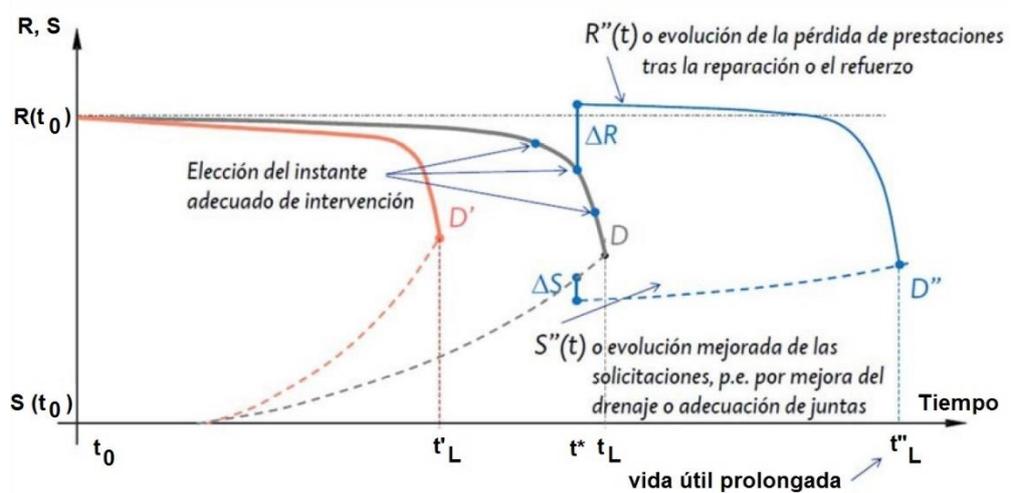


Figura 2. Concepto de vida útil y su gestión.

Fuente: Reflexiones en torno a la inspección de puentes (León González, 2007)

En la siguiente figura 3 se muestra de manera sintética los puntos en común de los SGP y tendencias generales, muestra el fundamento general de gran parte de los sistemas de gestión de puentes, sus etapas, funcionamiento tratamiento evolutivo de la información, con retroalimentación, como sistema en continua actualización. (Pecho, 2017)

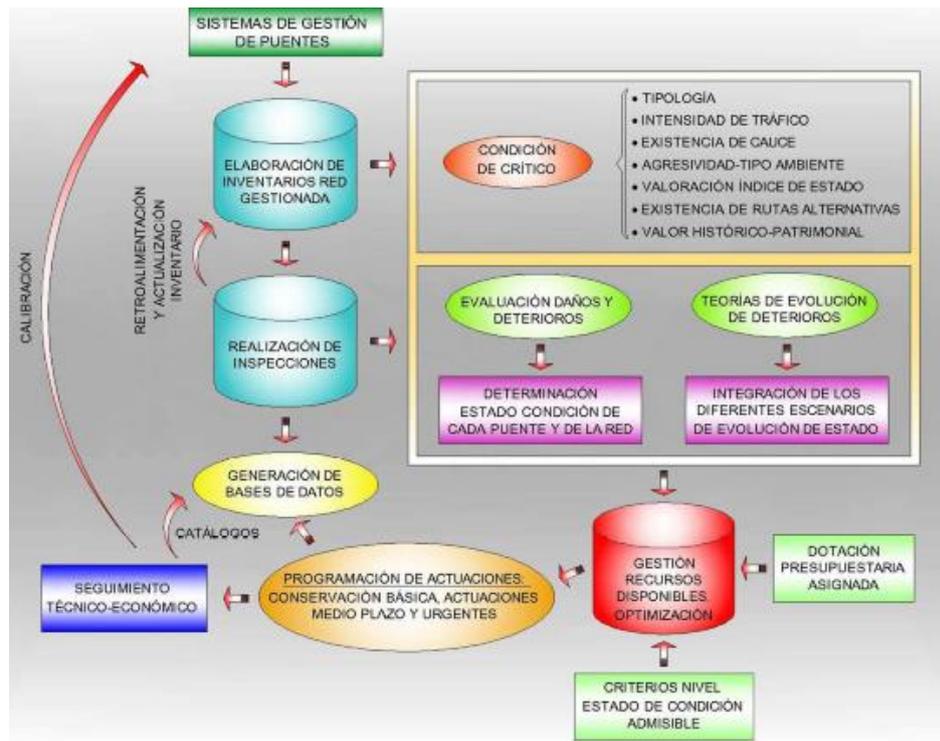


Figura 3. Esquema general común a los principales SGP implementados.

Fuente: (Martínez Cañamares, 2016)

2.2.6.1 Componentes de un sistema de gestión de puentes

Un sistema de gestión de puentes efectivo requiere de la mayor cantidad de información posible a cerca de las estructuras que se van administrar. Los alcances de un sistema de gestión de puentes, dependen fundamentalmente de las necesidades de la agencia encargada.

Según (Molina Schulz, 2012), idealmente un BMS está compuesto por distintos módulos, estos pueden variar de acuerdo a los requerimientos de entidad a cargo de la administración y pueden o no presentarse integrados entre sí, no obstante, un sistema básico debe manejarse bajo el esquema que se muestra en la Figura 4, donde los módulos primordiales son Inventario, Inspección, Condición del puente, Predicción de deterioro.

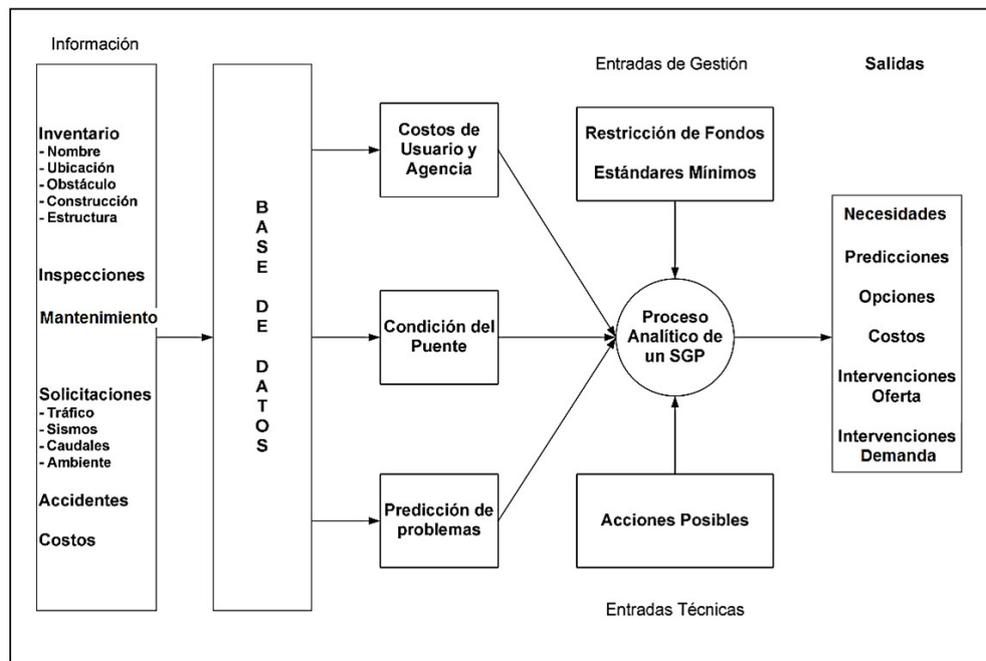


Figura 4. Componentes de un sistema de gestión de puentes.

Fuente: Adaptado de (Austroads, 2002)

2.2.6.2 Módulo de inventario

La puesta en marcha de un sistema de gestión se inicia con la toma de datos de los puentes o estructuras que han de ser integrados en el Sistema. El registro ordenado de datos constituye el *inventario de las estructuras* que incluye los datos de carácter general y de detalle de cada una de las obras que se encuentran en la vialidad motivo de registro. (Islas Rodríguez, 2016)

El inventario es un registro que incluye cada una de las partes del puente y la cantidad de elementos que tiene además de las características de estos elementos, al mismo tiempo es necesario identificar su material y algunos datos generales, tales como ubicación, nombre entre otros. (Días Vallejos, 2018)

Es un actividad previa y necesaria, para realizar una inspección en donde se podrá determinar de manera visual el estado de conservación del puente, la

seguridad del mismo y estimar acciones de tipos de inspecciones a seguir.(MTC, 2019)

Se debe elaborar una *Fichas de Inventario* del puente donde contenga los datos del puente. Según (Islas Rodríguez, 2016) los datos esenciales en un inventario de puentes son: (ver Tabla 2)

Tabla 2. Datos de inventario de puentes

a. Datos generales		
Nombre del puente	Administración: Provias, Gob. Regionales, provinciales o locales	Coordenadas geográficas: latitud y longitud
Número y código de ruta	Ubicación: departamento, provincia, distrito	Año de diseño, construcción, reconstrucción
Clasificación de ruta	Kilometro	
b. Información básica		
Dirección de la vía	Número de tramos	Cruza: sobre o debajo de que obstáculo
Tipo de estructura	Numero de subestructura	Tipo de pavimento
Carga viva de diseño	Longitud de desvió	Espesor original de pavimentos y espesor de sobre capa.
Longitud total	Pendiente longitudinal	Conteo de tráfico IMD
Especificación de diseño	Fecha de ultima pintura	Restricciones: de carga o ancho
Numero de superestructura	Servicios públicos	
c. Características de diseño geométrico		
Ancho total del puente	Ancho de la losa de aproximación	Altura libre vertical inferior y superior
Ancho de la calzada	Ancho y altura de aceras, barandas, divisorio de carriles (en caso de que haya)	
d. Antecedentes de inspección		
Fecha	Inspector	Tipo de inspección
e. Antecedentes de rehabilitación		
Fecha	Elementos	Resumen de contramedidas
f. Cuadros para		
Mapa de ubicación	Fotografía de vista panorámica	Observaciones

Fuente: Guía para inspección de puentes (MTC, 2019)

Es fundamental conocer que elementos son objeto de gestión dentro de la red administrada, por ese motivo es ineludible que todo sistema de gestión, ya sea



de puentes o cualquier otro elemento de la carretera, debe disponer como punto de partida de un inventario, para la implantación de dicha herramienta. Este garantizará la optimización de prioridades

La literatura brinda herramientas específicas para elaborar inventarios, con una amplia variedad de criterios y metodologías. No obstante, se trata de un proceso que caracteriza al puente, con un nivel de detalle acorde a los recursos del ente en cargo de la administración de los puentes, para formar una base de datos representativa de la red gestionada.

2.2.6.3 Módulo de inspección

Administrar un sistema complejo de puentes viales requiere de un conjunto de herramientas administrativas que ayuden a la toma de decisiones. Durante el proceso de toma de decisiones se realiza un esfuerzo importante para definir cual puente o elementos de un puente necesitan atención. Cualquier acción efectiva de conservación requiere un conocimiento de su condición actual. Este conocimiento se obtiene mediante la inspección. (Valenzuela Díaz, 2008)

Se entiende por inspección al conjunto de actuaciones técnicas realizadas para determinar las condiciones físicas y estructurales de un puente, de tal manera que permita conocer en un momento dado el estado situacional del puente, para iniciar con las acciones de mantenimiento, o priorizar sus niveles de intervención. La inspección de un puente tiene dos objetivos principales: asegurar el tránsito diario sin riesgo sobre la estructura e identificar de manera oportuna cualquier daño y/o deficiencia existente, para emprender con las acciones correctivas que eviten el deterioro progresivo del puente. (MTC, 2019)



Así mismo según bibliográfica consultada a nivel nacional e internacional existen los siguientes tipos de inspecciones:

- Inspección rutinaria
- Inspección principal
- Inspecciones especializadas

2.2.6.3.1 Glosario de daños

Un inspector debe aplicar cierto grado de interpretación al evaluar las condiciones de un puente. Por lo tanto, es muy importante relacionar las escalas de estado general divididas en “bueno”, “aceptable”, “malo” y similares con definiciones precisas que puedan observarse sin ambigüedades sobre el terreno o tomando mediciones que resulten viables desde el punto de vista económico. Existen enormes diferencias en las escalas de estado adoptadas, hechas a la medida de cada organización, pero las respuestas son coherentes en el sentido de que dichas escalas tienen que estar bien definidas en un glosario de daños para ayudar al inspector o al auditor a realizar la misma evaluación de las condiciones del puente. (AIPCR-PIARC, 2011)

La caracterización del daño se puede homogenizar mediante un glosario de daños, que ayuda al inspector a evitar la ambigüedad y la subjetividad sobre la calificación del puente a inspeccionar, siendo una guía para dicha calificación. Según (AIPCR-PIARC, 2011) un glosario de daños suele incluir:

- Tipo de daños típicos de distintos elementos estructurales.
- Alcance de los defectos de los materiales y gravedad que puede esperarse de las distintas clasificaciones.
- Directrices para la clasificación de la evaluación de las condiciones.



- Descripciones para las causas de los defectos.
- Acciones de reparación típicas para cada tipo de defecto.
- Costes de material de los métodos de reparación.
- Consecuencias y gravedad de los daños.

El glosario de daños se buscará incluir deficiencias relativas a defectos constructivos, de diseño y fabricación, daños típicos producto de incidentes no ordinarios como eventos hidrológicos, sísmicos e impacto vehicular, y finalmente deterioros producto del uso y envejecimiento de la estructura como corrosión del acero, carbonatación, agrietamiento, desprendimientos, etc.

Para el presente proyecto se realizó una propuesta de glosario de daños, la cual se obtuvo de diferentes fuentes bibliográficas, así como apoyo de expertos en inspección de puentes.

2.2.6.3.2 Inspección básica o rutinaria

Se define inspección básica o rutinaria a la inspección visual desarrollada por el personal con conocimiento de diseño, construcción y mantenimiento de puentes. Este nivel de inspección constituye una sistemática útil para detectar deterioros de forma temprana y poder prevenir que generen deterioros graves, así como localizar daños que necesiten reparaciones urgentes.(MTC, 2019)

Este tipo de inspección se realiza por personal de mantenimiento que tiene conocimientos de los procedimientos de evaluación, pero, sin embargo, no posee una instrucción acabada acerca de las patologías de puentes. (Molina Schulz, 2012)

Su objetivo es hacer un seguimiento del estado de las estructuras, para detectar lo antes posible fallos aparentes que podrían originar gastos importantes



de conservación o reparación si no son corregidos a tiempo La periodicidad de este tipo de inspecciones suele establecerse en el entorno de 1 año.(Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012)

2.2.6.3.3 Inspección principal

La inspección principal es una inspección visual más minuciosa del estado de todos los componentes del puente (vigas, losas, pilares, estribos, arcos, torres, dispositivos de apoyos, superficie de rodadura, etc.), a fin de proporcionar una calificación basada en una escala cualitativa previamente definida. En esta etapa se identifican a los puentes que requieren inspecciones especiales, estudios especializados y/o intervenciones mayores (reforzamiento o rehabilitación).(MTC, 2019)

Las inspecciones principales son una evaluación visual de todas las partes de la estructura del puente, realizada a una distancia en que los elementos se puedan tocar por el personal que evalúa. La frecuencia de este tipo de inspecciones se recomienda sea de entre 5 y 10 años. Con objeto de evitar la subjetividad de la inspección es habitual acudir o utilizar “Catálogos de deterioros”, con objeto de unificar los criterios de los diferentes inspectores y conocer con la suficiente precisión el nivel de deterioro de la estructura(Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012)

2.2.6.3.4 Inspecciones especiales

Las inspecciones especiales a diferencia del resto, no se realizan sistemáticamente o con carácter periódico, sino que surgen, generalmente, como consecuencia de una situación singular (como por ejemplo impacto de vehículos, daños e inundaciones o cualquier otro desastre natural, etc.). (MTC, 2019)



Las inspecciones especiales se realizan cuando existe un problema puntual, dudas en una inspección o se han descubierto fallas riesgosas en otros puentes similares. (Molina Schulz, 2012)

Este tipo de inspecciones requiere la colaboración con equipos multidisciplinarios de personas expertas en diversas materias (estructuras, geología-geotecnia, materiales, etc.) dirigidos por una persona con experiencia y conocimientos en patologías y métodos de evaluación de seguridad estructural, y que, tras campañas de toma de datos planificadas en función a estudios previos, ensayos para la caracterización estructural y de durabilidad y meditadas reflexiones y cálculos en oficina, permiten formular un diagnóstico que clarifique la situación en la que se encuentra en estudio, proponiéndolo, si es necesario, unas actuaciones (terapia de reparación) que garanticen la seguridad del puente en cuestión. (Martínez Cañamares, 2016)

2.2.6.3.5 Equipos y/o herramientas para la inspección

Los equipo y herramientas que se utilizan en una inspección son las siguientes siguiendo las recomendaciones del guía de inspección de puentes, ver tabla 3.(MTC, 2019)

Tabla 3. Equipos y herramientas para una inspección de puentes.

a. Limpieza		
Cepillo de alambre	Pala plana	Casco y botas
Cinturón de herramientas	Chalecos reflectantes	Gafas
b. Herramienta de ayuda visual		
Binoculares (inspección principal)	Vernier	Crayola o tiza
Flexómetro	Lupas micrométricas	Espejos de inspección
Wincha	Medidor de grietas óptico	Tinte penetrante
Plomadas	Medidor de espesor de pintura	Endoscopios
Nivel de carpintero	Termómetro	
c. Herramientas de documentación		
Cámaras fotográficas	Libreta de campo	Video cámara
d. Herramientas de acceso		
Escaleras.	Arneses.	Chalecos salvavidas.
Pasarelas.	Tilfor.	Correa de seguridad.
Canastillas.	Poleas.	
e. Herramientas para misceláneas		
Caja de herramientas (llaves)	Radios (walkie-talkies)	Martillo, pala plana, destornillador, navaja
Botiquín de primeros auxilios.	Linterna	
f. Equipo de señalamiento para inspección de calzadas		
Conos de plástico	Triángulos.	Otros

Fuente: Guía para inspección de puentes (MTC, 2006)

Tabla 4. Materiales para inspección principal

Material para inspección	
Cámara fotográfica digital	Escalera manual
Un GPS	Navaja, martillo, espejo y lupa
Cuaderno y bolígrafo	Binoculares y linterna
Cinta métrica y distanciómetro	Botas de agua
Pinturas de colores	Señalización (conos carteles, etc.)
Fisurómetro o plantilla de medición de fisuras	Equipos de seguridad personal (chalecos reflectantes)

Fuente: Guía para inspección de puentes (MTC, 2019)

2.2.6.3.6 Procedimiento de inspección

Generalmente es ventajoso emplear un procedimiento sistemático, es decir seguir una rutina de inspección en todos los puentes. Para la recopilación de la información se utilizará los formatos que se adjuntan como Anexo 2; que servirán para la toma de datos en la inspección, así como en los procedimientos de calificación de componentes del puente. (MTC, 2019)



Según la ‘‘Guía para inspección de puentes’’ del (MTC, 2019) indica que cuando se lleve a cabo una inspección en el campo se debe de seguir los siguientes pasos:

- 1) Acciones previas a los trabajos de campo: se debe revisar el inventario y los informes de inspección anteriores, a fin de tomar conocimiento si existen circunstancias especiales, como daños observados anteriormente, o elementos estructurales que necesiten una *inspección más detallada*.

Para la realización de la inspección visual de los puentes, después de contar con las herramientas mencionadas, también se debe contar con el **glosario de daños** mencionado en el ítem 2.2.6.3.1. en forma física y además con un **formato de inspección**, de igual forma se debe revisar el **inventario** de puentes. Para realizar el protocolo de inspección se realiza los siguientes pasos según (Martínez Cañamares, 2016)

- Se debe verificar la ubicación y nombre del puente programado para su inspección.
 - Se debe tomar las medidas de seguridad necesarias.
 - Se debe iniciar la inspección tomando una foto de identificación del puente.
 - Se debe tomar una fotografía del acceso al Puente.
- I. Fase 1. Recorrido perimetral en la parte inferior por los paramentos verticales del puente, comenzando por el estribo inicial, denominado Estribo – 1 (E-1), así como los elementos de acompañamiento, muros derrames etc. (ver figura 5)

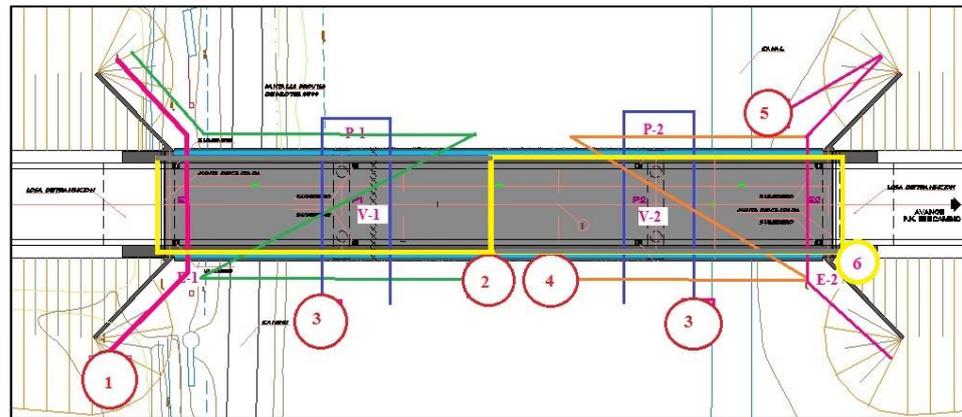


Figura 5. Recorrido de inspección – Fases 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Fuente: https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/puente-de-concreto_30179/

- II. Fase 2. Revisión visual mediante recorrido en zigzag de caras inferior y laterales del primer vano del tablero, registrando todos los deterioros detectados. (Ver Figura 5)
- III. Fase 3. Inspección perimetral de la parte inferior de los pilares, partiendo de la primera de ellas, pila 1 (P-1). (Ver figura 5)
- IV. Fase 4. Reiterando el proceso para los siguientes elementos, V1, V2... e igualmente para las pilas P2, P3... (ver figura 5).
- V. Fase 5. Recorrido perimetral de la parte inferior por los paramentos verticales del puente, cerrando el recorrido por el estribo final (E-2), así como los elementos de acompañamiento, muros, derrames de tierra, etc. (Ver figura 5).
- VI. Fase 6. Inspección en la zona superior del tablero y equipamientos, realizando un recorrido perimetral con suficiente profundización. (Ver figura 5).

Finalmente debe asegurarse que todas las partes visibles del puente fueron inspeccionadas y la documentación del levantamiento deberá ser registrada y almacenada en la base de datos del sistema.

2.2.6.4 Modulo estado de condición

El presente modulo se refiere a la evaluación que se realiza luego de una inspección. El objetivo principal de inspección es calificar el estado del puente mediante una valoración objetiva del alcance, tipología, extensión y gravedad de los posibles deterioros detectado durante las visitas realizadas, que pueden aportar datos extraordinariamente importantes para el posterior análisis del proceso de deterioro y de las medidas de mantenimiento y reparación para optimizar el estado de la estructura a lo largo de su vida útil. (Martínez Cañamares, 2016)

La valoración de la condición del puente depende inicialmente de una apropiada inspección visual objetiva, llevada a cabo siguiendo un procedimiento estandarizado. Según la Guía para inspección de puentes del (MTC, 2019), se clasifica el estado de condición del puente en niveles de 1 a 6, en el siguiente Tabla 5, se muestra la condición global del puente.

Tabla 5. Cuadro de condición global del puente.

<i>CONDICION</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>NECESIDAD DE ATENCION</i>
Satisfactoria	Buen estado. Sin daño o los daños son leves. La estabilidad estructural, seguridad vial y durabilidad están aseguradas.	Labores de mantenimiento rutinario preventivo.
Adecuada	Deficiencias no afectan el funcionamiento adecuado del puente, en donde los elementos principales pueden presentar deterioros que afectan únicamente por durabilidad. Deterioros deben ser tratados por aspectos de durabilidad, evitar la progresión del daño en elementos secundarios, o procurar un adecuado nivel de seguridad vial a los usuarios	Reparaciones menores que se programan en conjunto con el siguiente mantenimiento periódico del puente.
Deficiente	Deterioro significativo que podría afectar aspectos funcionales pero los componentes estructurales del puente funcionan aun de forma adecuada, sin impacto en los márgenes de seguridad estructural.	Es necesario programar una intervención no rutinaria en conjunto con el siguiente mantenimiento periódico.

Seria	Puente estable, pero con deterioro en uno o varios elementos estructurales primarios, o falta en secundarios, que reducen significativamente los márgenes de seguridad estructural. Si no se trata la progresión del deterioro, este podría conducir una situación de inestable a futuro. Deficiencia en seguridad vial muy riesgosa para los usuarios.	Atención pronta. Se recomienda atender pronto el puente para evitar la progresión del daño. Se debe atender una situación peligrosa en la seguridad vial de forma prioritaria incluyendo señalamiento al usuario de la condición de tránsito riesgosa.
Alarmante	La estabilidad de la estructura puede estar comprometido en un periodo de tiempo corto debido a la progresión activa del daño, o la deficiencia compromete (o podría comprometer en el corto plazo) parcial o totalmente el tránsito vehicular sobre el puente.	Atención prioritaria. Los trabajos de rehabilitación son prioritarios y se recomienda colocar señales visibles al usuario indicando la condición riesgosa del puente. Según el tipo de daño, es posible que sea necesario una evaluación de la capacidad estructural actual de la estructura para juzgar si es necesario restringir su uso.
Riesgo inaceptable	Condición de deterioro inaceptable en puentes de importancia muy alta o situación de puente inestable con riesgo alto de colapso; daño severo un elemento crítico o daños severos extendidos sobre varios elementos principales. Daño irreversible que posiblemente requiere el cambio del puente o una rehabilitación mayor.	Atención inmediata. Cerrar el puente, o restringir su uso inmediatamente. Evaluar la necesidad de colocación de soportes temporales o un puente temporal, realizar una evaluación estructural con propuesta de rehabilitación o reconstrucción de estructura nueva.

1 elementos principales: tablero, vigas principales de superestructura, torres, cables, apoyos, pilas, bastiones, cimentaciones y elementos de refuerzo o rehabilitación estructural sobre elementos principales.

2 elementos secundarios: dispositivos y señalamiento de seguridad vial, elementos de los accesos y obras/dispositivos/tratamientos de protección contra eventos extraordinarios (impacto vehicular, sismo, avenida) o por durabilidad.

3 elementos crítico: elemento principal no redundante cuya falla lleva al colapso de la estructura.

Fuente: Guía de inspección de puentes del(MTC, 2019)

A continuación, se muestran los pasos para la calificación del estado de condición, para obtener esta calificación se consultó la guía para la determinación de puentes en Costa Rica mediante inspección visual, que fue elaborado por la Unidad de puentes de LanameUCR (Muñoz Barrantes et al., 2015)

2.2.6.4.1 Información preliminar e inspección

La bibliográfica consultada indica que realiza una búsqueda de información básica del puente como los planos constructivos, la fecha de construcción, el historial de inspecciones y mantenimiento. Con estos se determina la importancia operacional (crítico CR, esencial E y convencional CO) y el rango de vida remanente del puente ASL según la clasificación definida en los Lineamientos de Diseño Sismorresistentes de Puentes (2013) para el diseño y rehabilitación sísmica de puentes. Los aspectos relacionados con la importancia y vida residual del puente se detallan en el Tabla 6.

Tabla 6. Calificativos del puente según su importancia operacional y vida residual.

<i>IMPORTANCIA OPERATIVA Y ECONOMICA</i>	<i>VIDA REMANENTE DEL PUENTE ASL</i>
Convencionales (CO)	ASL1 < 15 años
Esenciales (E)	ASL2 15 - 50 años
Críticos (CR)	ASL3 > 50 años

Fuente: Guía para la determinación de la condición en puentes mediante inspección visual de (Muñoz Barrantes et al., 2015)

2.2.6.4.2 Componentes del puente y grado de daño (GD)

Según (Muñoz Barrantes et al., 2015) para cada uno de los tramos de la superestructura y subestructura se catalogan los daños por elemento y se asigna un valor de grado de daño GD. La caracterización de la magnitud y peligrosidad del daño se ve reflejada en el valor de GD, que se calcula tomando en cuenta la extensión y la severidad del daño. La severidad responde a la ubicación, tipología e intensidad (nivel de progresión) del deterioro en el elemento.

Los detalles para la determinación del GD pueden estar previamente definidos en un **glosario de daños**, aunque, si este glosario no existiera se puede utilizar el criterio del inspector basado en la experiencia y comparación con otros inspectores. Las deficiencias a su vez se pueden agrupar según su efecto en la

estructura del puente, los cuales se pueden resumir en siete tipos básicos de daño descritos por Bien (2007) en la práctica europea.

Se toma como referencia parámetros iniciales observados en prácticas internacionales y se toma como referencia una escala de daño del 0 al 3. Esta clasificación es acorde con los estados de progresión del deterioro comentados anteriormente: protegido, atacado (o expuesto para durabilidad), dañado y fallado, cuyo uso es práctico en a la definición de estrategias de intervención. Por ejemplo, para un elemento muy dañado o fallado ($GD=3$) es muy posible que sea necesario un cambio o de reconstrucción del elemento. Los daños sobre la estructura del puente se pueden clasificar como daños que afectan la durabilidad, la función/operación o la capacidad estructural del puente.

Los daños en componentes no estructurales, es decir que no afectan la capacidad estructural del puente directamente, sino que afectan su adecuado servicio/uso, se clasifican como funcionales y corresponden a todo tipo de daños o defectos sobre los siguientes componentes específicos: superficie de ruedo, junta de expansión, seguridad vial, accesos y drenajes. Un daño que afecte la estructura del puente y que tenga consecuencias funcionales se clasifica como estructural; por ejemplo, un agujero en losa del puente.

2.2.6.4.3 Asignación de relevancia estructural

la relevancia estructural RE es una variable que incorpora la importancia de un componente o elemento según su función en el sistema global del puente. Contempla el aspecto estructural y también aspectos de seguridad vial, durabilidad, protección del entorno y accesibilidad, como se puede observar en la Tabla 7. (Muñoz Barrantes et al., 2015)

La propuesta también contempla aspectos relacionados a mitigación de efectos de amenazas naturales, discutidas en estudios como el de Mayet (2002) y Minchin et al. (2006). Toma también la frecuencia y la magnitud de eventos naturales (sismos o hidrológicos), que varían con el tiempo, por lo que evaluar un puente antiguo, pronto a cumplir su ciclo de vida, como uno nuevo no es correcto.

Tabla 7. Relevancia estructural (RE) recomendados para los componentes del puente.

<i>RE = 1</i>	<i>RE = 2</i>	<i>RE = 3</i>	<i>RE = 4</i>
<i>Juntas de expansión*</i>	<i>Seguridad vial*</i>	Losa	<i>Superestructura</i>
	Aceras	<i>Superestructura</i>	Estructuras de madera
<i>Protección durabilidad</i>		Puente con 4 vigas a más de C°A° o A°	
Sistema de drenaje *	<i>Aspecto hidráulico</i>	<i>Pila</i>	Puente con 3 vigas o menos de C°A° o A°
Pintura estructura	Protección de talud	Cuerpo de muro o marco pantalla	Puente tipo cercha
<i>Seguridad vial *</i>	Protección de estribos	<i>Estribos</i>	Arco de acero o C°A°.
Señalización	Protección de pilas		
Rotula de altura carga máx.		Cabeza	<i>Cables, anclajes y torres (colgantes)</i>
Barandas y parapetos		Cuerpo	
Guardavías.		<i>Apoyos</i>	
<i>Capeta de rodadura*</i>		Elastómero	
		Apoyo fijo	
		Apoyo expansivo	

**Componentes no estructurales del puente cuyos daños afectan su operación.*

Se considera aspectos estructurales del puente, también seguridad vial, durabilidad y protección.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Los grados de daño GD en estos elementos podrían ser evaluados mediante el uso del **glosario de daños**.

2.2.6.4.4 Tipo de falla y grado de consecuencia de falla FCF

Una vez identificados los elementos y asignados los valores de RE y GD, es solo necesario determinar el valor del denominado Factor de Consecuencia de Falla FCF. Este factor se escoge para cada elemento según sean las consecuencias de su falla sobre el puente (según lo descrito en el Tabla 8) y la forma en que se

esperaría ocurra la falla del puente como sistema, debido a los daños en el elemento (como se denota en la Tabla 8).

Características particulares de falla están asociadas a distintos tipos de estructuras de puentes; por ejemplo, la estructuración de los puentes de dos cerchas de acero es no redundante ya que ante la falla de una de las cerchas es muy posible que colapse todo el puente. Diverso es el caso de puentes con 4 o más vigas en donde la falla de un elemento difícilmente conlleva el colapso total del sistema. Para los componentes de la Tabla 9, los valores de FCF son constantes, iguales a 1.

Tabla 8. Definiciones de niveles de consecuencia de falla.

<i>CONSECUENCIA</i>		<i>DESCRIPCIÓN</i>	
0.60	Nivel 1	BAJA	Consecuencias leves sin riesgo de pérdida de vidas o lesiones, molestias a usuarios, servicio puede ser afectado en periodos cortos.
0.80	Nivel 2	MODERAD A	Consecuencias moderadas. Riesgo leve de pérdidas de vida o lesiones. Consecuencia económica considerable.
1.00	Nivel 3	ALTA	Consecuencias altas. Riesgo moderado de pérdidas de vida o lesiones. Consecuencia económica alta.
1.25	Nivel 4	SEVERA	Consecuencias muy altas. Riesgo alto de pérdida de vida o lesiones. Consecuencia económica muy alta.

Fuente: guía para la determinación de la condición en puentes mediante inspección visual de (Muñoz Barrantes et al., 2015)

En el Tabla 9 se introduce un nuevo nivel de importancia denominado CR+, específicamente ideado para los puentes de la red vial nacional de importancia estratégica con importancia económica crítica y cuyo colapso presenta un alto riesgo de pérdida de vidas humanas debido a su alta ocupación (TPD > 50 000). Para este caso, se pondera con un factor FCF de 1,25 únicamente para aquellos componentes del puente que además de tener un grado de relevancia estructural de RE = 4 también podrían presentar un tipo de falla no redundante.

Para estos elementos, inclusive un grado de deterioro moderado se considera como una situación riesgosa e inaceptable tomando en cuenta las consecuencias económicas y posible pérdida de vidas humanas que se derivan de su falla. (LANAMME UCR, 2015)

Tabla 9. Relación entre la Relevancia estructural RE, tipos de falla y niveles de consecuencias.

Tipo de falla probable del puente como sistema	Consecuencias según tipo de falla							
	Nivel 1 FCF=0.6	Nivel 2 FCF=0.8			Nivel 3 FCF=1.0			Nivel 4 FCF=1.25
	Todos	CO	E	CR	E	CR	CR+	CR+
A: Servicio	RE= 1							
B: Falta elemento secundario o de entorno	-	RE= 2	RE= 2	RE= 2			RE= 2	
C: Redundante: Falta de elemento no causa colapso.	-	3 o 4	RE= 3		RE= 4	3 o 4	3 o 4	
D: No redundante: Falta de elemento causa colapso	-	3 o 4	RE= 3		RE= 4	3 o 4	RE= 3	RE= 4

Fuente: guía para la determinación de la condición en puentes mediante inspección visual de (Muñoz Barrantes et al., 2015)

2.2.6.4.5 Calificación de los elementos del puente

Los tres factores calculados anteriormente se combinan para determinar la calificación de cada uno de los elementos del puente. El valor de CE, que se encuentra en el rango de 0 a 5 y se determina mediante el uso de la Ecuación 1 y redondeando al valor entero más próximo

$$CE_i = \begin{cases} 1 & \text{si } GD = 0 \\ \text{entero } \{ [(FCF * RE) - 1] + GD \} \leq 6 & \text{si } GD \neq 0 \end{cases}$$

Aquí es importante recalcar de nuevo la importancia del cálculo de un adecuado valor de GD. En particular, el grado $GD = 3$ corresponde específicamente a un estado en que el deterioro tiene implicaciones serias en el elemento o que inclusive ya ha fallado

2.2.6.4.6 Calificación global del puente

En esta metodología la calificación global del puente se asigna en función del elemento con mayor puntaje obtenido. Lo cual se describe también mediante la siguiente ecuación.

$$CP = \max (CE_i)$$

Al hacer este tipo propuesta, se asume que el puente está formado por elementos independientes entre sí y se concibe, por lo menos para el caso de falla total, el sistema global como un sistema en serie. En una formulación en serie se asume que la falla del elemento más débil provoca la falla de todo el sistema por lo que es considerada una formulación conservadora siempre y cuando (desde un punto de vista probabilístico), la probabilidad de falla total esté gobernada por la probabilidad de falla de ese elemento específico. No obstante, se debe mencionar que al tomar en cuenta la redundancia para algunos elementos de la superestructura se alcanza en algún grado el efecto indirecto de una formulación en paralelo del sistema, en donde la falla se da luego de la falla del componente más fuerte

2.2.6.5 Módulo de predicción de deterioro

Como cualquier otro elemento de la carretera vía objeto de gestión, los puentes sufren un proceso de deterioro a lo largo de su vida útil, por una parte, debido al envejecimiento propio, y por otra, como resultado de las acciones externas y solicitaciones a las que se ve sometido. Adicionalmente, existen factores previos que pueden condicionar la aparición de problemas en las estructuras, como:

- Errores o defectos en fase de proyecto, por motivos de pocas profundizaciones en materia geotécnica, inadecuado diseño estructura, fallos en conceptos de desagüe y drenaje, falta de juntas o posiciones erróneas, etc.



- Proceso de construcción deficiente, con aparición de posteriores incidencias en el hormigón, armadura, impermeabilización, juntas, elementos accesorios, etc.

El deterioro es un proceso asociado de manera inherente a las estructuras, y, por tanto, inevitable, aunque los sistemas de gestión tratan de cuantificarlo y controlarlo mediante estrategias de mantenimiento, sus defectos pueden ser devastadores manifestándose en una considerable reducción de sus aspectos funcionales, portantes, confort y seguridad.

Por tanto, el análisis del deterioro de un puente es un proceso complejo, en tanto en cuanto, de manera general, se debe a la ponderación o combinación de diversos factores, no siempre identificables de manera inmediata, y con una considerable distribución en el tiempo, ya que abarca todos los defectos arrastrados desde el diseño hasta el punto del ciclo de su vida útil en el que se realice su valoración. (Martínez Cañamares, 2016)

Los costes de mantenimiento en una estructura son altamente dependientes en el tiempo que se efectúen por lo que el conocimiento de la ratio de deterioro permite al gestor evaluar el momento más oportuno para la intervención. Las intervenciones que se realicen fuera del tiempo óptimo de mantenimiento (si se efectúan demasiado pronto o demasiado tarde) pueden tener mayor repercusión económica por estos motivos. (Clemente Tirado, 2003)

Ante la realidad del deterioro de la infraestructura y a medida que los países van alcanzando mayores cotas de desarrollo, sus redes de transporte tienden a estabilizarse, disminuyendo la necesidad de inversión en nuevos proyectos, pero aumentando, en cambio, la necesidad de inversión en conservación (Torres Machí, 2015)



2.2.6.5.1 Predicción de la evolución del deterioro

Permite una base a los datos extraídos de las inspecciones realizadas, a partir de un análisis del estado de los puentes en una fase actual, plantear su posible predicción de evolución de deterioro, facilitando las labores de planificación y optimización de las labores de mantenimiento y gestión.

El tiempo, por consiguiente, influye directamente en la mayor parte de las variables, que intervienen en los procesos de deterioro, tanto en los físicos (acciones, características resistentes, interacción con el terreno, etc.) como en los químicos (corrosión, carbonatación, cloruros, sulfatos, etc.) (Martínez Cañamares, 2016)

2.2.6.5.2 Modelos de deterioros

De forma genérica y con vistas a la implementación de un BMS, el deterioro de una estructura es dependiente del tiempo que pueda ser modelizado matemáticamente de diversas formas (van Noortwijk et al., 1998)

Los métodos mecanicistas pretenden tener un enfoque puramente científico, con un marco teórico suficiente que permita el análisis completo de la mecánica del comportamiento de un elemento estructural antes las acciones ambientales y solicitaciones. Esto es un marco teórico en donde las propiedades fundamentales de los materiales se conocen, y se pueden determinar en laboratorio o campo.



Modelo de predicción probabilístico.

De forma general, existen varios modelos matemáticos probabilísticos de predicción de la evolución del deterioro en función del tiempo, comúnmente aceptados en la literatura de sistema de gestión de puentes:

- A. Función ratio de fallo
- B. Procesos estocásticos
- C. Variación de índice de fiabilidad
- D. Modelo Markoviano

A continuación, se describe el modelo utilizado en el presente proyecto.

- **Función del ratio de fallo**

Se trata de la función de la distribución de la vida útil de un puente o elementos de este, representando la probabilidad de fallo de la misma función del tiempo. Siento $F(t)$ la función de distribución de probabilidad con función de densidad de probabilidad. (Barlow & Proschan, 1965)

El método aplicado con éxito en otros campos de la ingeniería, no es interesante su aplicación en una gestión de estructuras puesto que solo es capaz de ofrecernos un dato, la probabilidad de fallo, determinando si existe fallo o no, en función de unos objetivos de partida; pasando por diferentes estados de degradación que nos interesa saber. (Clemente Tirado, 2003)

- **Procesos Estocásticos**

En una línea matemática similar al anterior, se hallan los modelos de deterioro estocásticos, que utilizan métodos Gaussiano y Gamma (van Noortwijk et al., 1998), que toman como referencia a las funciones de distribución Gauss y Gamma. Si bien ambos modelos se ajustan al proceso de deterioro, el modelo



Gamma presenta mayor versatilidad, ya que es un proceso estocástico con incrementos independientes, no negativos, además el ajuste a partir de las inspecciones realizadas al puente es relativamente sencillo, frente al método Gaussiano (basados en la teoría del movimiento Browniano), en que las variables de la estructura aumentan y disminuyen alternativamente. (Martínez Cañamares, 2016)

- **Modelo de Deterioro basado en el Índice de Fiabilidad**

Estos modelos valoran la seguridad de la estructura con su capacidad portante. De hecho, utilizan modelos que ponen en contraste las variables capacidad-demanda R-S, valorando el comportamiento de la estructura, como su nivel de seguridad, en función de su respuesta resistente (R) frente a las solicitaciones (S), bajo diferentes comprobaciones de estado límite a las que puede estar sometido el elemento.

Nivel de seguridad = $R - S > 0$ (sería para la ecuación del estado límite analizado).

Las acciones, como las propiedades intrínsecas de la estructura (tipo de material, geometría, interacción con el terreno, etc.) pueden ser consideradas como variables aleatorias, de estos modelos, que vendrán definidas por sus correspondientes funciones probabilísticas de distribución y densidad.

Bajo estas premisas, se define la probabilidad de fallo de una estructura según la siguiente expresión

$$P_f = \text{prob} \{(R-S) > 0\}$$

De las afirmaciones de (Frangopol & Das, 1999). La mayoría de las intervenciones depende de una disminución de la capacidad portante del puente,



más que de su estado de conservación o nivel de deterioro de elementos independientes del mismo. “puentes con un diseño y proceso de construcción análogos pueden evolucionar en el tiempo de manera diferente, con índices de fiabilidad distintos”.

Diversos estudios han tratado de ir identificando y definiendo las funciones de densidad de probabilidad de cada una de las variables para cada tipología de puente, lo que permite, en muchos casos, tener una buena estructura. Herramientas matemáticas como el método de simulación de Monte Carlo analizan diferentes escenarios aleatorios a partir de las citadas funciones.

Por tanto, nos da una idea de sofisticados y complejos sistemas estadísticos, que dejan abiertas muchas interesantes líneas de investigación en el campo de la predicción. La gestión basada en criterios de fiabilidad representa el futuro de los modelos de predicción en los BMS. (Paredes Gilder, 2019)

- **Modelo Markoviano**

Para explicar el fundamento del modelo Markoviano, describiremos previamente la definición de los conceptos de “índice de deterioro” e “índice de estado o condición de la estructura”. El primero de los conceptos hace referencia a la cuantificación extraída de los datos de campo obtenidos durante el desarrollo de las inspecciones bajo la aplicación de diferentes criterios propios planteado para la ponderación de cada uno de los daños detectados. Por su parte el segundo de los conceptos englobaría la calificación general de la conservación del estado de puente, a partir de la determinación de los índices de deterioro de la estructura. Adicionalmente, dentro de algunos sistemas de gestión, se incorporan niveles intermedios que permiten extraer índices de estado de elementos específicos del



puente (viga n, pilar n, cimentación n, etc.) hasta índices de zonas más globales (superestructura, subestructura, etc.)

De esta manera basados en una determinación previa de los estados de condición de cada una de las estructuras a partir de los trabajos de inspección, el modelo de Markov simplifica el problema planteando la evolución de dicho estado o índice de condición depende exclusivamente del estado anterior en el que se encuentre el puente y de las acciones y de las acciones de conservación y mantenimiento llevadas a cabo entre estos dos, quedando ligada la transición de un estado a otro, por medio de una relación probabilísticas, variable en función de las actuaciones ejecutadas la probabilidad de evolucionar de cada uno de los deterioros de un estado a otro determina los índices de transición, condicionados por las acciones de mantenimiento, en caso de aplicarlo (existe la probabilidad de no realizar ninguna acción). Se actúa, por tanto, en la línea de análisis de las funciones, de distribución de probabilidad, para poder establecer esta relación de probabilidad de transición entre estados, partiendo de la condición obtenida la inspección y de la acción llevada a cabo.

Este modelo de predicción del deterioro, por su versatilidad y ajuste a la realidad, es el más utilizado dentro de los SGP en el mundo.

El planteamiento general del modelo de las cadenas de Markov, que se rigen por un árbol de probabilidad a partir de unos estados iniciales o puntos de partida, coincidentes con los resultados obtenidos de las características previas al estado de las estructuras gestionadas.

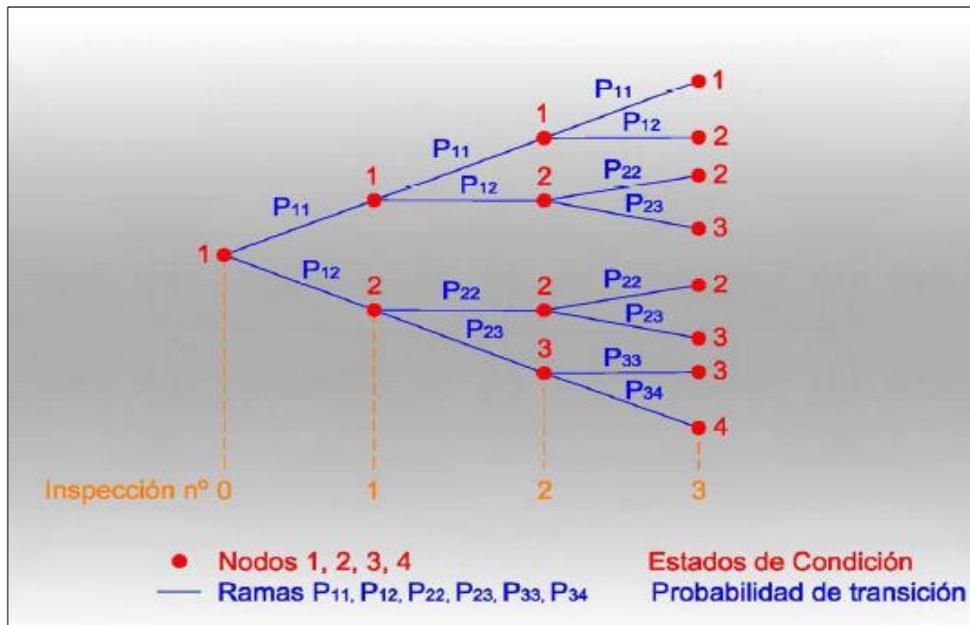


Figura 6. Esquema de modelo de deterioro de Markov.

Fuente: Brime, 2001

Partiendo de una inspección y de su estado de condición asociado, podemos conocer la probabilidad de pasar a otro estado. Por ejemplo, la probabilidad de que la estructura evolucione a un estado 3 en la inspección número 2 se definiría como:

$$P_{EC=1 \rightarrow EC=2} = p_{12} \times p_{23}$$

De la misma manera, para pasar a un estado 2 en la segunda inspección la probabilidad sería

$$P_{EC=1 \rightarrow EC=2} = p_{11} \times p_{12} + p_{12} \times p_{22}$$

Así, globalmente, podríamos establecer la probabilidad de poseer un estado de condición medio en cada uno de los hitos asociados a las inspecciones realizadas. (Martínez Cañamares, 2016)

El procedimiento para el cálculo de a predicción en determinado momento se marca según la ecuación:

Las cadenas de Markov es un método, cuya probabilidad de transición de un estado Y_t , aun estado futuro Y_{t+1} solo depende de estado actual y no de la forma en que se ha llegado a este. Estos procesos deben satisfacer los siguientes requisitos, enunciados por Collines, (1972):

- Es sistema está definido por un conjunto finito de estados de forma que, para un instante dado, se puede materializar uno y solo uno de esos estados.
- El estado inicial y su función de distribución de probabilidad son conocidos.
- La probabilidad de transición se asume estacionarias e independiente de cómo se haya alcanzado al estado inicial.

Las probabilidades de transición se ordenan en una matriz cuadrada de dimensiones $k \times k$, donde k es el número de estados considerados, que se denomina matriz de probabilidad de transición (MTP). Cada elemento P_{ij} de la matriz representa la probabilidad de que un componente del puente realice una transición de i a j durante el incremento de tiempo considerado. Si se conoce el estado actual, se puede predecir el estado futuro para cualquier valor de tiempo t , para ello basta multiplicar el vector de estado inicial por la MTP elevada a la potencia t . Expresando esto de forma matemática tendremos las siguientes relaciones:(Martínez Cañamares, 2016)

$$\text{Si } E_{(0)} = (E_1, E_2, \dots E_k) \text{ entonces } E_{(t)} = E_{(0)} \times MPT^t$$

Donde:

$E_{(0)}$: Vector estado inicial.



$E_{(0)}$: Vector estado a tiempo t.

$$MPT = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1k} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{k1} & p_{k2} & \dots & p_{kk} \end{pmatrix}$$

Las componentes de la MPT, dado su carácter probabilístico, deben satisfacer las siguientes condiciones:

$$\sum_{j=1}^k p_{ij} = 1, \text{ para todo } i$$

$$1 \geq p_{ij} \geq 0, \text{ para todo } i \text{ y todo } j.$$

Si agrupamos los estados factibles en el vector EF:

$$EF = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ n \end{pmatrix}$$

Se puede escribir la siguiente expresión, que es la base del modelo:

$$E(t)_{1 \times 1} = E(0)_{1 \times k} \times MPT_{k \times k}^t \times EF_{k \times 1}$$

Una de las hipótesis consideradas es que el proceso de deterioro no progresa mas de un estado en un solo año. Teniendo en cuenta esto (Martínez Cañamares, 2016) reformula la matriz tal y como sigue:

$$P = \begin{pmatrix} p_1 & q_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_2 & q_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_3 & q_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_4 & q_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_5 & q_5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Donde p_i es la probabilidad de permanecer en el mismo estado y $q_i = 1 - p_i$ la probabilidad de migrar a un estado más degradado.

2.2.6.6 Sistema de gestión de puentes internacionales

Se considera importante mencionar que a nivel internacional varios países cuentan con un sistema de gestión de puentes, estos sistemas se dan en niveles

Tabla 10. Principales sistemas de gestión de puentes.

No.	País	Administración gestora	Nombre de Sistema	Abreviatura
1	Alemania	German Federal Highway Research Institute	Bauwerk Management System	GBMS
2	Canada	Ontario Ministry of Transportation and Stantec Consulting Ltd.	Ontario Bridge Management System	OBMS
3	Canada	Quebec Ministry Of Transportation	Quebec Bridge Management System	QBMS
4	Corea	Korean Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs	Korea Road Maintenance Business System	KRMBS
5	Dinamarca	Danish Road Directorate	DANBRO Bridge Management System	DANBRO
6	EEUU	American Association of State Highway and Transportation Officials	Pontis	PONTIS
7	EEUU	Federal Highways Association	Bridgit	BRIDGIT
8	EEUU	Alabama Department of Transportation	Abims	ABIMS
9	España	Ministerio de Fomento	Sistema de gestión de puentes	SGP
10	Finlandia	Finnish Transport Agency	The Finnish Bridge Management System	FBMS
11	Francia	Ministry of Ecology, Sustainable, Development, Transport and Housing	Quality Image of Engineering Structures	IQOA
12	Holanda	Dutch Ministry of transport	Disk	DISK
13	Inglaterra	Surrey Country Council (SCC)	Computerized System for the Management of Structures	COSMOS
14	Irlanda	Irish National Road Association	Eirspan	EIRSPAN
15	Italia	Autonomous Province of Trento	APT-BMS	APTBMS
16	Japón	Kajima Coporation and Regional Planning Institute of Osaka	BMS@RPI	RPIBMS
17	Japón	Japan National Road Association	Japan Bridge Management System	J-BMS



18	Letonia	Latvian State Road Administration	Lat Brutus	Lat Brutus
19	México	Instituto Mexicano del Transporte	Sistema de gestión puentes México	SIPUMEX
20	Polonia	Polish Railway Lines	Smok	SMOK
21	Polonia	Local Polish Road	Szok	SZOK
22	Portugal	BETAR Consultores, Ltd- Ayuntamiento Lisboa	Gestao de obras de Arte	GOA
23	Reino Unido	United Kingdom Roads Association	Nats	NATS
24	Reino Unido	Transport Research Laboratory	Bridgeman	BRIDGEMAN
25	Rusia	Moscow Government	Most	MOST
26	Suecia	Swedish Road Administration	Bridge and Tunnel Management System	BATMAN
27	Suiza	Swiss Federal Roads Authority	KUBA-MS	KUBA-MS

Fuente: Sistema de gestión de puentes, optimización de estrategias de mantenimiento implementación en redes locales (Martínez Cañamares, 2016)

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ESTUDIO

La población de investigación, se ubica en la región de Puno, específicamente en el tramo 4 del corredor vial interoceánico Azángaro – Puente Inambari, que en su recorrido atraviesa dos provincias (Azángaro y Carabaya), 7 distritos (Asillo, San Antón, Antauta, Ajoyani, Macusani, Ollachea y San Gabán), con una extensión de 305.900 Km de carretera, desde Km 051+000 al Km 356+900 progresivas hito de la ruta fiscal PE-34B del Sistema Nacional de Carreteras.

Ubicación geopolítica es:

- Región : Puno
- Provincia : Azángaro – Carabaya
- Distrito : Azángaro – San Gabán

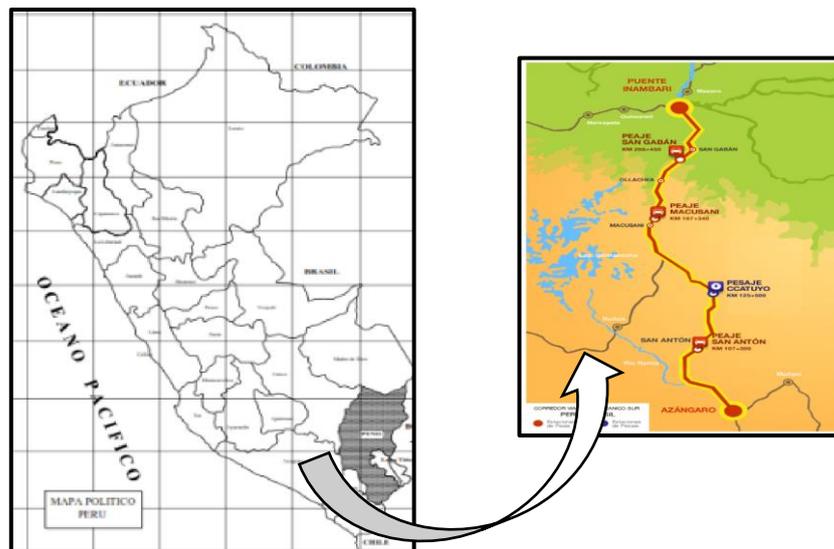


Figura 7. Ubicación de proyecto de investigación.

Fuente: <https://www.ositrان.gob.pe/carreteras/iirsa-sur-t4/>

3.2 PERIODO DE APLICACIÓN DEL ESTUDIO

La presente recaba información desde marzo de 2019 hasta enero de 2021, periodo de tiempo que corresponde a la revisión bibliográfica, toma de datos para el inventario de puentes, propuesta y aplicación del procedimiento de inspección, análisis de datos y procesamiento de estado de condición, propuesta de modelo de predicción de deterioro, y desarrollo del sistema de puentes propuesto.

3.3 POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.3.1 Población

La población de estudio son los 67 puentes comprendidos en el tramo 4 del corredor vial Interoceánico sur Perú – Brasil (en adelante, IIRSA Sur Tramo 4).

El Proyecto que comprende la muestra se desarrolla en uno de los valles interandinos geológicamente más complejos y adversos del Perú, lo que implicó grandes retos de ingeniería para superar su orografía. El proyecto recorre diversas altitudes, desde los 4,872 hasta los 371 m.s.n.m.

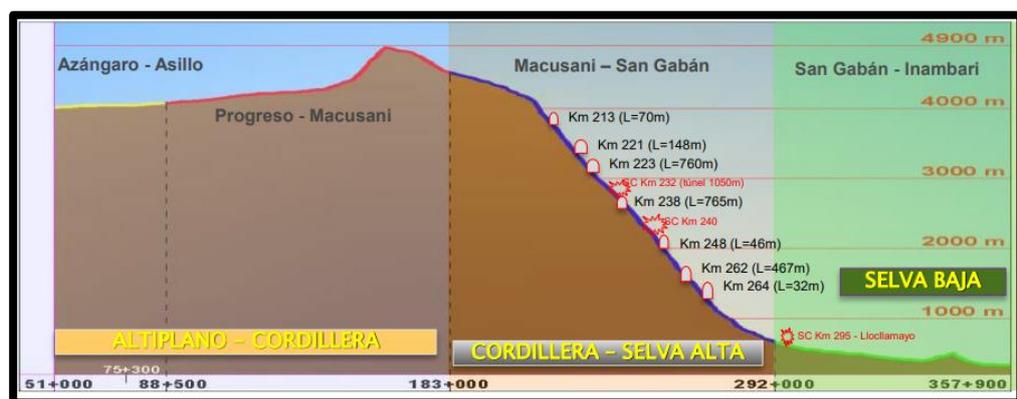


Figura 8. Topografía del proyecto.

Fuente: <https://www.ositran.gob.pe/carreteras/iirsa-sur-t4/>

La topografía comprende terrenos accidentados, pendientes pronunciadas y bordea el cauce del río en zonas de cañón. Clima variable desde zona sierra (temperaturas hasta -10°C), hasta zona selva (clima tropical, cálido y húmedo).

3.3.2 Muestra

Para obtener datos objetivos y reales se debe analizar toda la población dentro de la red, esto implica analizar los 67 puentes considerados dentro del inventario, esto permitirá tomar decisiones tanto a nivel red como a nivel proyecto, y plantear paquetes de mantenimiento, considerando la prioridad que manifieste cada puente.

En ese sentido nuestra muestra es el número de población, que son 67 puentes de distintas clasificaciones que están registrados en el inventario vial del IIRSA Sur Tramo 4, la muestra considera características de desde puentes tipo losa, hasta tipo colgantes.

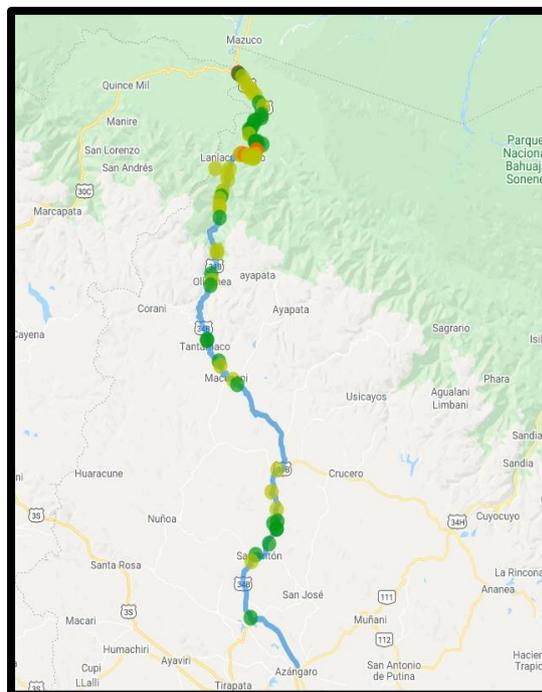


Figura 9. Población – muestra de estudio, 67 puentes de IIRSA Sur tramo 4.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo - <http://sigvial.civildesk.xyz/?e>



3.4 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Tipo de investigación

La presente investigación corresponde al tipo aplicada tecnológica.

3.4.2 Nivel de investigación

Según el nivel de profundización en el objeto de estudio es de tipo descriptivo.

3.4.3 Diseño de la investigación

Según el periodo de estudio es de tipo transversal. Por el número de variables analíticas es analítico. Debido a la finalidad y el tipo de conocimiento a obtener es aplicada. Por el tipo de inferencia de cómo funciona la realidad es deductiva, según al lugar donde se desarrolla la investigación de gabinete.

3.5 METODO PLANTEADO PARA IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE GESTION

Como se tiene en conocimiento un sistema de gestión de puentes se constituye por varios módulos o componentes los cuales al ser aplicados dan como resultado la gestión del mantenimiento y conservación de puentes.

La presente propuesta cuenta con 3 módulos que básicamente son adoptados por diferentes sistemas de gestión a nivel mundial, y estos son los siguientes:



Figura 10. Esquema de sistema de gestión de puentes propuesto.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.5.1 Propuesta de módulo de inventario

Sin duda para contar con un sistema de gestión eficiente, se debe disponer de un punto de partida para implementar dicha herramienta, y este punto de partida es un inventario.

Para tal caso y en consonancia con el reglamento peruano, en la presente propuesta se adopta el Anexo No 03-01 de la Guía para Inspección de Puentes en la directiva No 01-2006-MTC/14, con algunas modificaciones como se ve reflejado en el Formato 01 (Ver figura 11). Tomando las recomendaciones bibliográficas, se plantea un formato de inventario de puentes de la red estudiada, reflejadas en el Anexo 1, funcional, con datos necesarios para su identificación, como la ubicación del puente, su tipología, datos y materiales principales, y su identificación de condicione de criticó dentro de la red.

Es importante mencionar que lo inventarios no son estáticos, ya que necesitan de un mantenimiento y actualización constante para poder ser útiles y funcionales.

Corredor Interoceánico Sur: Perú - Brasil			
Tramo 4: Azángaro - Puente Inambari			
Formato 01 - Características Generales de Puentes			Hoja 1/3
Frente : Frente_4		Nombre : Puente Tantamayo	
I.- Identificación y Ubicación			
Departamento Político :	Puno	Altitud :	436 msnm
Departamento Vial :	Puno	Latitud :	13° 20' 05.02"
Provincia :	Carabaya	Longitud :	70° 20' 01.66"
Distrito :	Ayapata	Poblado Cercano :	Tantamayo
		Importancia Opera. :	E
		Código :	54
		Ruta Nacional # :	PE-34B
		Progresiva :	324+486
II.- Datos Generales			
Puente Sobre ⁽¹⁾ :	Quebrada	Numero Proyecto :	No Inventariado
Nombre :	Puente Tantamayo	Año Construcción :	No Inventariado
Longitud Total :	52.50 m	Ultima Inspección (dd/mm/aa) :	No Inventariado
Ancho Calzada :	6.10 m	Ultimo Trabajo :	
Ancho Vereda :	0.75 m	Tipo Servicio ⁽³⁾ :	Irestricto
Ancho Berma :	1.30 m	Flujo Trafico (Veh/abla) :	No Inventariado
Altura Libre Inferior :	No Aplica	Edad Puente :	0.0 Años
Núm. Vías de Tránsito :	2	% Camiones y Buses :	No Inventariado
Sobrecarga Diseño :	HS20	Condiciones Ambientales ⁽⁴⁾ :	Moderado
Alineamiento ⁽²⁾ :	Recto		
III.- Tramos			
Número de tramo :	1 Tramos	Longitud 1º Tramo :	52.50 m
Tramos ⁽⁵⁾ :	No Aplica	Longitud 2º Tramo :	No Aplica
Longitud Total :	52.50 m	Longitud 3º Tramo :	No Aplica
Longitud restantes :	No Aplica	Longitud restantes :	# VALORI
III.A- Tramo 1 (Principal)		III.B. Tramo 2 y 3	
Categoría / Tipo ⁽⁶⁾ :	Mixto - Vigas metálicas - Losa C°A°	Categoría / Tipo ⁽⁶⁾ :	No Aplica
Características Secundarias :	---	Características Secundarias :	No Aplica
Cond. De Borde ⁽⁷⁾ :	Simple Apoyado	Cond. De Borde ⁽⁷⁾ :	No Aplica
Material Predominante ⁽⁸⁾ :	C°A°	Material Predominante ⁽⁸⁾ :	No Aplica
Sobre (1)	- Río - Quebrada Seca - Quebrada	- Canal - Carretera - FFCC	- Valle (Maducto Elevado) - Zona Urbana (Maducto Elevado)
Alineamiento (2)	- Recto - Curvo - Esviado	Tipo de Servicio (3)	- Irestricto - Solo Automóviles - Solo Camiones - Camiones hasta cierta carga - Fuera de servicio
Condiciones Ambientales (4)	- Severo - Moderado - Benigno	Tramo (5)	- Iguales - Desiguales
Categoría/Tipo (6)	Definitivo - Losa - Losa con Vigas - Pórtico - Arco - Retículo - Colgante - Atranzado	Provisional - Modular - Tipo Yawata - Otros	Alcantarilla - Marco - Circular/Ovalada - Arco - Pórtico - Otros
			Artesanales - Vigas de troncos de árboles - Arcos/Pórticos de Mampostería de Piedra - Arco de Concreto Simple - Losa de concreto reforzada con rieles de FFCC - Otros
Condición de Borde (7)	- Simple Apoyado - Continuo - Gerber - Articulado	- Empotrado - Sobre el terreno - Otros	Material Predominante (8) - Concreto Armado - Concreto Preeforzado - Acero Estructural - Planchas de Acero corrugado - Cables de Acero - Madera - Otros

Figura 11. Propuesta de Formato 01- para inventario de puentes.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Corredor Interoceánico Sur: Perú - Brasil Tramo 4: Azángaro - Puente Inambari		
Formato 01 - Características Generales de Puentes		Hoja 2/3
IV.- Tablero de Rodadura		
IV.A- Losa		IV.B- Viga
Material ⁽⁹⁾ : C°A°	Tipo ⁽¹¹⁾ : Viga Longitudinal	
Espesor : 0.20 m	N° Vigas : 3	
Superficie de Desgaste ⁽¹⁰⁾ : Concreto	Material ⁽¹²⁾ : Metal	
	Forma ⁽¹³⁾ : I	Separación : No Inventariado
	Peralte : Variable	Ancho Base : No Inventariado
V.- Subestructura		
V.A- Estribo Izquierdo		V.B- Estribo Derecho
Elevación		Elevación
Tipo ⁽¹⁴⁾ : Cantiléver	Tipo ⁽¹⁴⁾ : Cantiléver	
Material ⁽¹⁵⁾ : C°A°	Material ⁽¹⁵⁾ : C°A°	
Cimentación		Cimentación
Tipo ⁽¹⁶⁾ : No Inventariado	Tipo ⁽¹⁶⁾ : No Inventariado	
Material ⁽¹⁷⁾ : C°A°	Material ⁽¹⁷⁾ : C°A°	
VI.- Pilares		
IV.A- Pilar 1	IV.B- Pilar 2	IV.C- Pilar 3
Elevación	Elevación	Elevación
Tipo ⁽¹⁸⁾ : No Aplica	Tipo ⁽¹⁸⁾ : No Aplica	Tipo ⁽¹⁸⁾ : No Aplica
Material ⁽¹⁹⁾ : No Aplica	Material ⁽¹⁹⁾ : No Aplica	Material ⁽¹⁹⁾ : No Aplica
Cimentación	Cimentación	Cimentación
Tipo ⁽²⁰⁾ : No Aplica	Tipo ⁽²⁰⁾ : No Aplica	Tipo ⁽²⁰⁾ : No Aplica
Material ⁽²¹⁾ : No Aplica	Material ⁽²¹⁾ : No Aplica	Material ⁽²¹⁾ : No Aplica
Material Losa ⁽⁹⁾	- Concreto armado - Concreto preesforzado - Plancha metálica corrugada - Madera - Otros	Superficie de Desgaste ⁽¹⁰⁾
		- Asfalto - Concreto (vaciado con losa) - Concreto pobre - Madera - Metálica
Tipo Viga ⁽¹¹⁾	- No aplicable - Viga longitudinal - Viga Transversal - Otros	Material Viga ⁽¹²⁾
		- Concreto armado - Concreto preesforzado - Metálica - Madera - Otros
		Forma Viga ⁽¹³⁾
		- Rectangular - Sección T - Cajón - Reticulada
Subestructura		
Tipo Elevación ⁽¹⁴⁾	- Gravedad - Cantiléver - Pórtico - Cajón - Otros	Material Elevación ⁽¹⁵⁾
		- Concreto Simple - Concreto armado - Mampostería de piedra - Madera
		Tipo Cimentación ⁽¹⁶⁾
		- Zapata - Caisson - Pilotes - Otros
		Material Cimentación ⁽¹⁷⁾
		- Concreto Simple - Concreto armado - Acero - Madera - Otros
Pilares		
Tipo Elevación ⁽¹⁸⁾	- Columna Capitel - Columna Tarjeta - Pórtico - Otros	Material Elevación ⁽¹⁹⁾
		- Concreto Simple - Concreto armado - Acero - Madera - Otros
		Tipo Cimentación ⁽²⁰⁾
		- Zapata - Caisson - Pilotes - Otros
		Material Cimentación ⁽²¹⁾
		- Concreto Simple - Concreto armado - Acero - Madera

Figura 12. (b) Propuesta de formato de inventario - Formato 01.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Corredor Interoceánico Sur: Perú - Brasil Tramo 4: Azángaro - Puente Inambari			
Formato 01 - Características Generales de Puentes			Hoja 3/3
VII.- Macizos / Cámaras de Anclaje			
VII.A- Macizo Izquierdo		VII.B- Macizo Derecho	
Elevación		Elevación	
Tipo ⁽²²⁾ :	No Aplica	Tipo ⁽²²⁾ :	No Aplica
Material ⁽²³⁾ :	No Aplica	Material ⁽²³⁾ :	No Aplica
Cimentación		Cimentación	
Tipo ⁽²⁴⁾ :	No Aplica	Tipo ⁽²⁴⁾ :	No Aplica
Material ⁽²⁵⁾ :	No Aplica	Material ⁽²⁵⁾ :	No Aplica
VIII.- Detalles			
VIII.A- Barandas		VIII.B- Veredas y Sardinies	
Tipo ⁽²⁶⁾ :	Postes y Pasamanos	Ancho de Veredas :	0.75 m
Material ⁽²⁷⁾ :	Mixto	Altura de sardinel :	0.25 m
		Material ⁽²⁸⁾ :	Concreto
VIII.C.- APOYOS			
Apoyo 1	Apoyo 2 y 3		Apoyo 4
Tipo ⁽²⁹⁾ :	Simple	Tipo ⁽²⁹⁾ :	Simple
Material ⁽³⁰⁾ :	Elastómero	Material ⁽³⁰⁾ :	Elastómero
Ubicación :	Estribo Derecho	Ubicación :	Estribo Izquierdo
Número :	3	Número :	3
VIII.D.- Juntas de Expansión		VIII.E- Drenaje de Calzada	
Tipo ⁽³¹⁾ :	Tipo compresible / Expandible	Tipo ⁽³¹⁾ :	Tubo
Material ⁽³²⁾ :	Elastómero	Material ⁽³¹⁾ :	PVC
IX.- Accesos			
IX.A- Acceso Izquierdo		IX.B- Acceso Derecho	
Longitud de Transición :	0.00 m	Longitud de Transición :	0.00 m
Alineamiento ⁽³³⁾ :	Curva a 80 m	Alineamiento ⁽³³⁾ :	Curva a 5 m
Ancho de Calzada :	6.10 m	Ancho de Calzada :	7.00 m
Ancho Total de Bermas :	1.30 m	Ancho Total de Bermas :	1.80 m
Pendiente Alta :	No	Pendiente Alta :	Si
Visibilidad ⁽³⁴⁾ :	Regular	Visibilidad ⁽³⁴⁾ :	Regular
PERFIL TRANSVERSAL			
Macizos / Cámaras de Anclaje			
Tipo	- Macizo	Material	- Concreto Simple
Elevación	- Hueco	Elevación	- Concreto armado
(22)	- Otros	(23)	
Tipo	- Zapata	Material	- Concreto Simple
Cimentación	- Otros	Cimentación	- Concreto armado
(24)		(25)	- Acero
Detalles			
Tipo	- Postes y pasamanos	Material	- Concreto
Barandas	- Parapeto	Barandas	- Acero
(26)	- Guardavías	(27)	- Madera
	- No hay		- Mixto
Material	- Concreto	Material	- Concreto
Veredas	- Acero	Veredas	- Acero
(28)	- Madera	(28)	- Madera
Tipo	- Articulado	Tipo	- Articulado
Apoyos	- Eslabón y pin	Apoyos	- Eslabón y pin
(29)	- No Hay	(29)	- No Hay
	- Simple		- Simple
	- Empotrado		- Empotrado
Material	- Acero	Material	- Metálico
Apoyos	- Elastómero	Juntas	- Jefe
(30)	- Concreto	(31)	- Mastic Epóxico
	- Flexcel		- Otros
Tipo	- Vacío	Tipo	- Tipo Peine
Juntas	- Planchas Deslizantes	Juntas	- Tipo Compresible/Expandible
(31)		(32)	
Material	- Acero	Material	- Acero
Apoyos	- Elastómero	Drenaje	- Concreto
(30)	- Concreto	(33)	- PVC
	- Flexcel	(34)	
Alineamiento	- Paralelo	Material	- Concreto
(33)	- Perpendicular	Drenaje	- Concreto
	- Inclinado	(33)	- PVC
	- Curva a ___ m.	(34)	
		Material	- Buena
		Visibilidad	- Regular
		(36)	- Mala

Figura 13. (c) Propuesta de formato de inventario - Formato 01

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la siguiente imagen se muestra el inventario de los 67 puentes, en el software de SGP el cual se desarrollará en los siguientes ítems.

id	Codigo	Nombre	Progresiva	Tipo puente	Año construccion	Edad	Longitud	Frente	Acciones
70	67	PUENTE OTORONGO	354+825	Colgante	1998	24	170.00	Frente 4	
69	66	PUENTE OTORONGO CHICO	354+366	Losa	2010	12	10.00	Frente 4	
68	65	PUENTE HUACAHUAÑUA	351+976	Losa con Vigas	2011	11	20.87	Frente 4	
67	64	PUENTE MINERO	347+775	Losa	2010	12	10.00	Frente 4	
66	63	PUENTE HONDA	344+993	Losa con Vigas	2011	11	20.60	Frente 4	
65	62	PUENTE JIMENA	343+398	Losa	2010	12	10.00	Frente 4	
64	61	PUENTE LECHEMAYO GRANDE	341+707	Reticulado			49.60	Frente 4	
63	60	PUENTE LECHEMAYO CHICO	340+080	Reticulado			51.50	Frente 4	
62	59	PUENTE PROTECTORA	336+623	Losa con Vigas	2010	12	15.50	Frente 4	
61	58	PUENTE EL CARMEN	334+451	Losa con Vigas	2010	12	20.60	Frente 4	
60	57	PUENTE ANTIOCUS	330+170	Losa con Vigas	2010	12	15.60	Frente 4	

Figura 14. Inventario de puentes en programa SigVial.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo - http://sigvial.civildesk.xyz/?fbclid=IwAR2Le5Y0u5QjnFfYjfSXAAjhs4qoIMPa_pLE7kwKk8QzHaHNG_I4o4V8M80#/puentes/lista

3.5.1.1 División de componentes constitutivos del puente.

Cada sistema de forma estratégica tiene la división y agrupación de los elementos que constituyen el puente. Esta división determina tanto las labores de inspección y las estrategias que se plantearan para las reparaciones. En este caso, y en base a las problemáticas encontradas en las labores de mantenimiento y paquetes de reparación, se determinó la necesidad de dividir y agrupar los componentes del puente de la siguiente manera.

En la siguiente tabla se observa la propuesta de división de los componentes de los puentes (ver tabla 11).

Tabla 11. Propuesta de división y agrupación de los elementos que constituyen un puente.

Seguridad vial	
01	Señalización
02	Veredas
03	Parapetos y barandas
04	Guardavías
Funcional	
05	Juntas de expansión
06	Carpeta de rodadura
07	Sistema de drenaje
Superestructura	
08	Losas
09	Vigas
10	Torres o arcos
11	Cables
Subestructura	
12	Apoyos
13	Estribos
14	Pilas
Aspectos hidráulicos	
15	Protección de talud
16	Protección de estribos
17	Protección de pilas

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Esta división es propuesta para brindar paquetes de reparación más accesibles en cuanto a elementos de seguridad vial y aspectos funcionales, sin dejar de lado el aspecto estructural y de protección hidráulica, que aporta en gran medida a la protección de la subestructura. Esta agrupación se realizó tomando como base la “Guía para inspección de puentes” del MTC. Además de, plantear estrategias de reparación tanto a nivel red y como a nivel proyecto.

Se puede observar la alimentación al software SQL creado para sistematizar los trabajos que se realizan y alimentación del inventario.

3.5.1.2 Desarrollo de Módulo de inspección de SGP.

Se desarrolla este módulo de inspección el cual contempla el procedimiento de la inspección visual y además de la calificación del puente para obtener el estado de condición del puente los cuales son necesarios para el Sistema de Gestión de Puentes por sí mismo.

En el anexo 5. Flujograma de SGP, donde se aprecia en resumen de lo que trata el Sistema de gestión de puentes.

3.5.1.3 Propuesta de glosario de daños para inspección de puentes

Para la inspección visual y evitar la ambigüedad de calificación de puentes se propone glosario de daños, este consiste en la enumeración de los posibles daños existentes en cada elemento del puente la cual se agrupa en la siguiente figura 15.

La propuesta de glosario de daño se encuentra en el anexo 3, el cual tiene la siguiente configuración.

GLOSARIO DE DAÑOS

Anexo A: Glosario de daños

1 Señalización

DAÑO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE DAÑO	Ningún daño o daño leve	Daño ligero	Daño moderado	Daño severo
			0	1	2	3
Ausencia de señalización	No presencia, falta o privación del elemento	Daños en protección	Falta de la señalización preventiva o informativa	Falta de señalización preventiva o reguladora	Falta de señalización horizontal, marcas en el pavimento.	
Desgaste de pintura	Desintegración gradual y continua de la capa protectora de pintura que se encuentra sobre el elemento de señalización.	Daño en protección	20-40% capa protectora de pintura borrada ausente.	40 - 100 % capa protectora de pintura borrada.		
Suciedad	Presencia de polvo, basura, manchas o impurezas que existe en la señalización que imposibilita su legibilidad.	Contaminación	Ligera presencia de polvo en la señalización.	Presencia de polvo o manchas en la señalización sin embargo si posibilita la legibilidad	Presencia de manchas en la señalización, imposibilita la visibilidad en su totalidad.	

Figura 15. Configuración de glosario de daños propuesto.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 12. Posibles daños en elementos del puente – glosario de daños.

Seguridad vial		
01	Señalización	Ausencia de señalización, Desgaste de pintura, suciedad
02	Veredas	Ausencia de veredas; fisura en concreto; grieta; desprendimiento de concreto; suciedad; humedad; desgaste de pintura.
03	Parapetos y barandas	BARANDA: Corrosión de baranda; ausencia de baranda; suciedad; discontinuidad; desgaste de pintura. PARAPETO: Ausencia de parapeto; fisura de concreto; desalineación/descalce; suciedad; discontinuidad; humedad; desgaste de pintura.
04	Guardavías	Ausencia de guardavías; desalineación/descalce; discontinuidad; corrosión; suciedad; desgaste de pintura.
Funcional		
05	Juntas de expansión	SELLO ELASTOMERICO: obstrucción de sello; ausencia de sello; deformación; desgaste de sello; vegetación en junta asfáltica; deterioro de junta asfáltica. ELASTOMERO: desprendimiento de elastómero; deformación de elastómero; deterioro de elastómero; longitud insuficiente. GUARDACANTO: fisura en guardacantos; Desportillamiento de guardacantos; deformación.
06	Carpeta de rodadura	Bache; desnivel; exudación; grietas en pavimento; desprendimiento de pavimento; suciedad; ahuellamiento; desgaste de pavimento.
07	Sistema de drenaje	Obstrucción; ausencia de sistema de drenaje; deterioro de drenaje; suciedad; corrosión de rejilla; deterioro de pintura; longitud insuficiente.
Superestructura		
08	Losas	Grieta en concreto; fisura estructural; acero expuesto; eflorescencia; desprendimiento de concreto; suciedad; humedad; deformación; corrosión de acero expuesto. Deflexión.
09	Vigas	Grieta en concreto; fisura estructural; acero expuesto; eflorescencia; desprendimiento de concreto; suciedad; humedad; deformación; corrosión de acero expuesto. Deflexión.
10	Torres o arcos	Deflexión; desgaste de pintura; corrosión; suciedad; pérdida de elemento; concreto deteriorado; concreto deteriorado.
11	Cables	Pérdida de elemento de unión; pérdida de recubrimiento de cables; suciedad; fisura; desgaste de cables; deterioro de pintura; falta de alineación de cables; humedad.
Subestructura		
12	Apoyos	Aplastamiento; fisura; suciedad/vegetación; humedad; deterioro de pintura; Descascaramiento.
13	Estribos	Fisura; grieta en uniones; acero expuesto; socavación local; erosión; cangrejera; desprendimiento de concreto; suciedad/humedad; asentamiento
14	Pilas	Fisura; acero expuesto; asentamiento; socavación local; erosión; cangrejera; desprendimiento de concreto; suciedad/humedad.
Aspectos hidráulicos		



15	Protección de talud	TALUD SUPERIOR: inestabilidad de terreno; deslizamiento de terreno; desgaste de protección de talud; ausencia de obras de protección. TALUD ADYACENTE: desgaste de protección; erosión; socavación; humedad y vegetación; ausencia de obras de protección.
16	Protección de estribos	Obstrucción de cauce; socavación; ausencia de obras de protección, desprendimiento de material de protección; erosión; asentamiento; deterioro/desgaste.
17	Protección de pilas	Obstrucción de cauce; socavación; ausencia de obras de protección, desprendimiento de material de protección; erosión; asentamiento; deterioro/desgaste.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.5.1.4 Protocolo de inspección visual de puentes

El protocolo que se plantea, para realizar las inspecciones principales nos lleva a la sistematización del proceso, planteada por “Guía Inspecciones Principales RCE, 2012”:

3.5.1.4.1 Planificación y selección de puentes a inspeccionar.

Como primer paso se realizó la selección de puentes a inspeccionar en la fecha, se inspeccionó como promedio 4 puentes al día. Los puentes fueron puentes que se encontraron en progresivas consecutivas y cercanas.

Durante esta planificación se realizó la revisión de los planos, en este caso como ejemplo se revisó el anexo 4: Planos de puente Tantamayo.

3.5.1.4.2 Equipos y herramientas para inspección visual.

De igual manera para la seguridad durante la inspección, se contó básicamente con lo siguiente:



Tabla 13. Equipos y/o herramientas para inspección visual.

<i>N°</i>	<i>EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS</i>
1	Casco de seguridad
2	Chaleco reflectante
3	Zapatos de seguridad
4	Cinturón de herramientas
5	Flexómetro
6	Wincha de 50m
7	Vernier
8	Crayola o tiza
9	Nivel de carpintero
10	Cámaras fotográficas
11	Libreta de campo
12	Herramientas de acceso (arnés)
13	Botiquín de primeros auxilios
14	Linterna
15	Conos o triángulos

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

3.5.1.4.3 Procedimiento de inspección visual.

Para la realización de la inspección visual de los puentes, después de contar con las herramientas mencionadas anteriormente, también se contó con el glosario de daños propuesto, mencionado en el ítem 3.5.1.2. en forma física y además con el formato de inspección Formato 02 – inspección visual. (Figura 12), de igual forma se revisó el inventario de puentes (ítem. 3.5.1) para conocimiento de la ubicación, y nombre del puente, también se revisó los planos del puente Tantamayo (Anexo 6) y anoto los datos según el requerimiento del Formato 02.

1. Identificación del puente.



Figura 16. Ej. Identificación de puente - Tantamayo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

2. Acceso al puente.



Figura 17. Acceso a puente (Tantamayo).

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3. Se inspecciono el puente según el ítem. 2.2.6.3.5 (desarrollo)

- Recorrido perimetral en parte inferior por los parámetros verticales del puente, comenzando por el estribo inicial, (E-1)



Figura 18. Recorrido perimetral por el estibo E-1, puente Tantamayo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 19. Recorrido por estibo E-1, puente Tantamayo

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Revisión visual mediante un recorrido en zigzag de las caras inferior y laterales del primer vano del tablero, registrando todos los deterioros detectados.



Figura 20. Recorrido 1 en zigzag en el puente Tantamayo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Figura 21. Recorrido 2 en zigzag en el puente Tantamayo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Reiteración del proceso para los siguientes vanos, V2, V3.



Figura 22. Recorrido de V1 y V2, puente Tantamayo.

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

- Recorrido perimetral de la parte inferior por los parámetros verticales del puente, cerrando el recorrido por el estribo final, (E-2), así como los elementos de acompañamiento, muros, derrames de tierra, etc.



Figura 23. Recorrido por la parte inferior para inspección de viga, puente Tantamayo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Figura 24. Inspección visual estibo - puente Tantamayo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Inspección de la zona superior del tablero y equipamientos, realizando un recorrido perimetral con suficiente profundización.



Figura 25. Inspección visual vereda - puente Tantamayo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Figura 26. Recorrido, inspección junta de dilatación - puente Tantamayo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4. Al final se debe calificar la condición del puente en general, para lo cual se desarrolla el ítem 3.5.2.3.

La inspección principal fue visual, optando con medios auxiliares de ser el caso, para esta inspección se usó del formato 02 – Inspección visual de daños.

3.5.1.5 Calificación de estado de condición de los puentes.

Luego de analizar diversos procedimientos utilizados en diferentes países, se basa en el método desarrollado por la Unida de Puentes de LanammeUCR para la inspección visual de estructuras de puentes existentes, adaptada a las condiciones del país y a las necesidades de la infraestructura nacional.

Los criterios de calificación global del puente se fundamentan en un análisis integral de los deterioros observados en cada elemento del puente para determinar su condición; esto se basa en el tipo de severidad, extensión del daño y las consecuencias de falla del elemento sobre el sistema del puente.



- **Descripción de la calificación y variables asociadas.**

La calificación consta de 6 niveles, el cual se consideró apropiado para reflejar la condición global de los puentes y va acorde con la “Guía para inspección de Puente” (MTC, 2018), la cual se menciona en el ítem 2.2.6.4.

Se contempla como ejemplo para el cálculo de las características mencionadas el caso de uno de los 67 puentes del tramo 4 IIRSA SUR, el cual es el Puente Tantamayo, como se menciona en la figura 11 y 12. (Propuesta de formato de inventario – formato – 01); por lo que se revisó los datos de inventario utilizados.

- **Determinación de la calificación del puente**

Como ejemplo de aplicación se menciona el Puente Tantamayo. para realizar la valoración del GD de dicho puente y en sus distintos elementos como se observa en la Figuras 27 y Figura 28. (14/07/2020) donde se realizó la valoración del grado de daño según presentaba cada elemento apoyado en gran medida por el glosario de daños propuesto:



Corredor Interoceánico Sur: Perú - Brasil
Tramo 4: Azángaro - Puente Inambari

Formato 02 - Inspección Visual Estado de Condición del Puente

Nombre de Puente: TANTAMAYO	Inspector:	Import. Operativa: CR
Progresiva del Puente: 324+500	Tipo de Inspección:	
Año / Edad / Vida Diseño: 1 / 1	Fecha de Inspección: 14/07/2010	

SEGURIDAD VIAL

Señalización	Vertical		Horizontal		Reductores		3D Gener.		Observaciones
	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	
DET. PINTURA	1	1	MARCAS	1					
SUCIEDAD	0	0	SUCIEDAD	1					

Veredas	Daños Típicos		Daños Típicos		Obs. Puntual		GD Gener.		Observaciones
	Lado	GD	Lado	GD	GD	GD	GD	GD	
	SUCIEDAD	1/0							
		2		2					

Parapetos y Barandas	Parapetos		Baranda		Obs. Puntual		GD		Observaciones
	Lado	GD	Lado	GD	GD	GD	GD	GD	
	SUCIEDAD		SUCIEDAD	2					
		2	DET. PINTURA	1					
		2		1					

Guardavías	Daños Típicos		Daños Típicos		Obs. Puntual		GD		Observaciones
	Lado	GD	Lado	GD	GD	GD	GD	GD	
	AUSENCIA	1							
	EMPOLVADO	0		3					
		3		3					

FUNCIONAL

Juntas de Expansión	Sello		Elastómero		Guarda cantos		GD		Observaciones
	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	
	AUSENCIA	3	DESGRABE	0	DESGRABE	0			
		7	DEFORME	0		0			
				0					

Carpeta de Rodadura	Sobre el puente		Accesos		Obs. Puntual		GD		Observaciones
	Lado	GD	Lado	GD	GD	GD	GD	GD	
	Desnivel	0	Aislamiento	0					
		0		0					

Sistema de Drenaje	Daños Típicos		Daños Típicos		Obs. Puntual		GD		Observaciones
	Lado	GD	Lado	GD	GD	GD	GD	GD	
	Lomb. Insuficiente	2							
		2							

* DESCASCAMIENTO DE PINTURA EN BARANDAS 4/I
 * DEFERIMENTO DE PINTURA EN SOPORTES DE SEÑAL INFORMATIVA 4/D.
 * LOMB. INSUFICIENTE EN JUNTAS.

Figura 27. Formato de inspección de Puente Tantamayo, hoja 1/2.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Nombre de Puente: <u>Tantamayo</u>		El puente:		Ingen. Civilista: <u>01</u>					
Provincia del Puente: <u>2297200</u>		Tipo de Inspección:							
Año / Tipo / Fecha Estado: <u>1 / 1</u>		Fecha de Inspección: <u>14/02/2010</u>							
ESTRUCTURA									
Llave	Señal Tipica	Lado	OD	Señal Tipica	Lado	OD	Obs. Puntal	OD	Observaciones
	<u>Fisuras</u>		<u>01</u> <u>01</u>						
	<u>Exfoliación</u>		<u>01</u> <u>01</u>						
<u>Humedades</u>									
Rigido	Señal Tipica	Señal	OD	Señal Tipica	Señal	OD	Obs. Puntal	OD	Observaciones
	<u>Flecha de ... x ... cm</u>		<u>01</u> <u>01</u>						
	<u>250x1000</u>		<u>01</u> <u>01</u>						
Torres o Arco	Señal Tipica	Lado	OD	Señal Tipica	Lado	OD	Obs. Puntal	OD	Observaciones
Cables	Señal Tipica	Lado	OD	Estado de cable	Lado	OD	Obs. Puntal	OD	Observaciones
	<u>Partida en el cable</u>								
ESTRUCTURA DE CIMENTACION									
Anchura	Señal Tipica	Lado	OD	Señal Tipica	Lado	OD	Obs. Puntal	OD	Observaciones
	<u>Exposición oculta</u>		<u>01</u> <u>01</u>						
	<u>Humedades</u>		<u>01</u> <u>01</u>						
<u>Suciedad</u>									
Cubierta	Señal Tipica	Lado	OD	Señal Tipica	Lado	OD	Obs. Puntal	OD	Observaciones
	<u>Aislamiento</u>								
	<u>30x1000</u>		<u>01</u> <u>01</u>						
<u>Humedades</u>									
<u>Fisuras</u>									
Pilas	Señal Tipica	Lado	OD	Señal Tipica	Lado	OD	Obs. Puntal	OD	Observaciones
	<u>Flecha por asentamiento</u>								
ESTRUCTURA DE PROTECCION									
Protección Taludes	Señal Tipica	Lado	OD	Señal Tipica	Lado	OD	Obs. Puntal	OD	Observaciones
	<u>Tubo para</u>		<u>01</u> <u>01</u>						
	<u>límite</u>								<u>RURAL</u>
Protección Coste	Señal Tipica	Lado	OD	Señal Tipica	Lado	OD	Obs. Puntal	OD	Observaciones
	<u>Asentamiento</u>		<u>01</u> <u>01</u>						
	<u>caída</u>		<u>01</u> <u>01</u>						
Protección Pila	Señal Tipica	Lado	OD	Señal Tipica	Lado	OD	Obs. Puntal	OD	Observaciones

Figura 28. Formato de inspección de Puente Tantamayo, hoja 2/2.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Tabla 14, se muestra la valoración del GD en los componentes del puente luego de la inspección el 14 de julio de 2020.

Tabla 14: Valoración de GD de puente Tantamayo, 14-07-2020.

<i>GRUPO</i>	<i>SUBGRUPO</i>	<i>GD</i>
Seguridad vial	Señalización	1.00
Seguridad vial	Veredas	2.00
Seguridad vial	Parapetos y barandas	2.00
Seguridad vial	Guardavías	3.00
Funcional	Juntas de expansión	1.00
Funcional	Carpeta de rodadura	0.00
Funcional	Sistema de drenaje	1.00
Superestructura	Losa	0.00
Superestructura	Vigas	0.00
Superestructura	Torres o arcos	
Superestructura	Cables	
Superestructura	Apoyos	1.00
Subestructura	Estribos	0.00
Subestructura	Pilas	
Aspectos hidráulicos	Protección talud	0.00
Aspectos hidráulicos	Protección estribos	0.00
Aspectos hidráulicos	Protección pilas	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Asignación de relevancia estructural RE:

La relevancia estructural se realiza según el ítem 2.2.6.4.3, del puente Tantamayo y las características mencionadas en la ficha de inventario como se observa en las figuras 27 y 28. Por lo que en la Tabla 15 se asigna la RE de los componentes del puente, de longitud total de 52.50m.

Tabla 15: Asignación de relevancia estructural (RE) de los componentes del puente Tantamayo.

<i>GRUPO</i>	<i>SUBGRUPO</i>	<i>RE</i>
Seguridad vial	Señalización	1
Seguridad vial	Veredas	2
Seguridad vial	Parapetos y barandas	1
Seguridad vial	Guardavías	1
Funcional	Juntas de expansión	1
Funcional	Carpeta de rodadura	1
Funcional	Sistema de drenaje	1
Superestructura	Losa	3
Superestructura	Vigas	4
Superestructura	Torres o arcos	
Superestructura	Cables	
Subestructura	Apoyos	3
Subestructura	Estribos	3
Subestructura	Pilas	
Aspectos hidráulicos	Protección talud	2
Aspectos hidráulicos	Protección estribos	2
Aspectos hidráulicos	Protección pilas	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- **Tipo de falla y grado de consecuencia de falla FCF:** Una vez identificados los valores de RE y GD, es necesario determinar el valor denominado factor de consecuencia de falla FCF. Por lo que en la Tabla 16 se asigna la FCF de los componentes del puente, considerando también que se trata de un puente cuya importancia operativa Esencial (E).

Tabla 16: Asignación de FCF de los elementos del puente Tantamayo.

<i>GRUPO</i>	<i>SUBGRUPO</i>	<i>RE</i>	<i>FCF</i>
Seguridad vial	Señalización	1	0.80
Seguridad vial	Veredas	2	0.80
Seguridad vial	Parapetos y barandas	1	0.80
Seguridad vial	Guardavías	1	0.80
Funcional	Juntas de expansión	1	0.60
Funcional	Carpeta de rodadura	1	0.60
Funcional	Sistema de drenaje	1	0.60
Superestructura	Losa	3	0.80
Superestructura	Vigas	4	1.00
Superestructura	Torres o arcos		
Superestructura	Cables		
Subestructura	Apoyos	3	0.80
Subestructura	Estribos	3	1.00
Subestructura	Pilas		
Aspectos hidráulicos	Protección talud	2	1.25
Aspectos hidráulicos	Protección estribos	2	1.00
Aspectos hidráulicos	Protección pilas		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- **Calificación de los elementos del puente CE:** Los factores calculados anteriormente se combinan para determinar la calificación de los elementos del puente. El valor de CE se encuentra en el rango de 1-6 y se determinó mediante la siguiente ecuación.

Para los grupos de seguridad vial y funcional se usó la siguiente ecuación. Esta modificación se realizó según juicio de expertos de sala técnica del cliente, para dar mayor sensibilidad a los elementos que no generan daño estructural.

$$CE(e) = \{0 \dots \dots \dots Si GD = 0 \{[(FCF * RE)] + GD\} \leq 6 \dots Si GD \neq 0$$

Ecuación... 1

En el caso de los grupos de superestructura, subestructuras y aspectos hidráulicos se utilizó, la siguiente ecuación debido a que la sensibilidad de los resultados debe ser menor para que vea reflejado en el resultado.

$$CE(e) = \{0 \dots \dots \dots Si GD = 0 \{[(FCF * RE) - 1] + GD\} \leq 6 \dots Si GD \neq 0$$

La deducción de esta ecuación corresponde a un simple arreglo en la escala 1-6 de la suma de efectos de RE + GD, el cual presenta un buen ajuste a los resultados esperados para el puente según criterio de expertos de la Unidad de Puentes de LanammeUCR (Muñoz Barrantes et al., 2015).

En la Tabla 17 se asigna la calificación de los elementos CE del puente Tantamayo; KM 324+486, de longitud total de 52.50m, considerando también que se trata de un puente cuya importancia operativa Esencial (E).

Tabla 17: Valoración de CE de puente Tantamayo.

GRUPO	SUBGRUPO	RE	FCF	GD	CE
Seguridad vial	Señalización	1	0.80	1.00	1.60
Seguridad vial	Veredas	2	0.80	1.00	2.60
Seguridad vial	Parapetos y barandas	1	0.80	1.00	1.80
Seguridad vial	Guardavías	1	0.80	2.00	2.80
Funcional	Juntas de expansión	1	0.60	1.00	1.60
Funcional	Carpeta de rodadura	1	0.60	-	1.00
Funcional	Sistema de drenaje	1	0.60	1.00	1.80
Superestructura	Losa	3	0.80	1.00	2.40
Superestructura	Vigas	3	1.00	0.00	1.00
Superestructura	Torres o arcos				
Superestructura	Cables				
Subestructura	Apoyos	3	0.80	2.00	3.40
Subestructura	Estribos	3	1.00	1.00	3.00
Subestructura	Pilas				
Aspectos hidráulicos	Protección talud	2	1.25	-	
Aspectos hidráulicos	Protección estribos	2	1.00	0.00	1.00
Aspectos hidráulicos	protección pilas				

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

- **Calificación global del puente CP:** Esta metodología se asigna la calificación general del puente de acuerdo con el elemento de puntaje más alto.

$$CP = 3.40$$

Con esta metodología, se puede obtener la evaluación del puente utilizando la Tabla XX, con la calificación, se comparó valores entre diferentes puentes, analizar



estadísticamente el daño más común a los componentes de los puentes y reflejarlos en paquetes de reparación en el nivel del proyecto o especialmente para un puente.

Una de la reflexiones que se menciona, es que en el análisis y aplicación de esta metodología, y según (Martínez Cañamares, 2016) la propuesta iría en contracorriente de la conexión establecidas dentro los niveles de inspección comentados en el capítulo 2, Por tanto se considera que las “inspecciones principales” como la herramienta más eficaz para la obtención de datos de evaluación del estado de la red y núcleo central de los sistemas de gestión, incluso el módulo de inventario, debe girar alrededor al concepto de este tipo de inspección. Por ello, resaltamos las siguientes particularidades:

- ' La inspección principal como base del sistema de gestión, siendo las inspecciones básicas o rutinarias subsidiarias a las principales, de tal manera que sean las primeras que guíen y determinen la periodicidad y planificación de las segundas. Siendo las inspecciones principales las que sean directrices de vigilancia, además por tener personal capacitado al realizar estas inspecciones.
- ' El inventario debe actualizarse de estas inspecciones principales, ya que muchas veces los puentes cambiaran la importancia estratégica a medida que pase el tiempo, y el tiempo de vida remanente vaya reduciendo, lo que acabara en modificar tanto las variables de relevancia estructural o factor de consecuencia de falla.
- ' Este tipo de inspecciones debe de dejarse poco a la improvisación, porque son estas actividades que brindan datos de ingreso al sistema de gestión. El evaluador debe consultar la información preliminar, contar con las herramientas necesarias para la inspección y apoyarse en el diccionario de daños, muchas veces los daños son repetitivos y en la medida de lo posible se debe evitar las posturas del ingeniero

“alarmista”, por otra parte, evitar también análisis que aunque moderados y ajustados a la realidad, no respondan a unos criterios sistematizados o estandarizados y que para cada inspección sean prácticamente un deterioro no codificado, aunque en realidad sea la repetición de un daño habitual, todo esto se contempla dentro del glosario de daños.

En la siguiente figura se demuestra el contraste entre la habitual concepción jerárquica establecida en los sistemas de gestión implantados hasta el momento y la propuesta se apoya:

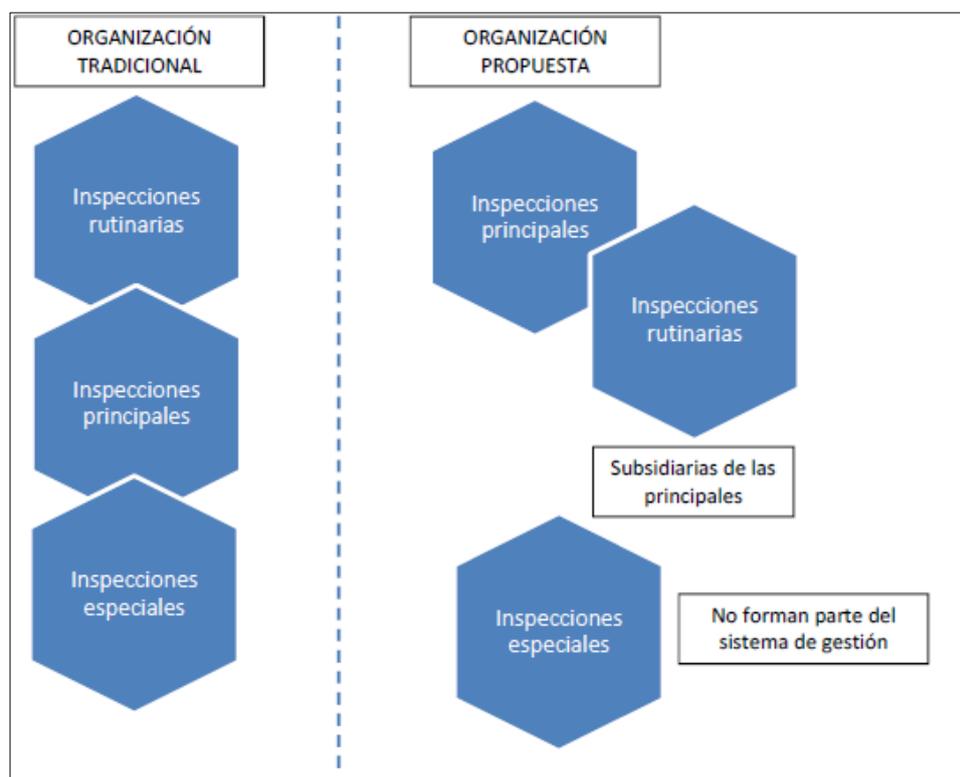


Figura 29. Organización conceptual inspecciones de sistema de gestión de puentes en base a (Martínez Cañamares, 2016)

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.5.1.6 Desarrollo de la predicción del deterioro.

Se plantea un modelo de evolución del deterioro, basados en modelos Estocásticos ampliamente usados en el campo de la modelación del deterioro de

infraestructuras debido a la alta incertidumbre y a la aleatoriedad que se dan dichos procesos, como son las cadenas de Markov.

El cálculo de estas matrices se realizó para los grupos de componentes planteados en el ítem 3.5.1.1, considerando el periodo de tiempo de servicio tanto de la literatura como la experiencia en las diferentes intervenciones dentro del proyecto en estudio; los horizontes de vida propuestos sin defectos de diseño o ejecución, y son los siguientes:

Tabla 18: Horizonte de vida de componentes del puente.

<i>GRUPO</i>	<i>HORIZONTE DE VIDA</i>
Seguridad vial	5 años
Funcional	15 años
Sistema de apoyo	25 años
Superestructura	100 años
Subestructura	75 años
Aspectos hidráulicos	20 años

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

A continuación, presentamos un ejemplo donde analizaremos los componentes del puente Tantamayo; KM 324+486, de longitud total de 52.50m, para este sistema de calificación se consideró un rango de uno a seis (1 a 6), de modo que se forman 6 estados, que corresponden a los valores representados por los componentes del vector EF:

$$EF = (1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6)$$

1. La calificación CE de los componentes del puente en la inspección del año 2020 se muestra en la Tabla 19:

Tabla 19: CE para componente de puente Tantamayo

<i>GRUPO</i>	<i>CE</i>
Seguridad vial	2.8
funcional	1.8
superestructura	2.4
apoyos	3.4
subestructura	3.0
aspectos hidráulicos	1.0

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

Así también el criterio de asignación del vector inicial en la siguiente Tabla 20.

Tabla 20: Valores de vector inicial $E_{(0)}$ para cada CE obtenido.

<i>CONDICIÓN</i>	<i>CE</i>	<i>VECTOR INICIAL, E(año)</i>
Satisfactoria	1	(1 0 0 0 0 0)
Adecuada	2	(0 1 0 0 0 0)
Deficiente	3	(0 0 1 0 0 0)
Seria	4	(0 0 0 1 0 0)
Alarmante	5	(0 0 0 0 1 0)
Riesgo inaceptable	6	(0 0 0 0 0 1)

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Para el componente de seguridad vial, considerando que el año de inspección es el 2020, la matriz inicial es en ese año la calificación CE de la seguridad vial, por lo que la matriz inicial viene dada por la siguiente expresión:

$$E(2020) = (0 \ 0.2 \ 0.8 \ 0 \ 0 \ 0)$$

- Para el componente de seguridad vial, la matriz de probabilidad de transición viene dada por la siguiente expresión:

$$MPT = \begin{pmatrix} 0.507 & 0.493 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.355 & 0.645 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.203 & 0.797 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.256 & 0.744 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.356 & 0.644 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

4. Para fines de aplicación se propone un horizonte de $t=5$ años, teniendo en cuenta que periodo de vida de seguridad vial es 5 años. Al realizar la inspección se encontraba con un $CE = 2.8$, por lo que realizamos la siguiente operación:

$$E_{2025} = (0 \ 0.2 \ 0.8 \ 0 \ 0 \ 0) \cdot \left[\begin{array}{cccccc} 0.507 & 0.493 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.355 & 0.645 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.203 & 0.797 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.256 & 0.744 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.356 & 0.644 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]^5 \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix}$$

$$E_{2025} = 5.755$$

Por lo tanto, el índice de estado de seguridad vial del puente Tantamayo tomara una calificación de 2.8 a 5.755 en 5 años.

5. Para el componente de Funcional, considerando que el año de inspección es el 2020, la matriz inicial es en este momento la calificación CE de Funcional, por lo que la matriz inicial viene dada por la siguiente expresión:

$$E(2020) = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

Para los componentes Funcional, la matriz de probabilidad de transición viene dada por la siguiente expresión:

$$MPT = \begin{pmatrix} 0.847 & 0.153 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.726 & 0.274 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.305 & 0.695 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.261 & 0.739 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.408 & 0.592 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

4. Para fines de aplicación se propone un horizonte de $t=5$ años, que el periodo de vida funcional es 15 años. Al realizar la inspección se encontraba con un $CE = 1.8$, por lo que realizamos la siguiente operación:

$$E_{2025} = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0) \cdot \left[\begin{array}{cccccc} 0.847 & 0.153 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.726 & 0.274 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.305 & 0.695 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.261 & 0.739 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.408 & 0.592 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]^5 \begin{array}{l} (1) \\ (2) \\ (3) \\ (4) \\ (5) \\ (6) \end{array}$$
$$E_{2025} = 3.756$$

Por lo tanto, el índice de estado de la seguridad vial del puente Tantamayo tomara una calificación de 1.8 a 3.756 en 5 años.

6. Para el componente de sistema de apoyo, considerando que el año de inspección es el 2020, la matriz inicial es en este momento la calificación $CE = 3.4$ de Funcional, por lo que la matriz inicial viene dada por la siguiente expresión:

$$E(2020) = (0 \ 0 \ 0.6 \ 0.4 \ 0 \ 0)$$

Para los componentes sistema de apoyo, la matriz de probabilidad de transición viene dada por la siguiente expresión:

$$MPT = \begin{pmatrix} 0.509 & 0.491 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.885 & 0.115 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.844 & 0.156 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.721 & 0.279 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.354 & 0.646 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Para fines de aplicación se propone un horizonte de $t=5$ años, que el periodo de vida del sistema de apoyo es 25 años. Al realizar la inspección se encontraba con un $CE = 3.4$, por lo que realizamos la siguiente operación:

$$E_{2025} = (0 \ 0.6 \ 0.4 \ 0 \ 0 \ 0) \cdot \left[\begin{array}{cccccc} 0.509 & 0.491 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.885 & 0.115 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.844 & 0.156 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.721 & 0.279 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.354 & 0.646 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]^5 \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix}$$
$$E_{2025} = 4.587$$

Por lo tanto, el índice de estado del sistema de apoyo tomará una calificación de 3.4 a 4.587 en 5 años.

7. Para el componente de subestructura, considerando que el año de inspección es el 2020, la matriz inicial es en este momento la calificación $CE = 3$ de Funcional, por lo que la matriz inicial viene dada por la siguiente expresión:

$$E(2020) = (0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0)$$

Para los componentes subestructura, la matriz de probabilidad de transición viene dada por la siguiente expresión:

$$MPT = \begin{pmatrix} 0.859 & 0.141 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.929 & 0.071 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.932 & 0.068 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.801 & 0.199 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.453 & 0.547 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Para fines de aplicación se propone un horizonte de $t=5$ años, que el periodo de vida de la subestructura es 75 años. Al realizar la inspección se encontraba con un $CE = 3$, por lo que realizamos la siguiente operación:

$$E_{2025} = (0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0) \cdot \begin{bmatrix} 0.859 & 0.141 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.929 & 0.071 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.932 & 0.068 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.801 & 0.199 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.453 & 0.547 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^5 \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix}$$
$$E_{2025} = 3.450$$

Por lo tanto, el índice de estado de la subestructura del puente Tantamayo tomara una calificación de 3 a 3.450 en 5 años.

8. Para el componente de superestructura, considerando que el año de inspección es el 2020. La matriz inicial es en este momento la calificación CE = 3 de Funcional, por lo que la matriz inicial viene dada por la siguiente expresión:

$$E(2020) = (0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0)$$

Para los componentes superestructura, la matriz de probabilidad de transición viene dada por la siguiente expresión:

$$\text{MPT} = \begin{pmatrix} 0.931 & 0.069 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.932 & 0.068 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.858 & 0.142 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.909 & 0.091 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.709 & 0.291 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Para fines de aplicación se propone un horizonte de t=5 años, que el periodo de vida de la superestructura es 100 años. Al realizar la inspección se encontraba con un CE = 3, por lo que realizamos la siguiente operación:

$$E_{2025} = (0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0) \cdot \left[\begin{array}{cccccc} 0.931 & 0.069 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.932 & 0.068 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.858 & 0.142 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.909 & 0.091 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.709 & 0.291 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]^5 \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix}$$
$$E_{2025} = 3.667$$

Por lo tanto, el índice de estado de la superestructura, tomará una calificación de 3 a 3.667 en 5 años.

9. Para el componente de aspectos hidráulicos, considerando que el año de inspección es el 2020, la matriz inicial es en este momento la calificación CE = 1 de Funcional, por lo que la matriz inicial viene dada por la siguiente expresión:

$$E(2020) = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

Para los componentes **aspectos hidráulicos**, la matriz de probabilidad de transición viene dada por la siguiente expresión:

$$MPT = \begin{pmatrix} 0.757 & 0.243 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.856 & 0.144 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.456 & 0.544 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.308 & 0.692 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.353 & 0.647 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Para fines de aplicación se propone un horizonte de t=5 años, que el periodo de vida de aspectos hidráulicos es 100 años. Al realizar la inspección se encontraba con un CE = 1, por lo que realizamos la siguiente operación:

$$E_{2025} = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0) \cdot \begin{bmatrix} 0.757 & 0.243 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.856 & 0.144 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.456 & 0.544 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.308 & 0.692 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.353 & 0.647 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^5 \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{bmatrix}$$

$$E_{2025} = 2.149$$

Por lo tanto, el índice de estado de aspectos hidráulico, tomará una calificación de 1 a 2.149 en 5 años.

10. A continuación, se presenta el resumen de la predicción del deterioro del puente al año 2025, ver Tabla 21.

Tabla 21: Deterioro en un tiempo (t) de los componentes del puente Tantamayo.

<i>GRUPO</i>	<i>HORIZONTE DE VIDA</i>	<i>CE (2020)</i>	<i>t</i>	<i>Año</i>	<i>E(t)</i>
Seguridad vial	5 años	2.8	5 años	2025	5.755
Funcional	15 años	1.8	5 años	2025	3.756
Sistema de apoyo	25 años	2.4	5 años	2025	4.857
Subestructura	75 años	3.4	5 años	2025	3.450
Superestructura	100 años	3.0	5 años	2025	3.667
Aspectos hidráulicos	20 años	1.0	5 años	2025	2.149

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la siguiente figura 27 se observa las curvas de deterioro de los componentes del puente Tantamayo al año 2025.

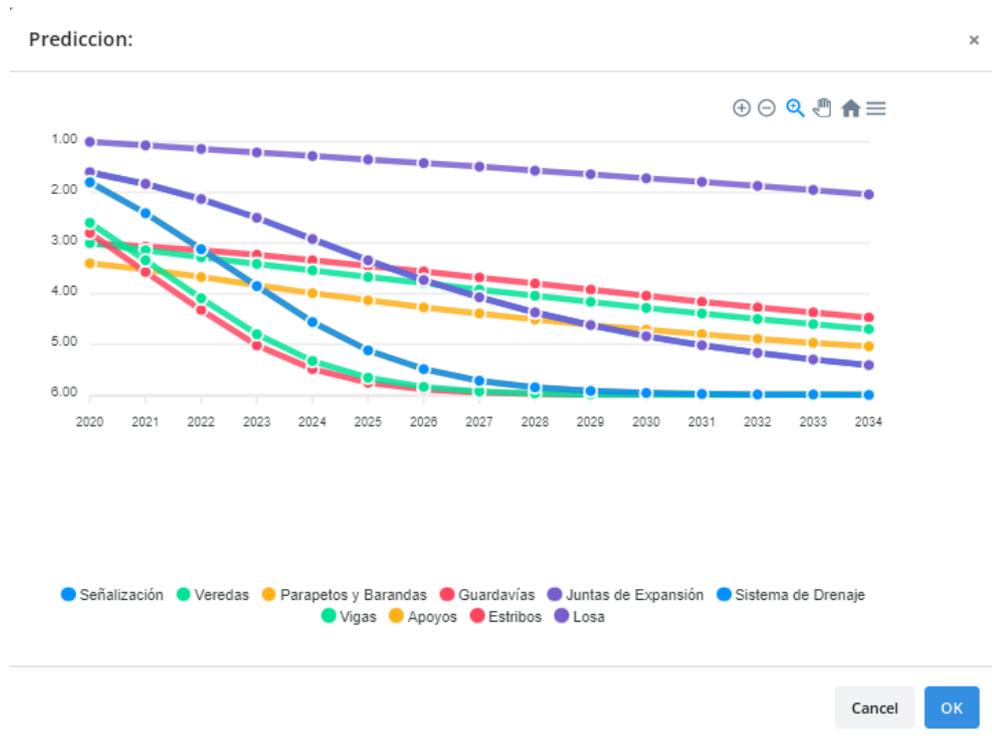


Figura 30. Curva de deterioro - Puente Tantamayo

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.5.1.7 Propuesta de sistematización en programa SGP en SQL.

Para la sistematización del sistema de gestión de puentes propuesto se necesita la creación de un software sencillo con una base programación básica, partiendo un déficit de base de datos.

Esquemáticamente se representa el sistema en la figura 27, donde el núcleo del sistema está representado por la base de datos, alrededor de la cual funcionan los demás componentes del programa.

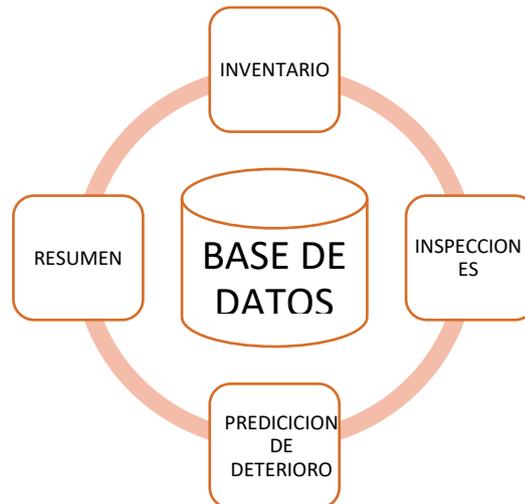


Figura 31. Esquema de software de Sistema de Gestión de Puentes propuesto

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Uso del software desarrollado donde se realizó la alimentación de la base de datos de todos los componentes del sistema de gestión de puentes propuestos (inventario, inspecciones, grado de daño, predicción de deterioro)

1. El programa se inicia ingresando al sistema a través de un usuario, como se muestra en la figura 32.

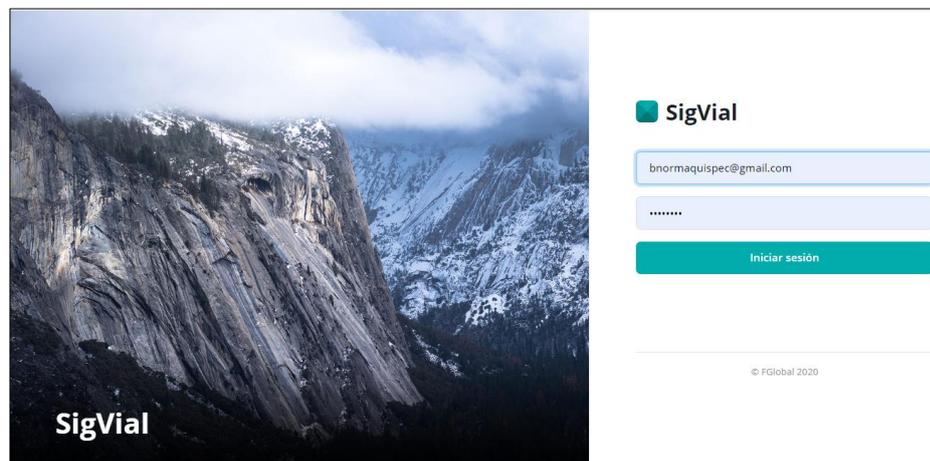


Figura 32. Pantalla de inicio de programa de SGP propuesto -SigVial.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo - <https://sigvial.civildesk.xyz/>

2. Una vez ingresado al programa existen 3 menús: Inicio, Puentes y configuración y un resumen figura del estado de condición actual ver Figura 33.

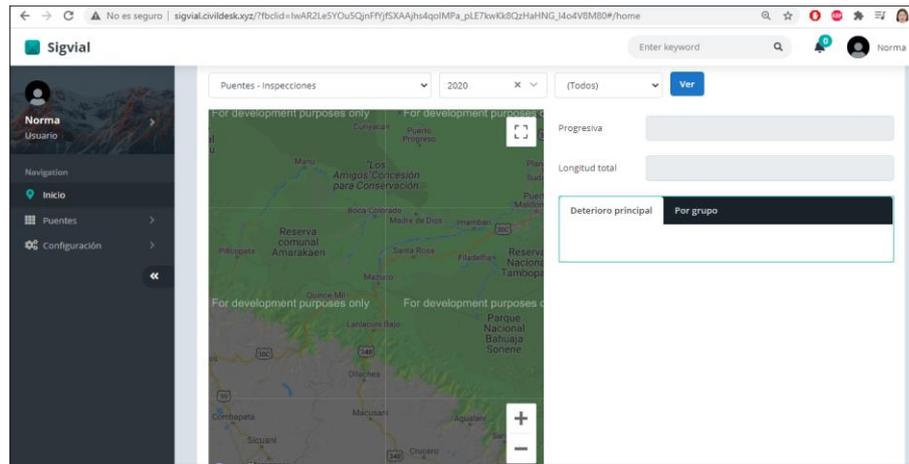


Figura 33. Menús del programa – SGP – SigVial.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, <https://sigvial.civildesk.xyz/>

3. Desarrollando el programa, en el menú configuración, se tiene los menús: periodo, elementos, dic. deterioro, usuarios, roles y log; como se observa en la figura 34.

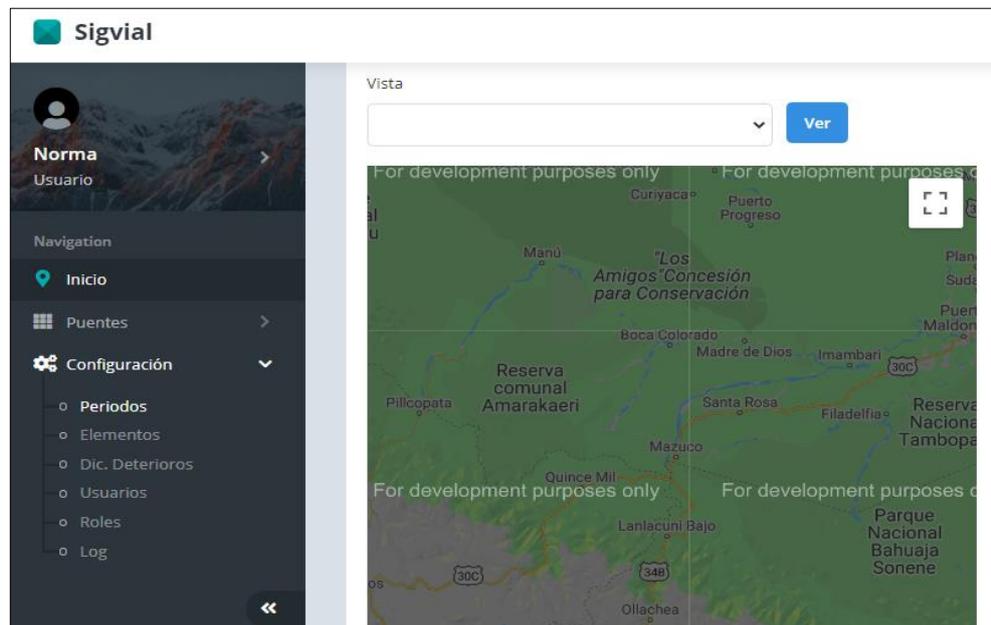


Figura 34. Pantalla de menú Configuración de programa SigVial.

Fuente: Elaborado por el esquipo de trabajo.

Luego de ingresar al menú configuración, dentro del menú periodos se puede colocar el periodo en el cual se realizará las inspecciones del puente (se desarrollará más adelante). En nuestro caso es el 2020, el menú tiene la opción de

adicionar los periodos que se crea conveniente, haciendo clic en la opción de nuevo, como se muestra en la figura 32, la cual lleva a una ventana donde se coloca el nuevo periodo de inspección (figura 35):

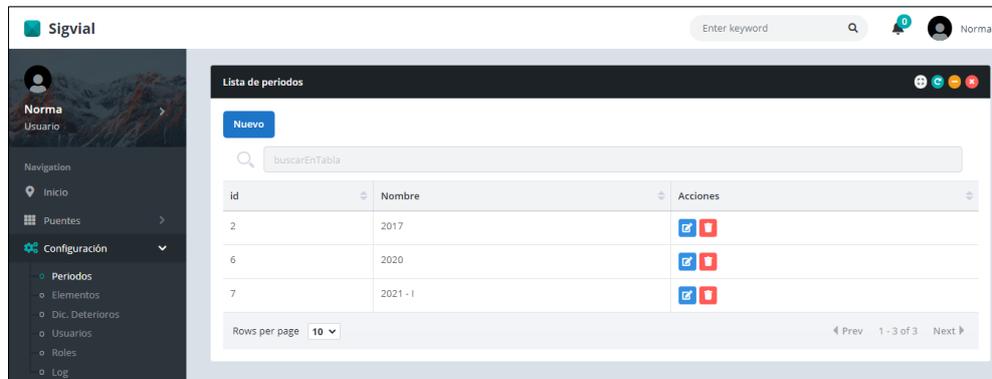


Figura 35. Ventana de menú periodo de programa SigVial.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo, <http://sigvial.civildesk.xyz/>

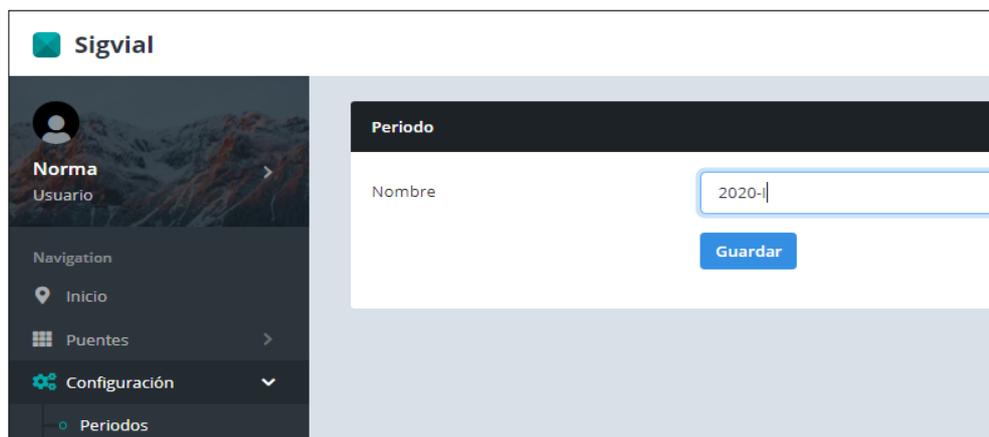


Figura 36. Ventana para crear nuevo periodo de inspección - ejemplo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo - <http://sigvial.civildesk.xyz/>

Así también en el menú configuración se encuentra, el menú de 'elementos' el cual se refiere a los elementos de los que está constituido los puentes, este menú se introdujeron los elementos considerados en la Tabla 16; este menú tiene la opción de colocar un nuevo elemento según sea necesario, para ello se hace clic en 'nuevo' y una vez dentro de ello requiere la selección de 'grupo' y 'subgrupo' según la Tabla 15 y luego el nombre del elemento, ver figura 37.

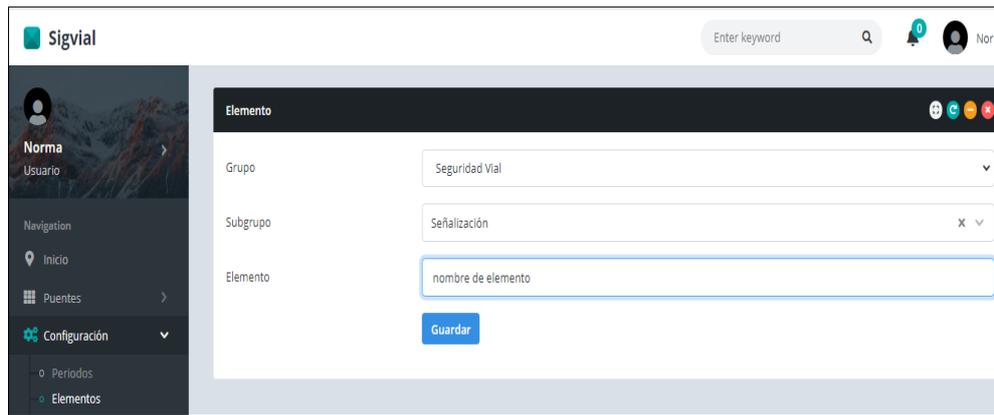


Figura 37. Ventana para insertar nuevos elementos del menú Configuración de programa SigVial.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo - <http://sigvial.civildesk.xyz/>

De igual manera dentro del menú ‘configuración’ se encuentra el menú de deterioros, contempla los deterioros a los que están expuestos los puentes también incluye la opción de ver el Glosario de daños propuesto, en este menú se puede agregar los daños que a criterio de los especialistas o según requiera el caso sea necesario dando clic en la opción ‘nuevo’, donde se selecciona a que elemento corresponde el daño, como se muestra en la figura 38.

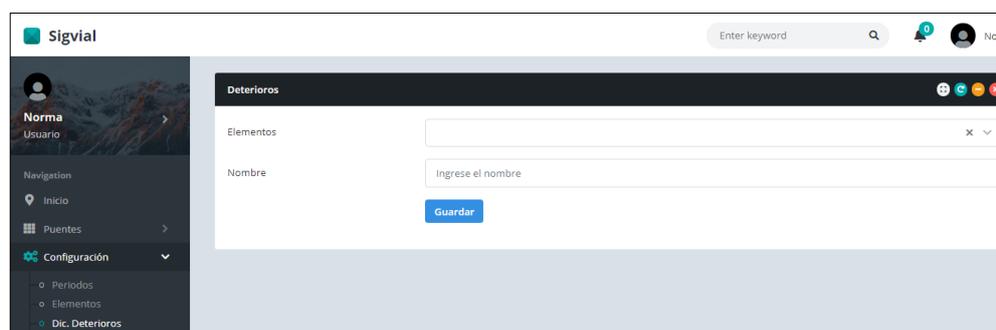


Figura 38. Ventana de creación de nuevo daño en elemento, del menú configuración - SigVial

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo - <http://sigvial.civildesk.xyz/>

Otro menú dentro del menú configuración es el menú usuarios en el cual figura los posibles usuarios y cada usuario tendrá permisos otorgados estratégicamente designados de acuerdo a su relación con la administración de los puentes, Los

permisos son otorgados por la persona responsable de la administración de los puentes, este menú también cuenta con la posibilidad de agregar un nuevo usuario la cual la hace únicamente la persona responsable, se puede observar la figura 39.

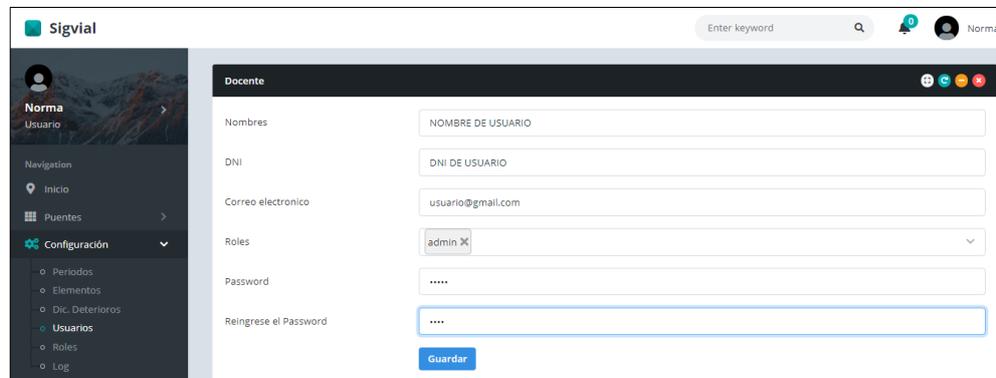


Figura 39. Pantalla de ingreso de nuevo usuario en menú configuración del programa SigVial.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo - <http://sigvial.civildesk.xyz/>

Así también dentro del menú de configuración se encuentra el menú roles el cual corresponde a los roles que tiene cada usuario permitido, otro menú es el LOG el cual brinda un historial de los movimientos realizados en el programa y que usuarios lo realizaron, como se ve en la siguiente figura 40.

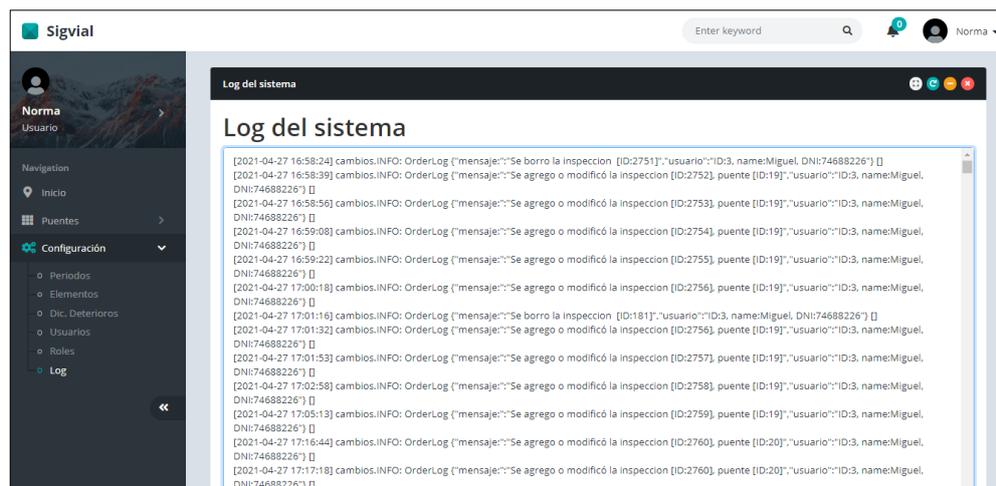


Figura 40. Ventana de menú LOG de menú Configuración de programa SigVial.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo - <http://sigvial.civildesk.xyz/>

4. Luego de tener todos los menús necesarios para implementar el SGP se componen de diversos módulos que procesan la información. En este contexto, para obtener un sistema que se transforme en una herramienta útil, se propone la creación de tres módulos básicos, además una opción para visualizar los gráficos, los módulos se detallan de la siguiente manera:

- Modulo 1: Inventario.
- Modulo 2: Inspecciones.
- Modulo 3: Matriz de predicción.
- Resumen

Menú puentes, contiene al menú inventario en el cual se alimenta los puentes que contempla el tramo, con los datos contemplados en el módulo inventario como se muestra en la figura 41. así también si se requiere alimentar un nuevo puente haciendo clic en la opción nuevo (figura 42)

The screenshot shows the SigVial web application interface. On the left is a navigation sidebar with the user 'Norma' and menu items: Inicio, Puentes (expanded to show Inventario, Inspecciones, Matriz predicción, and Resumen), and Configuración. The main content area is titled 'Nuevo Puentes' and features a search bar and a table of bridge data. The table has columns for id, Codigo, Nombre, Progresiva, Tipo puente, Año construccion, Edad, Longitud, Frente, and Acciones. The data rows are as follows:

id	Codigo	Nombre	Progresiva	Tipo puente	Año construccion	Edad	Longitud	Frente	Acciones
60	57	PUENTE ANTIOCIUS	330-170	Losa con Vigas	2010	11	15.60	Frente 4	[Icons]
59	56	PONTÓN FORTALEZA	327-852	Losa	2010	11	10.00	Frente 4	[Icons]
58	55	PUENTE TANTAMAYO CHICO	325-367	Losa con Vigas	2010	11	15.60	Frente 4	[Icons]
57	54	PUENTE TANTAMAYO	324-486	Mixto - Vigas metalicas - Losa C/A*			52.50	Frente 4	[Icons]
56	53	PUENTE PADRE MIGUEL	322-182	Losa con Vigas	2010	11	15.60	Frente 4	[Icons]
55	52	PONTÓN CARLA	319-520	Losa	2010	11	10.00	Frente 4	[Icons]
54	51	PUENTE CHALLHUAMAYO	318-957	Mixto - Vigas metalicas - Losa C/A*			35.00	Frente 4	[Icons]
53	50	PUENTE ALCORIN	316-974	Losa con Vigas Cajón Post Tensado	2010	11	25.66	Frente 4	[Icons]
52	49	PUENTE CALGABRI	316-508	Losa con Vigas	2010	11	20.75	Frente 4	[Icons]
51	48	PONTÓN SUSANA	315-753	Losa	2010	11	10.00	Frente 4	[Icons]

At the bottom of the table, it shows 'Rows per page: 10' and navigation buttons for 'Prev' and 'Next'.

Figura 41. Ventana de menú inventario de programa SigVial.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo - <http://sigvial.civildesk.xyz/>

The screenshot shows the 'SigVial' web application interface. The main content area is titled 'Puentes' and 'REGISTRO DE DATOS'. It contains a form for entering bridge data, organized into three main sections:

- I. Identificación y ubicación:** Includes fields for 'Nombre', 'Frente', 'Departamento político', 'Departamento vial', 'Provincia', 'Distrito', and 'Poblado cercano'. It also has input fields for 'Latitud', 'Longitud', 'Altitud (msnm)', 'Codigo', 'Ruta nacional', and 'Progresiva'.
- Importancia operativa:** Includes dropdown menus for 'Importancia operativa' and 'Estado del puente', and input fields for 'Tiempo de diseño' and 'Periodo de retorno'. There is also a dropdown for 'Condiciones ambientales'.
- II. Datos generales:** Includes dropdowns for 'Tipo Puente' and 'Puente sobre', and input fields for 'N° de vías', 'Ancho Calzada (m)', 'Ancho vereda (m)', and 'Ancho Berma (m)'. At the bottom, there are fields for 'Gelibo (m)', 'Sobre carga diseño', 'Alineamiento', 'Número proyecto', and 'Año construcción'.

Figura 42. Pantalla de menú Inventario - colocación de nuevo puente para inventario de programa SigVial.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo - <http://sigvial.civildesk.xyz/>

Modulo 1 – Inventario, se caracteriza mediante los parámetros geométricos, tipológico y constitutivos de los puentes del proyecto, el arranque en la creación de un sistema de gestión parte de la elaboración de esta base de datos. Los resultados de la toma de muestras seleccionadas para el contraste practico se incorporan en el Anexo 1. Al acceder al módulo de inventario uno puede buscar e interactuar con la información necesaria de cada puente, El usuario accede a una lista de los puentes en IIRSA Sur tramo 4, como se muestra en la figura 43, donde entro de la sección acciones y de acuerdo al permiso uno puede observar la ficha con las características del puente, de forma análoga a una partida de nacimiento con los datos más importantes del puente seleccionado

El segundo módulo respecta a las inspecciones, se procede según los criterios planteados en el correspondiente capitulo, reflejando los resultados y valoraciones del estado de condición por componente y general de cada puente ver anexo 1. La plataforma ofrece una lista desplegable de cada puente que también permite buscar el puente por su nombre, que se combina con cada inspección en cada año, mostrando la valoración de cada componente con un

código de colores, ver figura 43. La calificación que el usuario puede apreciar es resultado del procedimiento detallado en el capítulo anterior, donde el administrador de los puentes, colocó los valores referentes a Relevancia estructural, y de acuerdo al componente la consecuencia de falla, esto en operación con el grado de daño que son recogidos de la Anexo 2– ficha de inspección, dan lugar al estado de condición de cada puente, dentro de siguiente módulo se encuentra el diccionario de daños, que precisa definiciones de las fallas más comunes en los elementos del puente y tópicos de calificación de los elementos del puente, este diccionario está propuesto en base a daños usuales reconocidos en el tramo, resultado de un juicio de expertos. Uno puede recurrir al diccionario como se muestra en la figura 43.

En este módulo está la campaña realizada por el equipo en el mes de julio de 2020.

ID	Periodo	Grupo	Subgrupo	Deterioro	Grado	Lado	Fecha	Acciones	Color
21	2017	Funcional	Juntas de Expansión	Ruptura de sello	2	Ambos	27-09-2017	[Iconos]	Orange
20	2017	Seguridad Vial	Guardavías	Deterioro de pintura	0	Ambos	27-09-2017	[Iconos]	Grey
19	2017	Seguridad Vial	Parapetos y Barandas	Deterioro de pintura	0	Ambos	27-09-2017	[Iconos]	Grey
18	2017	Aspectos Hidráulicos	Protección Talud	Ausencia de obras de protección	1	Ambos	27-09-2017	[Iconos]	Green
17	2017	Funcional	Juntas de Expansión	Separación de guadacantos	1	Ambos	27-09-2017	[Iconos]	Green
16	2017	Subestructura	Apoyos	Aplastamiento	2	Ambos	27-09-2017	[Iconos]	Orange
15	2017	Subestructura	Apoyos	Funcionamiento Incorrecto	1	Ambos	27-09-2017	[Iconos]	Green
14	2017	Seguridad Vial	Veredas	Desgaste de pintura	0	Ambos	27-09-2017	[Iconos]	Grey
13	2017	Seguridad Vial	Veredas	Fisura en concreto	1	Ambos	27-09-2017	[Iconos]	Green
12	2017	Superestructura	Losa	Fisura en concreto	0	Ambos	27-09-2019	[Iconos]	Grey

Figura 43. Módulo – Inspecciones

Fuente: <http://sigvial.civildesk.xyz/> - elaborado por el equipo de trabajo

En el módulo 3 – Predicción se cuenta con la implementación del modelo de deterioro calibrado específicamente con los datos obtenidos de las propias inspecciones del proyecto en estudio, las cadenas de Markov, que nos muestra la

evolución del deterioro del componente que el usuario seleccione. Para obtener la predicción de determinado elemento y puente, se va a la pestaña de inspecciones, selecciona el año y selecciona el elemento del cual se desea la curva de predicción y el programa proyecta la curva de predicción de deterioro como se observa en la figura 44.

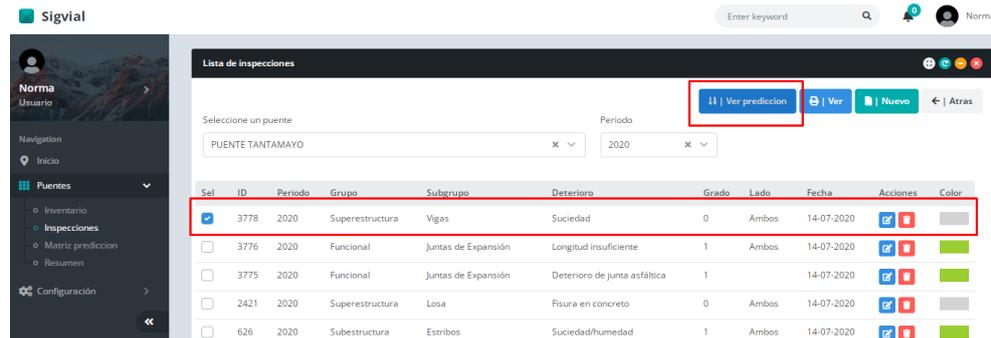


Figura 44. Ventana para ver las curvas de predicción de deterioro de puentes.

Fuente: <http://sigvial.civildesk.xyz/> - elaborado por el equipo de trabajo

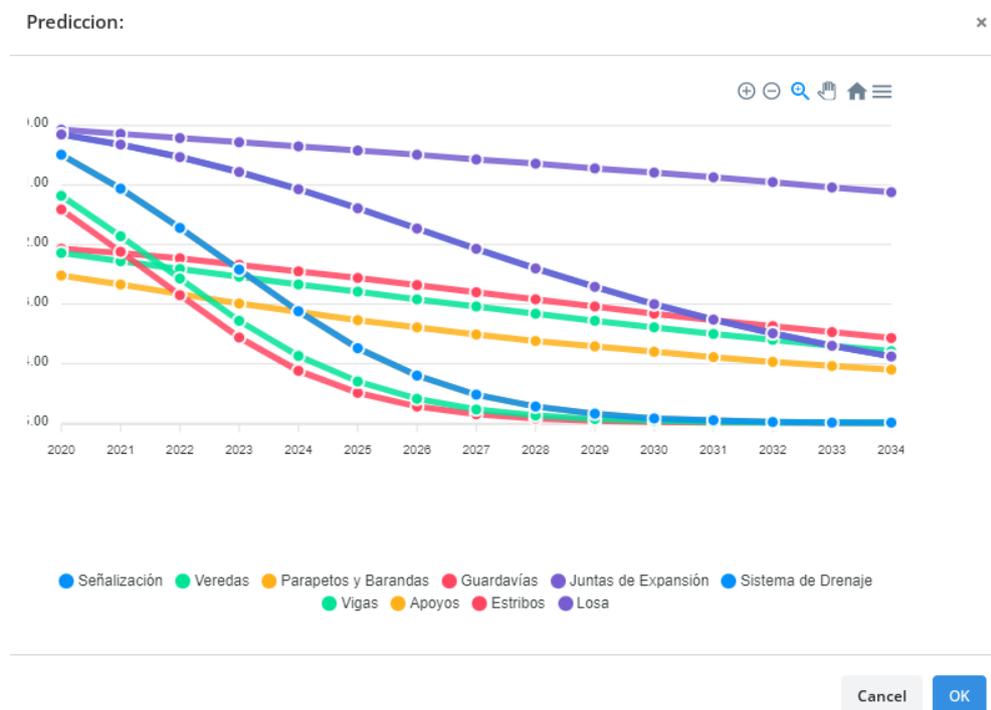


Figura 45. Ventana de curvas de predicción del deterioro, ejemplo puente Tantamayo.

Fuente: <http://sigvial.civildesk.xyz/> - elaborado por el equipo de trabajo

Finalmente, como herramienta de apoyo en la toma de decisiones se tiene un módulo donde se puede reportar gráficos, reporte de datos, y vistas para la impresión y reporte referidos al estado de condición del puente, sus curvas de evolución, también puede contrastar resultados entre dos puentes diferentes, ver las figuras 46 y 47.

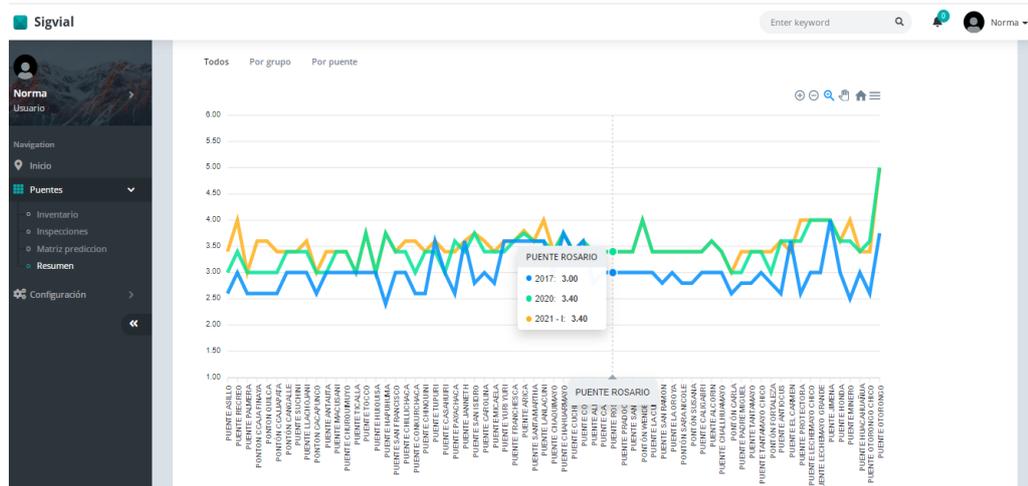


Figura 46. Pantalla de menú puentes donde se muestra el resumen de inspecciones.

Fuente: <http://sigvial.civildesk.xyz/> - elaborado por el equipo de trabajo

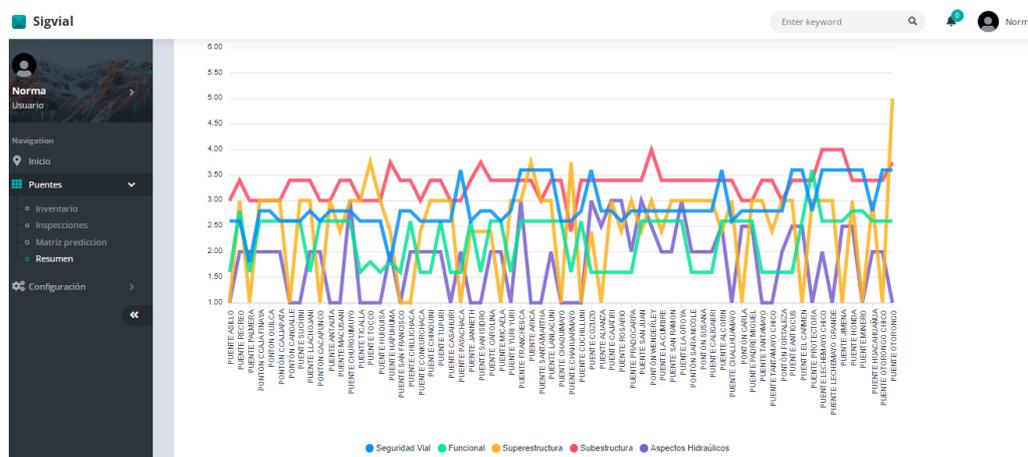


Figura 47. Pantalla de menú resumen donde se muestra, resumen de inspecciones por subgrupo.

Fuente: <http://sigvial.civildesk.xyz/> - elaborado por el equipo de trabajo



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Estado de condición – inspección 2020

Luego de realizar las inspecciones visuales de los puentes del tramo 4 del corredor vial interoceánico su Azángaro puente Inambari, se obtuvo los siguientes resultados en los componentes de los 67 puentes; así mismo, para facilitar la obtención de resultados se hizo uso del programa SigVial propuesto y creado por el equipo de trabajo.

- http://sigvial.civildesk.xyz/?fbclid=IwAR2Le5YOu5QjnFfYjfSXAAjhs4qoIMPa_pLE7kwKk8QzHaHNG_I4o4V8M80#/home

En el anexo 6 se adjunta las inspecciones realizadas de los 67 puentes, cuyos resultados están resumidos en la Tabla XX:

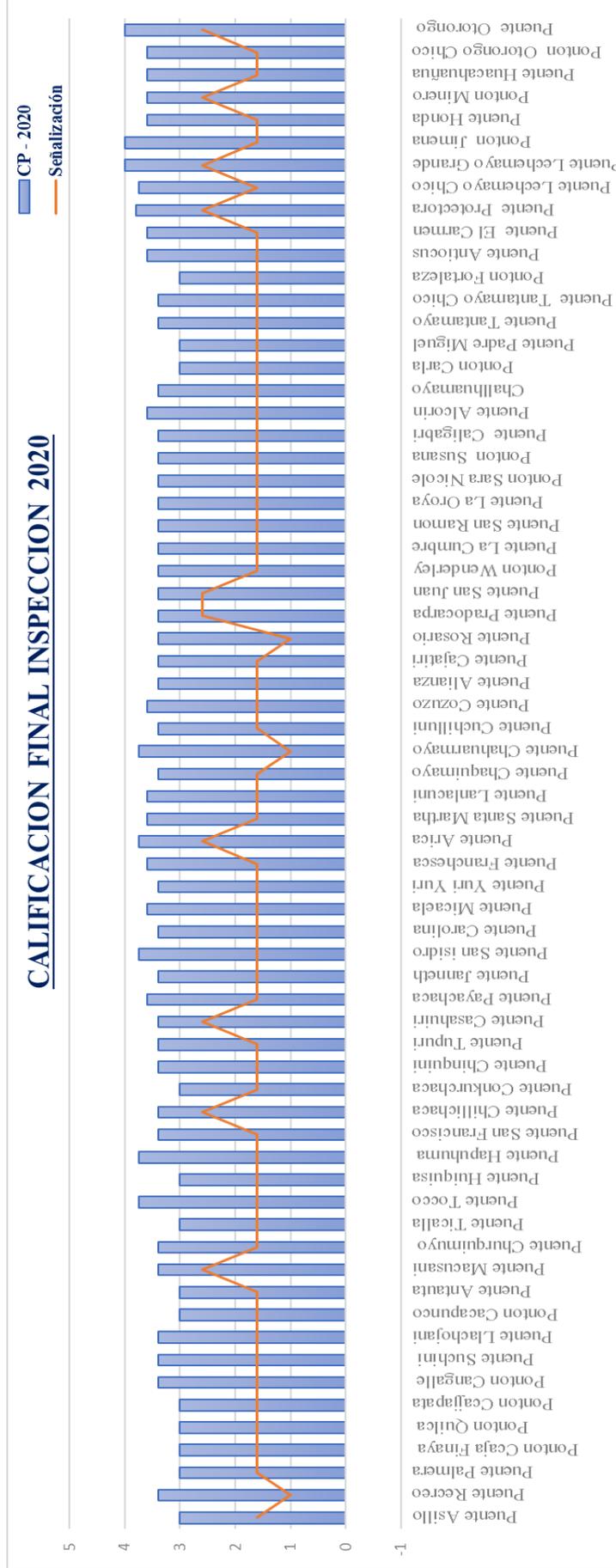


Figura 48. Señalización - inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 48, se observa que el rango de calificación del grupo de seguridad vial del componente señalización oscila entre 1.0 y 2.6 que se entiende de un estado satisfactoria y como daño máximo a un estado deficiente. Así mismo, se observa que el 81% de la señalización de los puentes se encuentra en un estado adecuada en la inspección realizada en el año 2020.

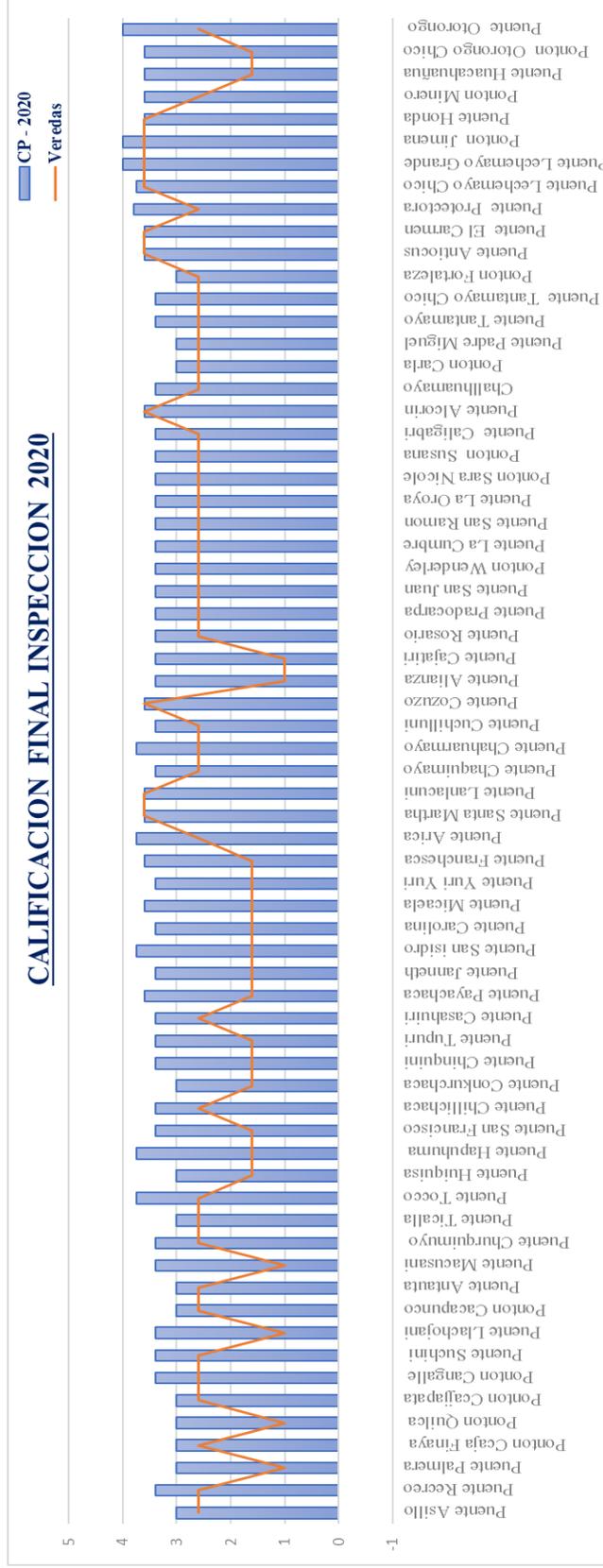


Figura 49. Veredas – inspecciones 2020.

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 49, se observa que el rango de calificación del grupo de seguridad vial del componente veredas oscila entre 1.0 y 3.6 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado ‘seria’. Así mismo, se observa que el 54% de las veredas de los 67 puentes se encuentra en un estado ‘deficiente’ en la inspección realizada en el año 2020.

Parapetos y barandas – inspección 2020

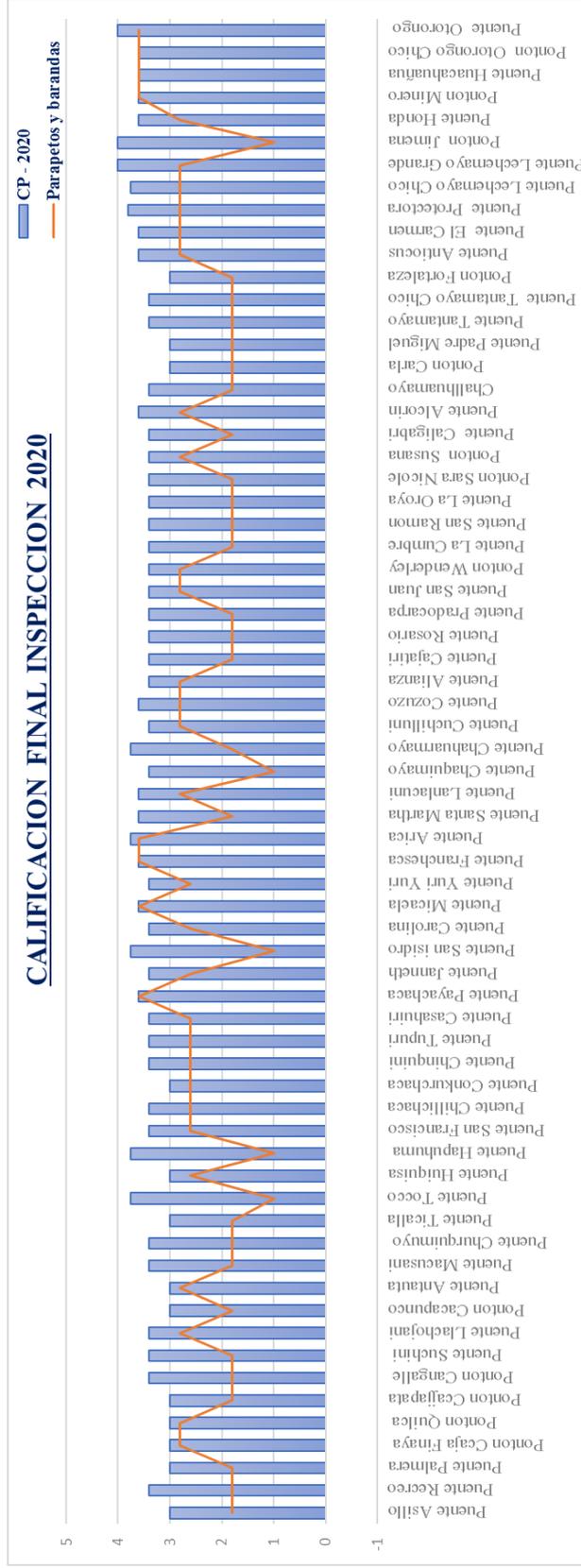


Figura 50. Parapetos y barandas – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 50, se observa que el rango de calificación del grupo de seguridad vial del componente parapetos y barandas oscila entre 1.0 y 3.6 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado ‘seria’. Así mismo, se observa que el 39% de las parapetos y barandas de los 67 puentes se encuentra en un estado bueno y el 27% se encuentra en un estado ‘deficiente’, en la inspección realizada en el año 2020.

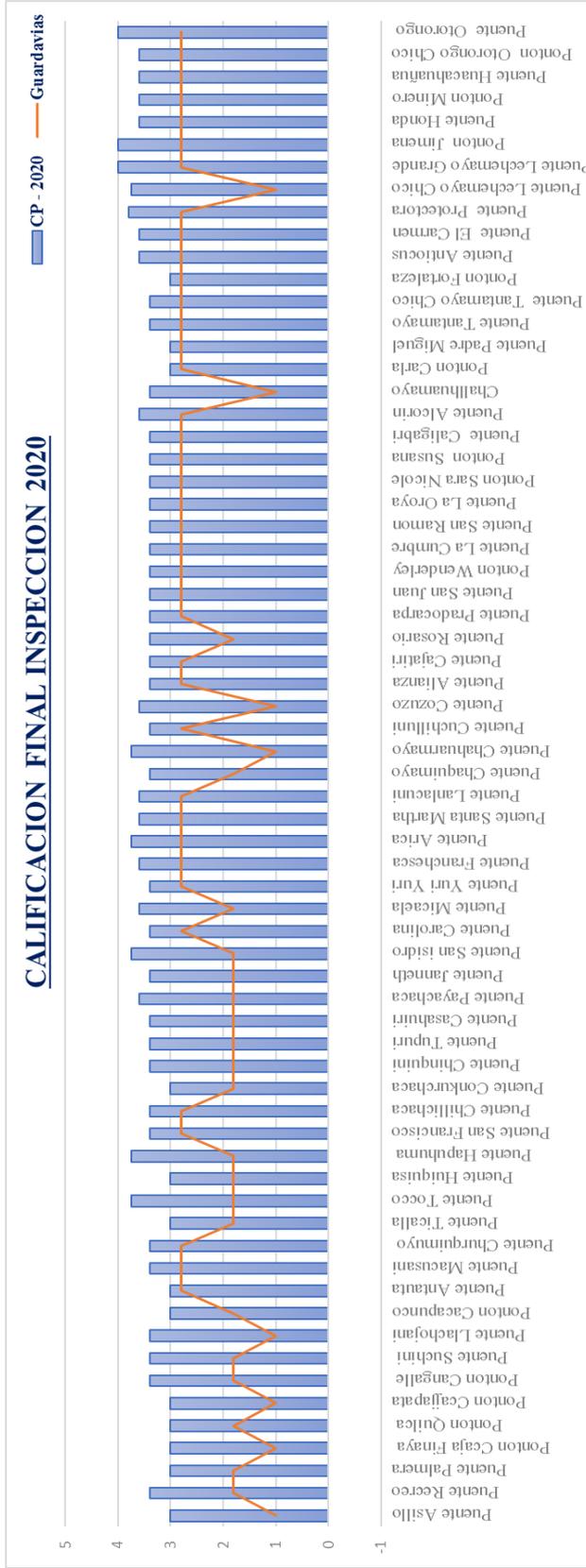


Figura 51. Guardavías – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 51, se observa que el rango de calificación del grupo de seguridad vial del componente guardavía oscila entre 1.0 y 2.8 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado ‘deficiente’. Así mismo, se observa que el 30% de los guardavías de los 67 puentes se encuentra en un estado ‘adecuado’ y el 58% se encuentra en un estado ‘seria’, de la inspección realizada en el año 2020.

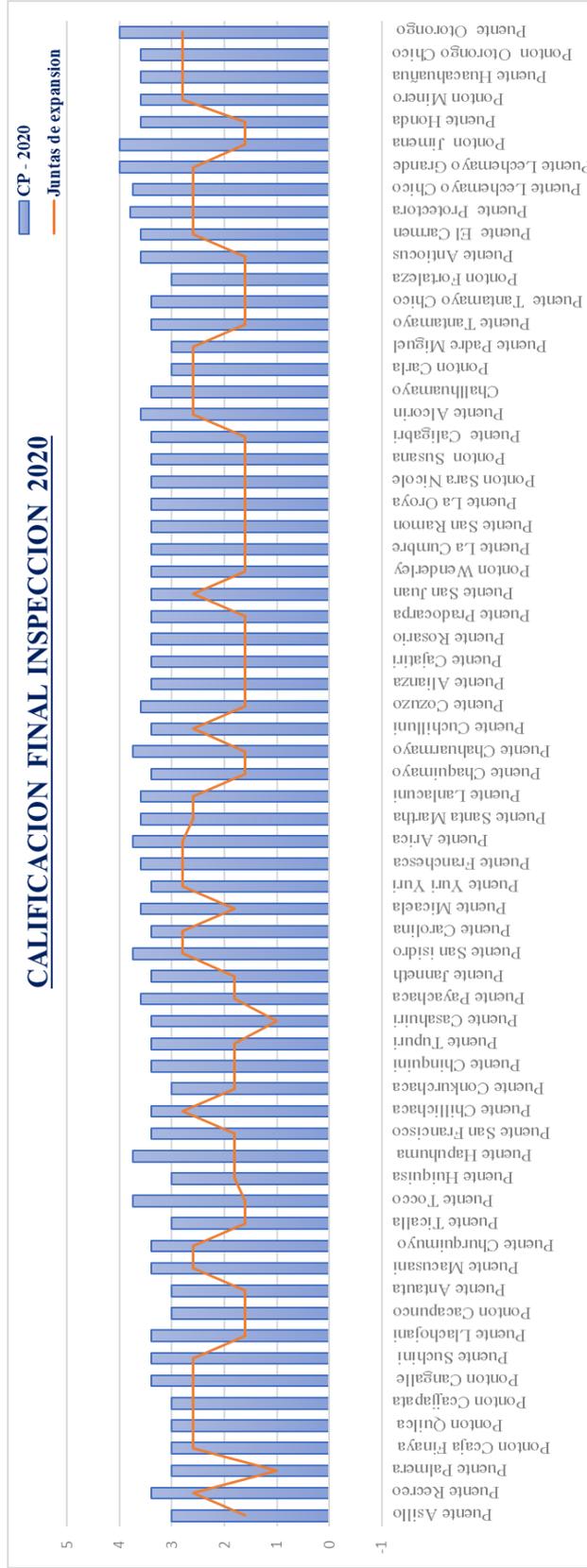


Figura 52. Juntas de expansión – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 52, se observa que el rango de calificación del grupo de funcional de la componente junta de expansión oscila entre 1.0 y 2.8 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado ‘seria’. Así mismo, se observa que el 52% de las juntas de expansión de los 67 puentes se encuentra en un estado ‘adecuada’ y el 45% se encuentra en un estado ‘seria’, en la inspección realizada en el año 2020.

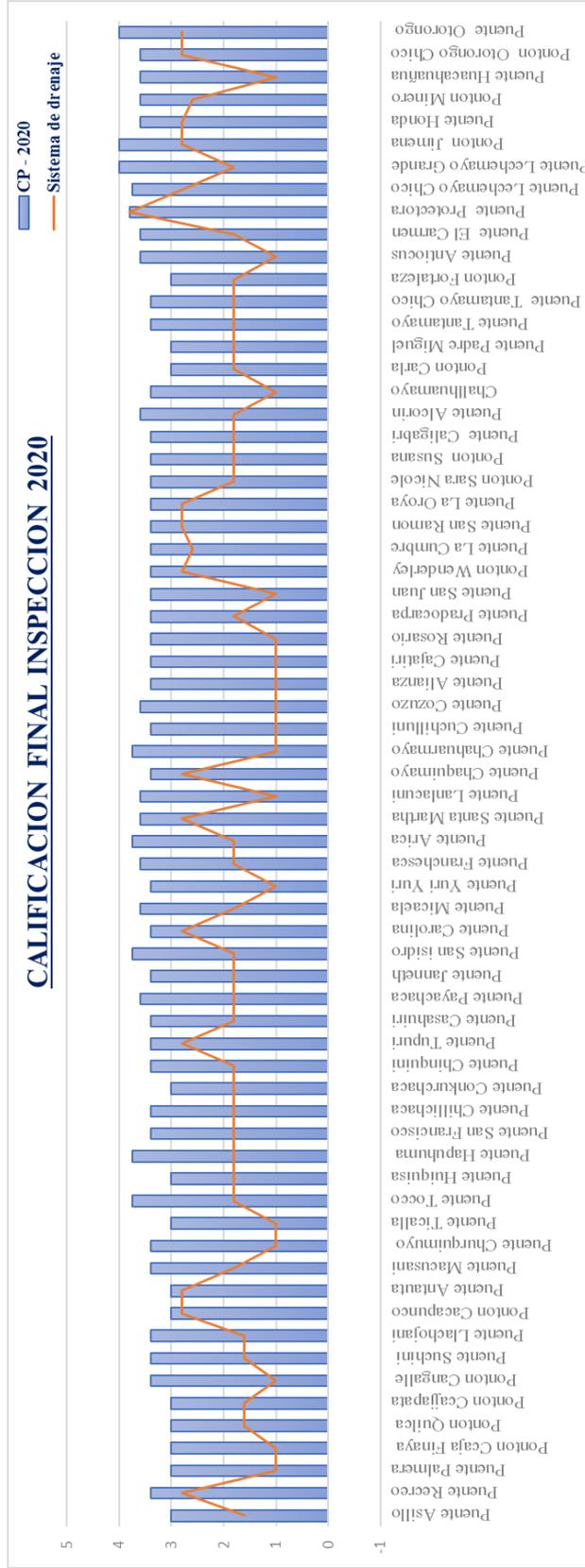


Figura 54. Sistema de drenaje – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 54, se observa que el rango de calificación del grupo de funcional del componente sistema de drenaje oscila entre 1.0 y 3.8 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado ‘seria’. Así mismo, se observa que el 46% del sistema de drenaje de los 67 puentes se encuentra en un estado ‘adecuada’ y el 25% se encuentra en un estado ‘deficiente’ en la inspección realizada en el año 2020.



Figura 55. Losa – inspección 2020.

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 55, se observa que el rango de calificación del grupo de superestructura del componente losa oscila entre 1.0 y 3 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado deficiente. Así mismo, se observa que el 37% de la losa de los 67 puentes se encuentra en un estado ‘satisfactoria’ y el 46% se encuentra en un estado ‘deficiente’ en la inspección realizada en el año 2020.

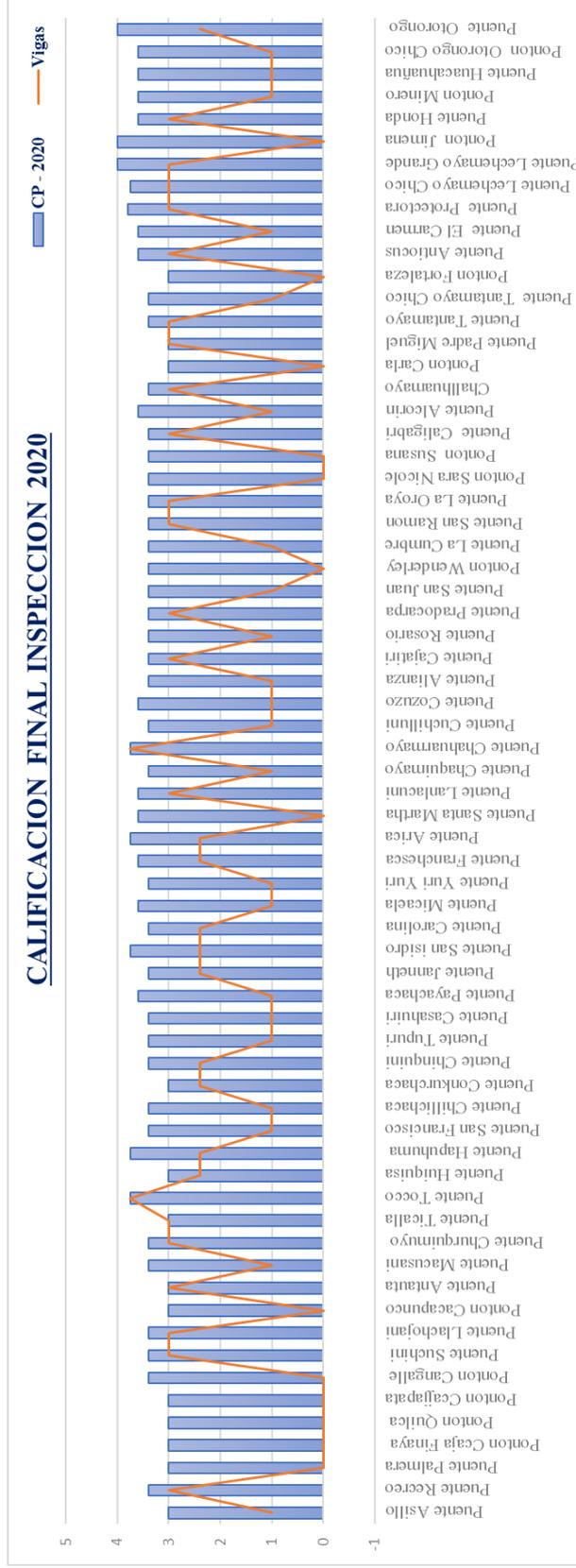


Figura 56. Viga – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 56, se observa que el rango de calificación del grupo de superestructura del componente viga oscila entre 1.0 y 3 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado ‘seria’. Así mismo, se observa que el 33% de la viga de los 67 puentes se encuentra en un estado ‘satisfactoria’ y el 45% se encuentra en un estado ‘deficiente’ en la inspección realizada en el año 2020. También se considera que el 20 % de los puentes no cuenta con viga.

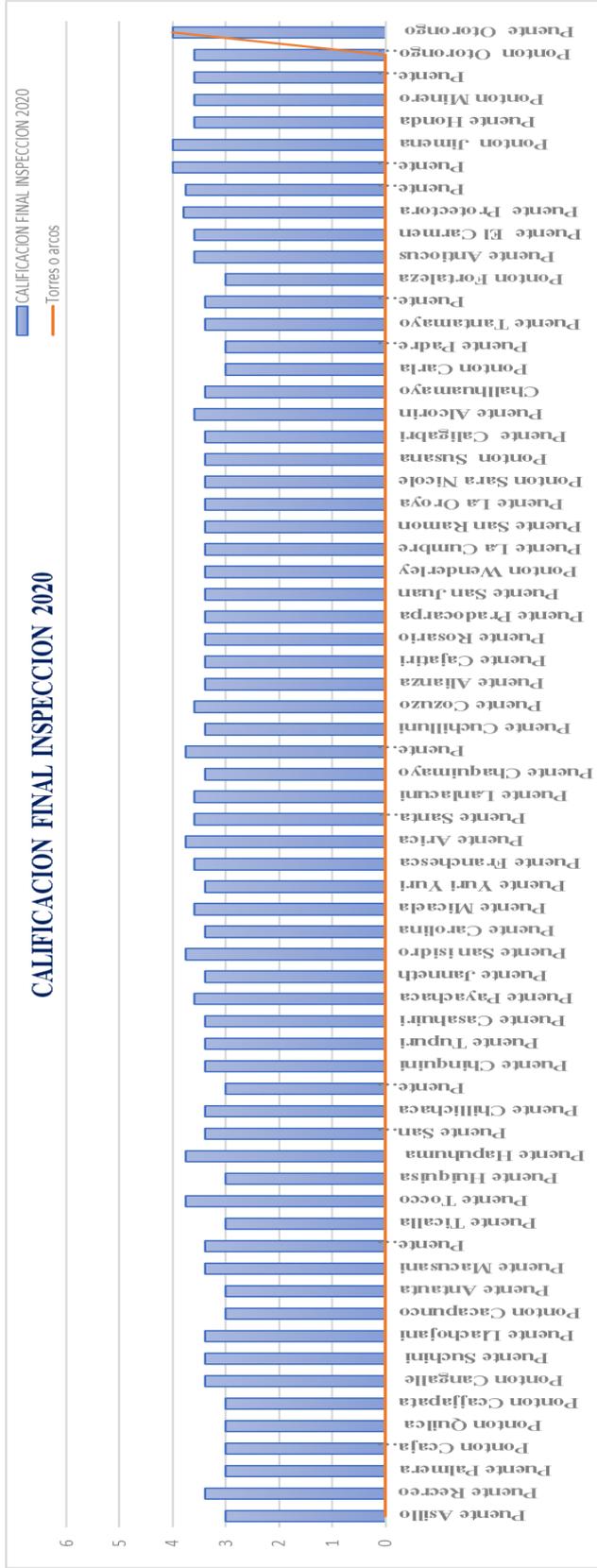


Figura 57. Torres o arcos – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 57 se observa que el rango de calificación del grupo de superestructura del componente torres o arcos es 4, lo que es un estado ‘seria’. El único puente que tiene el elemento cable es el Puente Otorongo el cual se encuentra en un estado ‘seria’ en la inspección 2020.

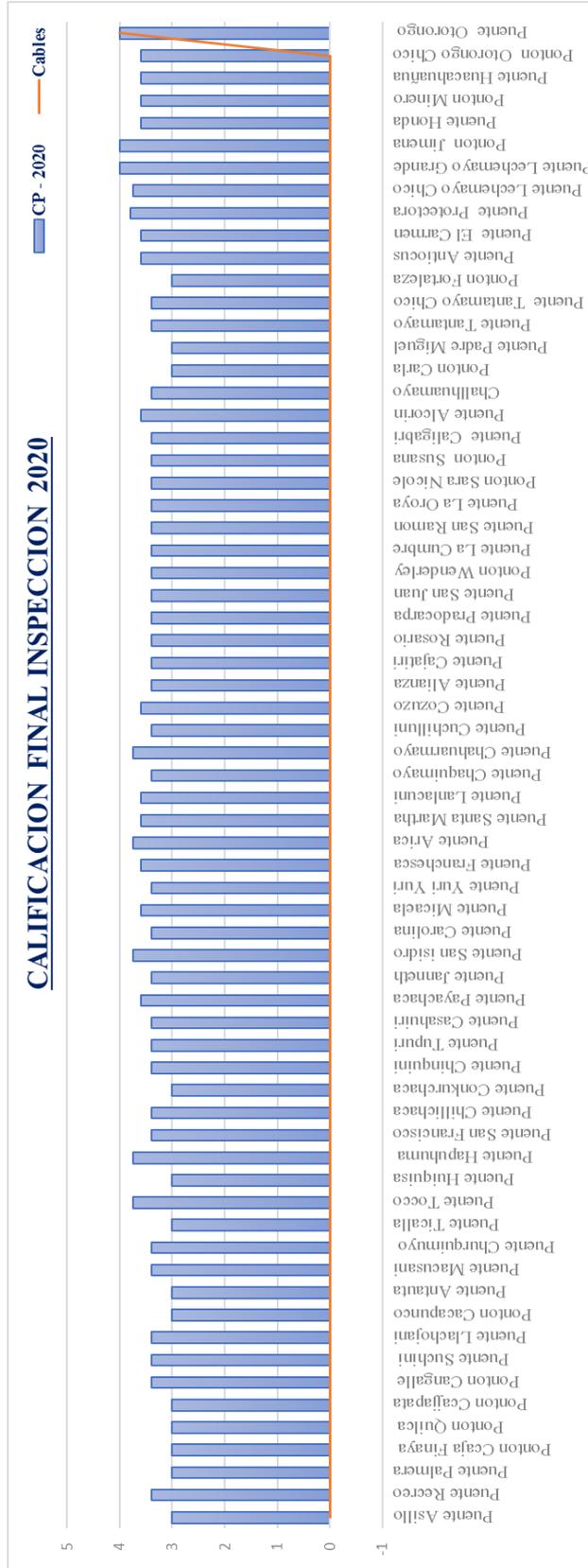


Figura 58. Cables – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 58, se observa que el rango de calificación del grupo de superestructura del componente cables es 4 lo que es un estado ‘seria’, el único puente que tiene el elemento cable es el Puente Otorongo el cual se encuentra en un estado ‘seria’ en la inspección 2020.

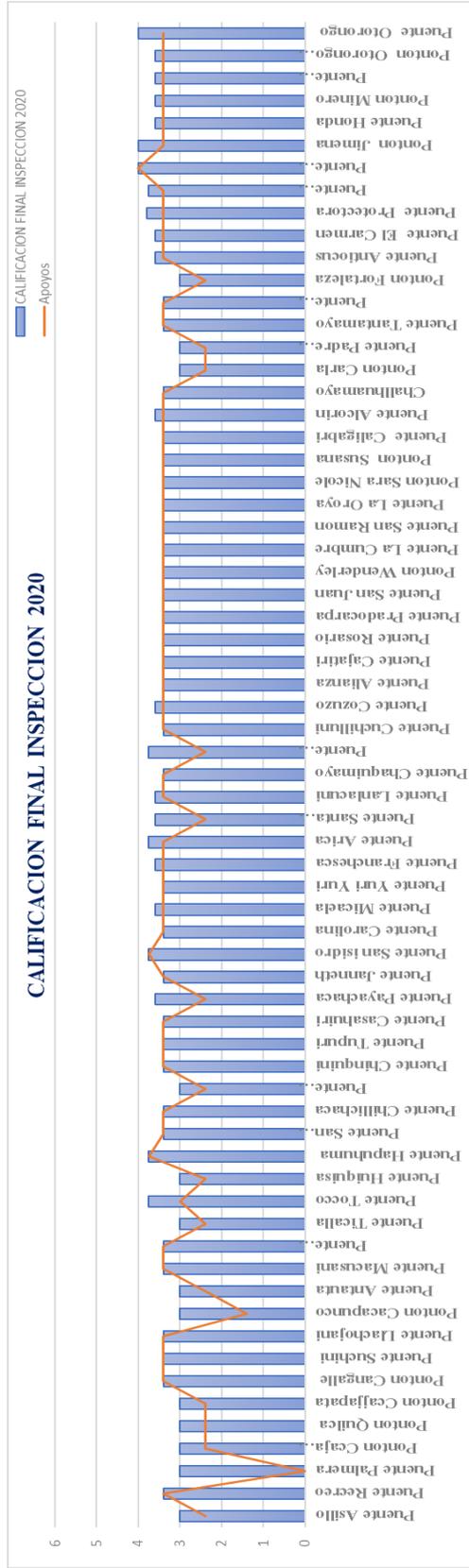


Figura 59. Apoyo – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 59, se observa que el rango de calificación del componente apoyo oscila entre 1.0 y 4 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado ‘deficiente’. Así mismo, se observa que el 22% de los apoyos de los 67 puentes se encuentra en un estado ‘adecuado’ y el 75% se encuentra en un estado ‘deficiente’ en la inspección realizada en el año 2020.

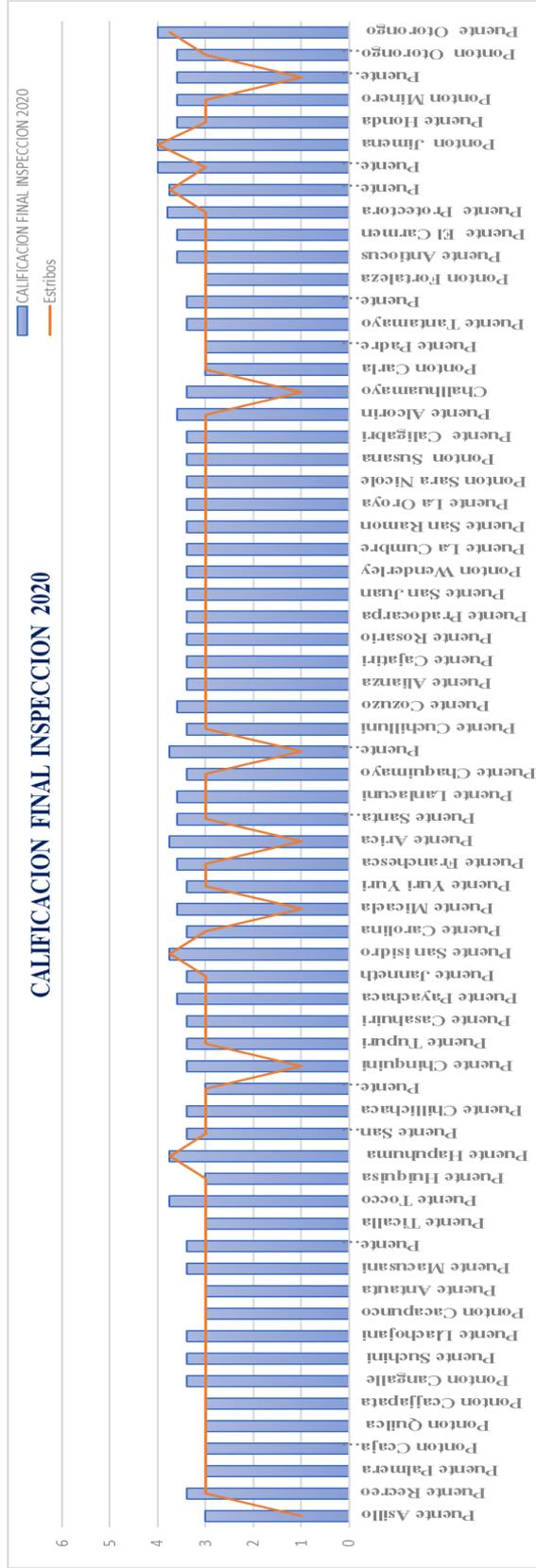


Figura 60. Estribos – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 60, se observa que el rango de calificación del grupo de subestructura del componente estribo oscila entre 1.0 y 4 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado ‘seria’. así mismo, se observa que el 11% de estribo de los 67 puentes se encuentra en un estado ‘satisfactoria’ y el 82% se encuentra en un estado ‘deficiente’ en la inspección realizada en el año 2020.

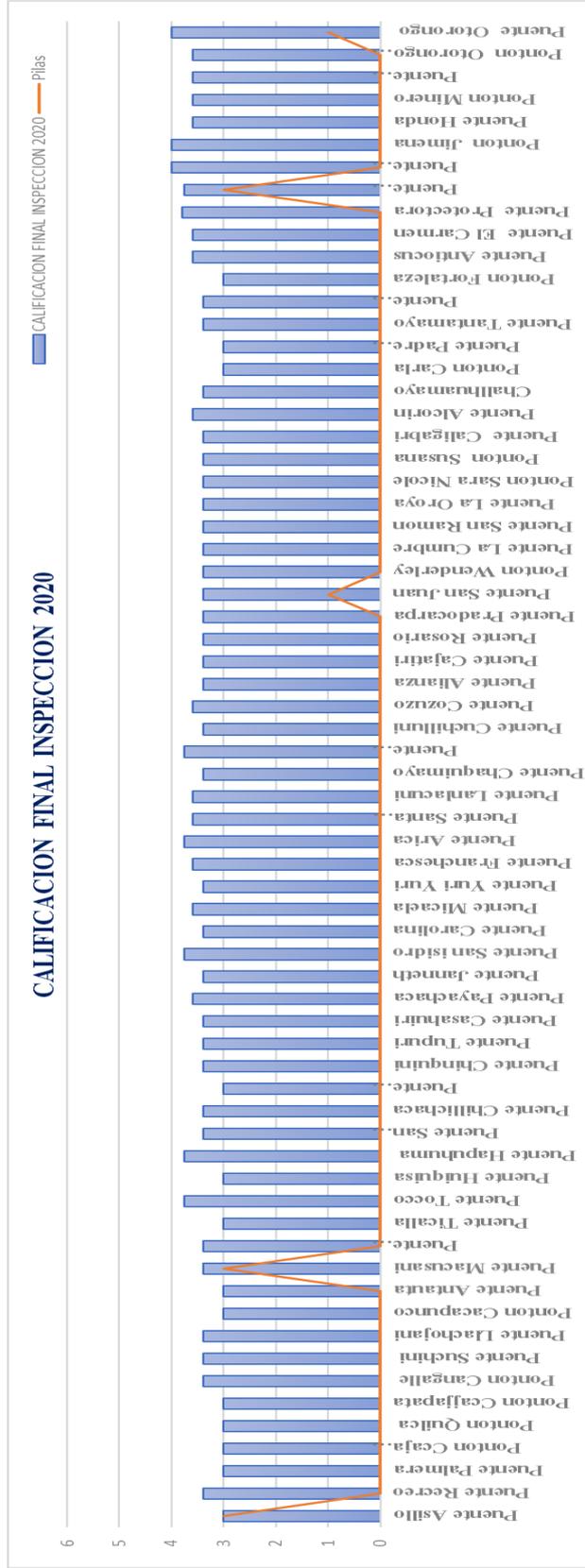


Figura 61. Pilar – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 61, se observa que el rango de calificación del grupo de subestructura del componente pilar oscila entre 1.0 y 3 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado ‘deficiente’. Así mismo, se observa que 5 de los 67 puentes cuentan con pilar los cuales se encuentran en un estado ‘deficiente’ en la inspección realizada en el año 2020.

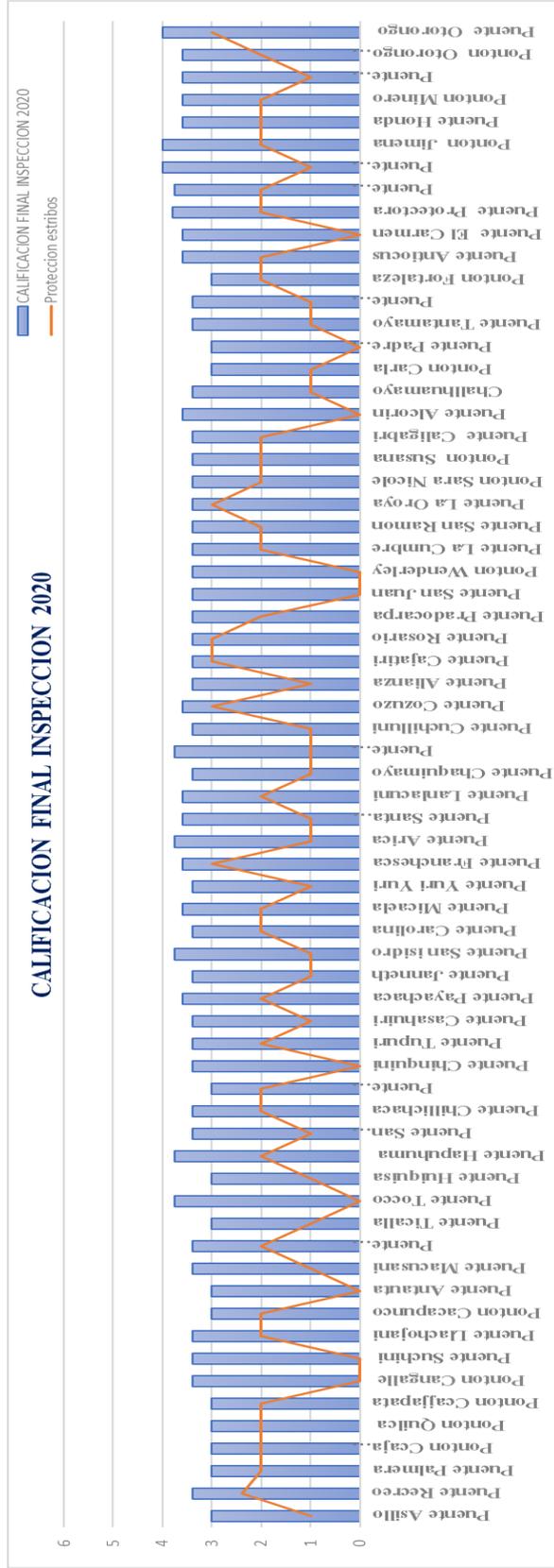


Figura 62. Protección de estribo – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 62, se observa que el rango de calificación del grupo de aspectos hidráulicos del componente protección estribo oscila entre 1.0 y 3 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado ‘deficiente’. Así mismo, se observa que el 31% de estribo de los 67 puentes se encuentra en un estado ‘deficiente’ y el 87% se encuentra en un estado ‘deficiente’ en la inspección realizada en el año 2020.

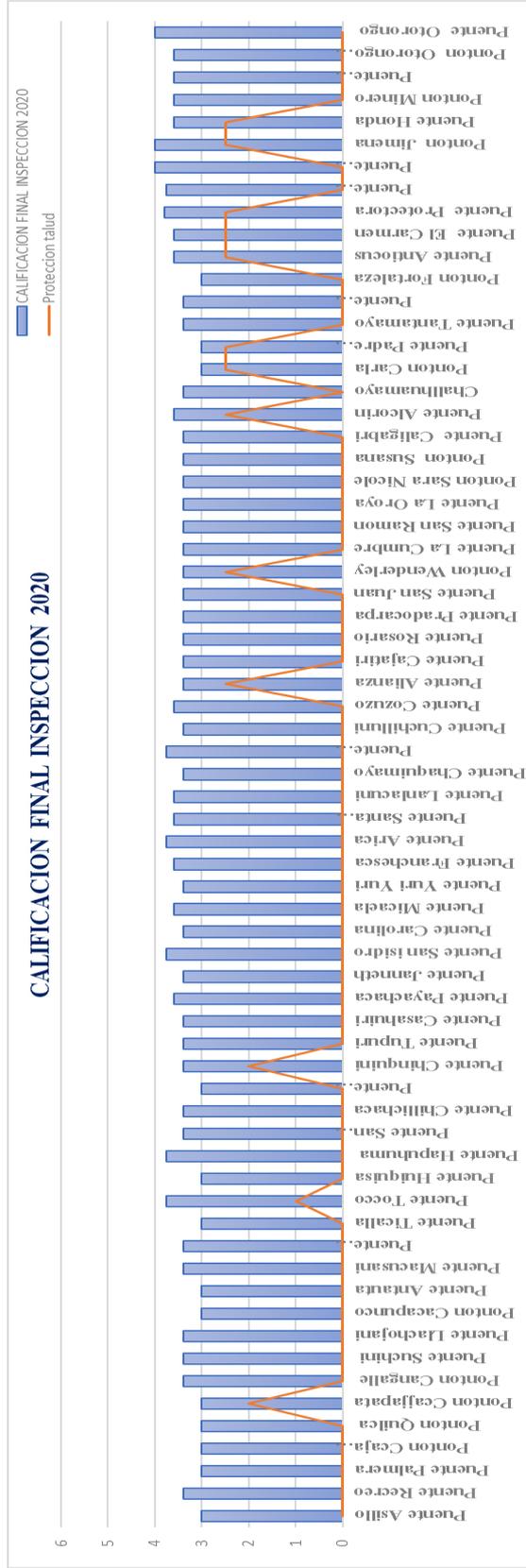


Figura 63. Protección talud – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 63, se observa que el rango de calificación del grupo de aspectos hidráulicos del componente protección de talud oscila entre 1.0 y 2.5 que se entiende de un estado ‘satisfactoria’ y como daño máximo a un estado ‘deficiente’. Así mismo se observa que el 20% cuenta con protección de talud de los cuales se encuentran en estado ‘deficiente’ en la inspección realizada en el año 2020.

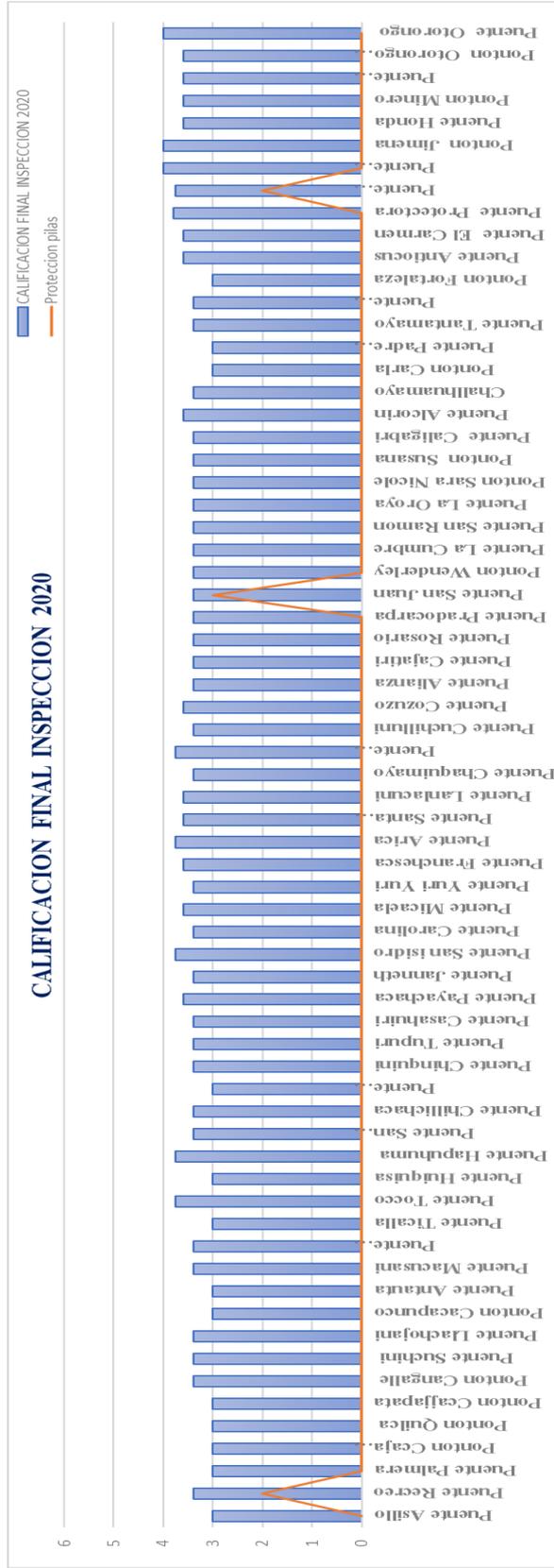


Figura 64. Protección pilar – inspección 2020

Fuente: elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura 64, se observa que el rango de calificación del grupo de aspectos hidráulicos del componente protección de pilar oscila entre 2.0 y 3.0 que se entiende de un estado bueno y como daño máximo a un estado ‘deficiente’. Así mismo, se observa que solo 3 puentes cuentan con protección de pilar el cual se encuentra en estado bueno en la inspección realizada en el año 2020.



4.1.2 Matrices de predicción

Luego de realizar las inspecciones de los 67 puentes y hallar su estado de condición, predijo la curva de deterioro de los componentes que conforman los puentes al año 2025, por lo tanto, el valor ' $t=5$ ', los resultados de esta predicción se muestran en la siguiente Tabla 22:

Tabla 22. Valores de predicción de deterioro al año 2025 de los 67 puentes.

N°	NOMBRE	GRUPO	INSPECCIÓN - 2020					PREDICCIÓN						
			SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
01	Puente Asillo	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.207	2.903	3.644	4.382	4.982	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.358	4.140	4.887	5.423	5.730	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.443	3.175	3.937	4.678	5.232	
		FUNCIONAL	Guardavías	A	1	0.80	-	1.00	1.498	2.087	2.765	3.495	4.232	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.790	2.046	2.375	2.745	3.121	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.60	-	1.00	1.159	1.327	1.517	1.745	2.010	
			Sistema de drenaje	A	1	0.60	1	1.60	1.790	2.046	2.375	2.745	3.121	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.059	1.119	1.179	1.241	1.304	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	-	1.00	1.059	1.119	1.179	1.241	1.304	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	1	2.40	2.537	2.685	2.851	3.031	3.220	
			Estribos	C	3	1.00	0	1.00	1.196	1.371	1.528	1.671	1.803	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas	C	3	1.00	1	3.00	3.092	3.191	3.300	3.418	3.545	
			Proteccion estribos	C	2	1.00	0	1.00	1.253	1.472	1.678	1.891	2.120	
			Proteccion talud											
			Proteccion pilas											
02	Puente Recreo	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	0	1.00	1.490	2.056	2.709	3.408	4.111	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.335	4.082	4.793	5.325	5.655	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.415	3.122	3.851	4.557	5.112	
		FUNCIONAL	Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.415	3.122	3.851	4.557	5.112	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.124	3.713	4.299	4.772	5.119	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.043	2.381	2.799	3.265	3.723	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.411	4.068	4.693	5.149	5.446	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.068	1.135	1.201	1.268	1.336	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.145	3.283	3.418	3.552	3.684	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	2	3.40	3.606	3.864	4.125	4.369	4.590	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.069	3.146	3.236	3.338	3.449	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos							2.1413	2.3398	2.5989	2.9123	3.2505
			Proteccion talud											
			Proteccion pilas	C	2	1.00	1	2.00	2.141	2.340	2.599	2.912	3.250	
03	Puente Palmera	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.187	2.862	3.577	4.284	4.877	
			Veredas	B	2	0.80	0	1.00	1.496	2.067	2.725	3.429	4.137	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.417	3.127	3.860	4.569	5.124	
		FUNCIONAL	Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.417	3.127	3.860	4.569	5.124	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	-	1.00	1.159	1.336	1.545	1.797	2.092	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.047	2.388	2.810	3.281	3.741	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.159	1.336	1.545	1.797	2.092	
			Losa	B	3	0.80	-	1.00	1.072	1.143	1.214	1.285	1.357	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas											
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	-							
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.061	3.130	3.210	3.302	3.402	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.143	2.342	2.601	2.915	3.254	
			Proteccion talud											
			Proteccion pilas											
04	Ponton Ccaja Finaya	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.183	2.841	3.548	4.245	4.830	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.317	4.069	4.774	5.302	5.634	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.536	4.298	4.987	5.457	5.729	
		FUNCIONAL	Guardavías	A	1	0.80	-	1.00	1.470	2.029	2.665	3.357	4.053	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.055	3.626	4.179	4.621	4.950	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.60	0	1.00	1.146	1.302	1.477	1.683	1.924	
			Sistema de drenaje	A	1	0.60	-	1.00	1.146	1.302	1.477	1.683	1.924	
			Losa	C	3	1.00	1	3.00	3.123	3.244	3.363	3.484	3.604	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas											
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	1	2.40	2.513	2.633	2.765	2.907	3.057	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.058	3.124	3.203	3.293	3.391	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.140	2.338	2.599	2.915	3.256	
			Proteccion talud											
			Proteccion pilas											
05	Ponton Quilca	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.189	2.872	3.597	4.318	4.916	
			Veredas	B	2	0.80	-	1.00	1.511	2.088	2.756	3.472	4.192	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.581	4.347	5.060	5.526	5.779	
		FUNCIONAL	Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.415	3.133	3.878	4.599	5.157	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.013	3.535	4.046	4.488	4.846	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.60	-	1.00	1.140	1.296	1.475	1.685	1.930	
			Sistema de drenaje	A	1	0.60	1	1.60	1.808	2.064	2.379	2.733	3.099	
			Losa	C	3	1.00	1	3.00	3.113	3.220	3.323	3.425	3.524	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas											
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	1	2.40	2.537	2.693	2.872	3.069	3.274	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.048	3.101	3.160	3.225	3.297	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.156	2.369	2.641	2.965	3.313	
			Proteccion talud											
			Proteccion pilas											



N°	NOMBRE	GRUPO	INSPECCIÓN - 2020					PREDICCIÓN						
			SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
06	Ponton Ccajjapa ta	SUPERESTRUCTURA	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.198	2.895	3.612	4.323	4.915	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.361	4.106	4.818	5.350	5.675	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.428	3.162	3.892	4.602	5.155	
			Guardavías	A	1	0.80	-	1.00	1.509	2.094	2.773	3.485	4.195	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.154	3.773	4.308	4.731	5.053	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.60	-	1.00	1.148	1.312	1.508	1.748	2.026	
			Sistema de drenaje	A	1	0.60	1	1.60	1.814	2.111	2.481	2.881	3.275	
			Losa	C	3	1.00	1	3.00	3.181	3.347	3.506	3.660	3.811	
			Vigas											
			Torres o arcos											
			Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	1	2.40	2.533	2.680	2.848	3.032	3.225	
			ESTRIBOS	C	3	1.00	1	3.00	3.032	3.069	3.111	3.160	3.214	
			Pilas											
			ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.112	2.277	2.494	2.756	3.041
Proteccion talud	C	2		1.00	1	2.00	2.112	2.277	2.494	2.756	3.041			
07	Ponton Cangalle	SUPERESTRUCTURA	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.199	2.868	3.574	4.270	4.858	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.318	4.056	4.753	5.284	5.622	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.427	3.124	3.846	4.541	5.093	
			Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.427	3.124	3.846	4.541	5.093	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.400	3.606	4.216	4.728	5.113	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	-	1.00	1.136	1.296	1.487	1.717	1.990	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.136	1.296	1.487	1.717	1.990	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.085	1.166	1.243	1.317	1.389	
			Vigas											
			Torres o arcos											
			Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	2	3.40	3.580	3.813	4.049	4.272	4.478	
			ESTRIBOS	C	3	1.00	1	3.00	3.040	3.086	3.139	3.201	3.268	
			Pilas											
			ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos										
Proteccion talud														
08	Puente Suchini	SUPERESTRUCTURA	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.183	2.853	3.563	4.269	4.862	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.332	4.081	4.794	5.326	5.656	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.414	3.118	3.848	4.556	5.112	
			Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.414	3.118	3.848	4.556	5.112	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.128	3.718	4.306	4.783	5.133	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.60	-	1.00	1.158	1.335	1.546	1.799	2.096	
			Sistema de drenaje	A	1	0.60	1	1.60	1.828	2.132	2.505	2.925	3.347	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.070	1.140	1.209	1.278	1.347	
			Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.144	3.281	3.415	3.548	3.679	
			Torres o arcos											
			Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	2	3.40	3.607	3.867	4.129	4.374	4.595	
			ESTRIBOS	C	3	1.00	1	3.00	3.067	3.143	3.232	3.332	3.440	
			Pilas											
			ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos										
Proteccion talud														
09	Puente Llachoja ni	SUPERESTRUCTURA	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.185	2.856	3.566	4.270	4.863	
			Veredas	B	2	0.80	-	1.00	1.498	2.068	2.722	3.422	4.126	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.562	4.311	5.008	5.481	5.749	
			Guardavías	A	1	0.80	0	1.00	1.498	2.068	2.722	3.422	4.126	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.822	2.119	2.484	2.896	3.312	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.60	-	1.00	1.156	1.329	1.534	1.781	2.071	
			Sistema de drenaje	A	1	0.60	1	1.60	1.822	2.119	2.484	2.896	3.312	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.497	2.594	2.692	2.792	2.893	
			Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.144	3.281	3.413	3.544	3.673	
			Torres o arcos											
			Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	2	3.40	3.609	3.871	4.134	4.380	4.602	
			ESTRIBOS	C	3	1.00	1	3.00	3.069	3.145	3.235	3.335	3.444	
			Pilas											
			ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.145	2.346	2.609	2.926	3.269
Proteccion talud														
10	Ponton Cacapun co	SUPERESTRUCTURA	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.182	2.852	3.562	4.268	4.862	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.333	4.081	4.794	5.327	5.656	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.412	3.116	3.846	4.554	5.112	
			Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.412	3.116	3.846	4.554	5.112	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.822	2.119	2.484	2.895	3.310	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	-	1.00	1.152	1.322	1.523	1.767	2.053	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.407	4.064	4.685	5.141	5.440	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.066	1.132	1.199	1.267	1.335	
			Vigas											
			Torres o arcos											
			Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	0	1.00	1.496	1.802	2.015	2.184	2.335	
			ESTRIBOS	C	3	1.00	1	3.00	3.069	3.146	3.236	3.338	3.448	
			Pilas											
			ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.141	2.337	2.594	2.904	3.240
Proteccion talud														
ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion pilas													



INSPECCIÓN - 2020								PREDICCIÓN						
N°	NOMBRE	GRUPO	SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
11	Puente Antauta	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.180	2.848	3.557	4.261	4.854	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.331	4.079	4.790	5.320	5.650	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.562	4.314	5.011	5.483	5.749	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.562	4.314	5.011	5.483	5.749	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.826	2.128	2.499	2.917	3.338	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	-	1.00	1.156	1.330	1.537	1.787	2.080	
		FUNCIONAL	Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.407	4.066	4.692	5.151	5.450	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.499	2.598	2.698	2.801	2.905	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.145	3.282	3.417	3.550	3.682	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	1	2.40	2.531	2.672	2.830	3.000	3.180	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.059	3.126	3.205	3.294	3.392	
			Pilas											
12	Puente Macusani	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	2	2.60	3.338	4.088	4.798	5.328	5.656	
			Veredas	B	2	0.80	0	1.00	1.490	2.057	2.712	3.413	4.117	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.416	3.125	3.856	4.562	5.116	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.568	4.320	5.017	5.487	5.753	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.127	3.719	4.307	4.782	5.131	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	-	1.00	1.160	1.338	1.549	1.804	2.102	
		FUNCIONAL	Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.050	2.395	2.822	3.296	3.759	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.496	2.592	2.690	2.789	2.889	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	-	1.00	1.068	1.136	1.204	1.273	1.341	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	2	3.40	3.603	3.859	4.117	4.358	4.577	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.059	3.127	3.206	3.296	3.395	
			Pilas	C	3	1.00	1	3.00	3.059	3.127	3.206	3.296	3.395	
ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	-	1.00	1.248	1.471	1.688	1.918	2.170			
	Proteccion talud													
13	Puente Churqui muyo	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.185	2.856	3.564	4.267	4.859	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.333	4.078	4.787	5.319	5.650	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.415	3.120	3.848	4.552	5.107	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.562	4.309	5.006	5.479	5.748	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.127	3.717	4.306	4.782	5.133	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.050	2.396	2.823	3.297	3.759	
		FUNCIONAL	Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.152	1.324	1.528	1.775	2.065	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.072	1.143	1.214	1.286	1.359	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.147	3.285	3.420	3.553	3.685	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	2	3.40	3.607	3.867	4.129	4.373	4.593	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.067	3.143	3.232	3.331	3.440	
			Pilas											
ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.139	2.335	2.590	2.901	3.236			
	Proteccion talud													
14	Puente Ticalla	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.184	2.854	3.563	4.266	4.859	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.330	4.076	4.785	5.317	5.648	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.413	3.116	3.844	4.549	5.105	
			Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.413	3.116	3.844	4.549	5.105	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.821	2.118	2.483	2.895	3.310	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.044	2.383	2.803	3.272	3.730	
		FUNCIONAL	Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.151	1.320	1.522	1.764	2.050	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.499	2.598	2.698	2.800	2.904	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.144	3.281	3.415	3.548	3.680	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	1	2.40	2.736	2.885	3.057	3.245	3.440	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.059	3.126	3.205	3.294	3.392	
			Pilas											
ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	-	1.00	1.243	1.462	1.677	1.903	2.151			
	Proteccion talud													
15	Puente Tocco	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.185	2.858	3.570	4.277	4.871	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.335	4.085	4.799	5.332	5.660	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	0	1.00	1.493	2.062	2.716	3.418	4.124	
			Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.416	3.123	3.855	4.564	5.120	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.825	2.125	2.494	2.909	3.329	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.047	2.388	2.810	3.280	3.740	
		FUNCIONAL	Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.047	2.388	2.810	3.280	3.740	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.073	1.145	1.217	1.288	1.360	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.25	1	3.75	3.861	3.984	4.113	4.242	4.370	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos											
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.063	3.134	3.217	3.311	3.414	
			Pilas											
ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos							1.247	1.468	1.682	1.906	2.152		
	Proteccion talud	C	2	1.00	0	1.00	1.247	1.468	1.682	1.906	2.152			
ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion pilas													



INSPECCIÓN - 2020								PREDICCIÓN						
N°	NOMBRE	GRUPO	SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
16	Puente Huiquisa	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.197	2.893	3.625	4.335	4.916	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.364	4.136	4.846	5.363	5.677	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.434	3.169	3.922	4.628	5.166	
			Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.434	3.169	3.922	4.628	5.166	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.858	2.192	2.596	3.041	3.482	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.082	2.459	2.917	3.411	3.886	
		FUNCIONAL	Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.082	2.459	2.917	3.411	3.886	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.482	2.565	2.651	2.739	2.829	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.095	3.192	3.292	3.395	3.500	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	1	2.40	2.503	2.614	2.738	2.872	3.014	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.082	3.172	3.276	3.392	3.517	
			Pilas											
17	Puente Hapuhuma	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.179	2.846	3.555	4.260	4.854	
			Veredas	B	2	0.80	-	1.00	1.490	2.053	2.701	3.398	4.102	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.408	3.111	3.840	4.548	5.105	
			Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.408	3.111	3.840	4.548	5.105	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.824	2.124	2.492	2.906	3.323	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.048	2.391	2.815	3.286	3.746	
		FUNCIONAL	Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.048	2.391	2.815	3.286	3.746	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.498	2.597	2.697	2.798	2.902	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	-	1.00	1.074	1.148	1.222	1.296	1.370	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	1.25	1	3.75						
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos							3.911	4.125	4.340	4.537	4.709
			Pilas											
18	Puente San Francisco	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.183	2.854	3.564	4.268	4.861	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.333	4.080	4.789	5.320	5.650	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.564	4.314	5.010	5.482	5.749	
			Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.412	3.117	3.845	4.551	5.107	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.827	2.129	2.499	2.917	3.337	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.050	2.394	2.818	3.291	3.753	
		FUNCIONAL	Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.050	2.394	2.818	3.291	3.753	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.070	1.139	1.209	1.279	1.350	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.25	-	1.00	1.070	1.139	1.209	1.279	1.350	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	2	3.40	3.608	3.868	4.131	4.376	4.598	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.059	3.127	3.206	3.295	3.393	
			Pilas											
19	Puente Chillichaca	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	2	2.60	3.334	4.101	4.834	5.364	5.681	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.334	4.101	4.834	5.364	5.681	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.575	4.353	5.073	5.536	5.784	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.575	4.353	5.073	5.536	5.784	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.129	3.762	4.311	4.731	5.041	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.008	2.310	2.705	3.138	3.560	
		FUNCIONAL	Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.152	1.314	1.503	1.730	1.997	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.070	1.139	1.208	1.277	1.347	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.070	1.139	1.208	1.277	1.347	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	B	3	0.80	2	3.40	3.590	3.848	4.099	4.326	4.528	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.093	3.197	3.317	3.450	3.593	
			Pilas											
20	Puente Conkurcacha	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.184	2.858	3.570	4.278	4.871	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.338	4.089	4.802	5.334	5.661	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.415	3.125	3.857	4.566	5.121	
			Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.415	3.125	3.857	4.566	5.121	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.825	2.127	2.496	2.913	3.332	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.049	2.394	2.818	3.291	3.753	
		FUNCIONAL	Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.049	2.394	2.818	3.291	3.753	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.496	2.592	2.690	2.789	2.890	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.065	1.131	1.197	1.263	1.330	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	1	2.40	3.610	3.873	4.138	4.385	4.608	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.069	3.146	3.235	3.337	3.447	
			Pilas											
ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.141	2.339	2.597	2.911	3.249			
	Proteccion talud													
ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion pilas													



N°	NOMBRE	GRUPO	INSPECCIÓN - 2020					PREDICCIÓN						
			SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
21	Puente Chinquini	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.180	2.848	3.556	4.261	4.854	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.330	4.078	4.789	5.321	5.651	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.410	3.111	3.840	4.547	5.103	
		FUNCIONAL	Guardavias	A	1	0.80	1	1.80	2.410	3.111	3.840	4.547	5.103	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.822	2.118	2.482	2.893	3.308	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.045	2.383	2.801	3.267	3.724	
		SUPERESTRUCTURA	Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.045	2.383	2.801	3.267	3.724	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.498	2.597	2.696	2.798	2.901	
			Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.147	3.286	3.422	3.556	3.689	
		SUBESTRUCTURA	Torres o arcos											
			Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.608	3.869	4.131	4.376	4.598	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	0	1.00	1.149	1.286	1.413	1.532	1.644	
			Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.144	2.345	2.608	2.926	3.268	
22	Puente Tupuri	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.184	2.853	3.564	4.269	4.861	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.330	4.079	4.790	5.321	5.651	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.413	3.116	3.846	4.552	5.108	
		FUNCIONAL	Guardavias	A	1	0.80	1	1.80	2.413	3.116	3.846	4.552	5.108	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.826	2.127	2.498	2.915	3.336	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	2	2.80	3.409	4.068	4.694	5.152	5.450	
		SUPERESTRUCTURA	Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.049	2.393	2.817	3.291	3.753	
			Losa	B	3	0.80	-	1.00	1.070	1.140	1.209	1.279	1.350	
			Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.148	3.287	3.423	3.557	3.689	
		SUBESTRUCTURA	Torres o arcos											
			Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.607	3.868	4.130	4.375	4.596	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.067	3.143	3.232	3.332	3.441	
			Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.142	2.342	2.602	2.917	3.257	
23	Puente Casahuiri	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	2	2.60	3.332	4.078	4.790	5.323	5.654	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.332	4.078	4.790	5.323	5.654	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.414	3.118	3.845	4.552	5.109	
		FUNCIONAL	Guardavias	A	1	0.80	-	1.00	1.492	2.059	2.710	3.408	4.112	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.123	3.712	4.301	4.776	5.126	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.048	2.391	2.814	3.286	3.748	
		SUPERESTRUCTURA	Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.158	1.333	1.542	1.793	2.088	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.069	1.138	1.207	1.277	1.346	
			Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.145	3.283	3.416	3.548	3.678	
		SUBESTRUCTURA	Torres o arcos											
			Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.609	3.871	4.134	4.381	4.603	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.061	3.130	3.212	3.304	3.404	
			Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	-	1.00	1.247	1.468	1.683	1.909	2.157	
24	Puente Payachaca	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.182	2.859	3.591	4.325	4.929	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.402	5.145	5.624	5.853	5.946	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.410	3.123	3.879	4.618	5.180	
		FUNCIONAL	Guardavias	A	1	0.80	1	1.80	2.410	3.123	3.879	4.618	5.180	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.777	2.030	2.359	2.742	3.124	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	1.997	2.292	2.679	3.127	3.561	
		SUPERESTRUCTURA	Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.117	1.247	1.400	1.588	1.814	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.060	1.121	1.183	1.247	1.312	
			Vigas	C	3	1.00	-	1.00	1.060	1.121	1.183	1.247	1.312	
		SUBESTRUCTURA	Torres o arcos											
			Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	1	2.40	2.532	2.671	2.822	2.983	3.152	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.093	3.193	3.307	3.434	3.570	
			Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.146	2.351	2.618	2.944	3.294	
25	Puente Janneth	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.195	2.884	3.598	4.297	4.882	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.356	4.102	4.803	5.329	5.656	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.430	3.158	3.886	4.584	5.130	
		FUNCIONAL	Guardavias	A	1	0.80	1	1.80	2.430	3.158	3.886	4.584	5.130	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.127	3.732	4.341	4.831	5.187	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.067	2.429	2.875	3.370	3.848	
		SUPERESTRUCTURA	Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.067	2.429	2.875	3.370	3.848	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.495	2.592	2.692	2.795	2.901	
			Vigas	C	3	1.00	-	1.00	1.069	1.137	1.206	1.274	1.343	
		SUBESTRUCTURA	Torres o arcos											
			Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.667	4.012	4.342	4.634	4.882	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.080	3.173	3.284	3.410	3.547	
			Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	0	1.00	1.251	1.471	1.683	1.904	2.144	



INSPECCIÓN - 2020								PREDICCIÓN						
N°	NOMBRE	GRUPO	SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
26	Puente San isidro	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.212	2.901	3.637	4.370	4.972	
			Veredas	B	2	0.80	-	1.00	1.525	2.126	2.804	3.533	4.265	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.442	3.159	3.914	4.649	5.207	
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.561	4.341	5.070	5.542	5.793	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.870	2.241	2.696	3.172	3.617	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.112	2.548	3.081	3.623	4.108	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.112	2.548	3.081	3.623	4.108	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.532	2.665	2.800	2.938	3.079	
		SUPERRESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.103	1.206	1.309	1.413	1.519	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	1.25	1	3.75						
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.890	4.081	4.277	4.459	4.622	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	-	1.00	1.301	1.546	1.767	1.987	2.222	
27	Puente Carolina	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.190	2.877	3.589	4.286	4.870	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.354	4.096	4.791	5.314	5.642	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.588	4.324	5.004	5.470	5.739	
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.588	4.324	5.004	5.470	5.739	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.094	3.648	4.246	4.729	5.078	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	2	2.80	3.378	4.001	4.656	5.134	5.435	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.378	4.001	4.656	5.134	5.435	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.533	2.664	2.795	2.926	3.058	
		SUPERRESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.069	1.139	1.211	1.286	1.364	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.594	3.822	4.057	4.285	4.499	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.058	3.127	3.211	3.307	3.413	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.161	2.383	2.667	3.012	3.382	
28	Puente Micaela	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.188	2.865	3.582	4.292	4.886	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.369	5.077	5.557	5.808	5.922	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.418	3.130	3.865	4.577	5.132	
			Guardavias	A	1	0.80	1	1.80	2.418	3.130	3.865	4.577	5.132	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.829	2.135	2.511	2.934	3.359	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.052	2.401	2.831	3.310	3.777	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.414	4.077	4.706	5.163	5.460	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.075	1.150	1.224	1.299	1.375	
		SUPERRESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.075	1.150	1.224	1.299	1.375	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.611	3.876	4.142	4.390	4.614	
			Estribos	C	3	1.00	0	1.00	1.149	1.288	1.417	1.539	1.655	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.148	2.355	2.625	2.951	3.301	
29	Puente Yuri Yuri	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.184	2.854	3.563	4.267	4.860	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.332	4.079	4.789	5.321	5.652	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.561	4.311	5.009	5.482	5.750	
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.561	4.311	5.009	5.482	5.750	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.826	2.130	2.502	2.921	3.341	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	0	1.00	1.154	1.326	1.532	1.780	2.072	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.051	2.398	2.826	3.301	3.764	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.073	1.146	1.218	1.289	1.361	
		SUPERRESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.146	3.284	3.418	3.549	3.679	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.607	3.866	4.127	4.371	4.591	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.066	3.141	3.229	3.328	3.437	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	-	1.00	1.247	1.468	1.682	1.906	2.151	
30	Puente Franchescaca	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.185	2.867	3.586	4.298	4.893	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.373	5.079	5.560	5.811	5.924	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.585	4.339	5.039	5.505	5.763	
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.585	4.339	5.039	5.505	5.763	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.086	3.659	4.280	4.779	5.135	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.048	2.378	2.788	3.264	3.738	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.048	2.378	2.788	3.264	3.738	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.500	2.600	2.700	2.801	2.904	
		SUPERRESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.107	3.212	3.317	3.424	3.532	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.590	3.845	4.095	4.324	4.528	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.089	3.186	3.298	3.422	3.555	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	2	3.00	3.564	4.226	4.868	5.341	5.640	



INSPECCIÓN - 2020								PREDICCIÓN						
N°	NOMBRE	GRUPO	SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
31	Puente Arica	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	2	2.60	3.334	4.082	4.792	5.323	5.653	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.363	5.065	5.545	5.800	5.918	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.565	4.315	5.013	5.485	5.751	
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.565	4.315	5.013	5.485	5.751	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.124	3.713	4.299	4.774	5.123	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.047	2.389	2.811	3.281	3.741	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.408	4.066	4.689	5.146	5.445	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.494	2.589	2.685	2.782	2.882	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.25	1	3.75	3.856	3.974	4.098	4.224	4.348	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.605	3.864	4.124	4.366	4.585	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	0	1.00	1.146	1.282	1.409	1.529	1.643	
			Pilas											
		32	Puente Santa Martha	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.183	2.855	3.564	4.268
Veredas	B				2	0.80	2	3.60	4.361	5.063	5.543	5.799	5.917	
Parapetos y barandas	A				1	0.80	1	1.80	2.414	3.120	3.848	4.554	5.110	
Guardavias	A				1	0.80	2	2.80	3.564	4.312	5.011	5.484	5.751	
Juntas de expansion	A				1	0.60	2	2.60	3.124	3.713	4.299	4.772	5.121	
FUNCIONAL	Carpeta de rodadura			A	1	0.80	1	1.80	2.047	2.388	2.810	3.280	3.740	
	Sistema de drenaje			A	1	0.80	2	2.80	3.409	4.067	4.689	5.146	5.444	
	Losa			B	3	1.00	1	3.00	3.145	3.282	3.415	3.547	3.678	
SUPERESTRUCTURA	Vigas													
	Torres o arcos													
SUBESTRUCTURA	Cables													
	Apoyos			C	3	0.80	1	2.40	2.527	2.665	2.819	2.987	3.164	
ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos			C	3	1.00	1	3.00	3.069	3.146	3.237	3.339	3.450	
	Pilas													
33	Puente Lanlacuni			SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.182	2.850	3.560	4.266
		Veredas	B		2	0.80	2	3.60	4.366	5.069	5.548	5.801	5.918	
		Parapetos y barandas	A		1	0.80	2	2.80	3.561	4.315	5.014	5.485	5.752	
		Guardavias	A		1	0.80	2	2.80	3.561	4.315	5.014	5.485	5.752	
		Juntas de expansion	A		1	0.60	2	2.60	3.126	3.719	4.309	4.784	5.134	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.051	2.399	2.827	3.303	3.768	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.159	1.335	1.546	1.800	2.098	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.498	2.595	2.694	2.794	2.896	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.149	3.290	3.426	3.561	3.693	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.605	3.863	4.122	4.366	4.586	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.063	3.133	3.216	3.309	3.411	
			Pilas											
		34	Puente Chaquimayo	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.179	2.849	3.559	4.264
Veredas	B				2	0.80	1	2.60	3.334	4.084	4.795	5.325	5.653	
Parapetos y barandas	A				1	0.80	-	1.00	1.491	2.054	2.704	3.403	4.107	
Guardavias	A				1	0.80	1	1.80	2.409	3.113	3.844	4.551	5.106	
Juntas de expansion	A				1	0.60	1	1.60	1.825	2.125	2.493	2.907	3.326	
FUNCIONAL	Carpeta de rodadura			A	1	0.80	1	1.80	2.048	2.391	2.813	3.284	3.744	
	Sistema de drenaje			A	1	0.80	2	2.80	3.407	4.062	4.685	5.144	5.444	
	Losa			B	3	0.80	0	1.00	1.068	1.136	1.204	1.272	1.340	
SUPERESTRUCTURA	Vigas			C	3	1.00	0	1.00	1.068	1.136	1.204	1.272	1.340	
	Torres o arcos													
SUBESTRUCTURA	Cables													
	Apoyos			C	3	0.80	2	3.40	3.605	3.863	4.123	4.365	4.584	
ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos			C	3	1.00	1	3.00	3.059	3.127	3.206	3.296	3.395	
	Pilas													
35	Puente Chahuar mayo			SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	0	1.00	1.495	2.065	2.721	3.424
		Veredas	B		2	0.80	1	2.60	3.337	4.089	4.800	5.330	5.658	
		Parapetos y barandas	A		1	0.80	1	1.80	2.416	3.125	3.858	4.566	5.120	
		Guardavias	A		1	0.80	-	1.00	1.495	2.065	2.721	3.424	4.130	
		Juntas de expansion	A		1	0.60	1	1.60	1.823	2.121	2.488	2.902	3.320	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	-	1.00	1.159	1.335	1.544	1.795	2.088	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.159	1.335	1.544	1.795	2.088	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.070	1.140	1.211	1.281	1.352	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.25	1	3.75	3.858	3.978	4.104	4.231	4.356	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	1	2.40	2.533	2.676	2.836	3.010	3.193	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	0	1.00	1.145	1.278	1.403	1.520	1.630	
			Pilas											
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	-	1.00	1.243	1.462	1.676	1.902	2.149	
Proteccion talud														
Proteccion pilas														



INSPECCIÓN - 2020									PREDICCIÓN					
N*	NOMBRE	GRUPO	SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
36	Puente Cuchilluni	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.188	2.865	3.582	4.292	4.886	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.339	4.092	4.808	5.340	5.666	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.569	4.325	5.029	5.499	5.762	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.569	4.325	5.029	5.499	5.762	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.129	3.725	4.317	4.794	5.143	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.052	2.401	2.831	3.310	3.777	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.160	1.338	1.551	1.807	2.108	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.075	1.150	1.224	1.299	1.375	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.075	1.150	1.224	1.299	1.375	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.611	3.876	4.142	4.390	4.614	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.069	3.147	3.238	3.341	3.453	
			Pilas											
					Proteccion estribos	C	2	1.00	-	1.00	1.249	1.473	1.693	1.925
Proteccion talud														
			Proteccion pilas											
37	Puente Cozuzo	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.184	2.855	3.566	4.272	4.866	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.364	5.069	5.548	5.802	5.919	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.561	4.314	5.014	5.487	5.753	
			Guardavías	A	1	0.80	-	1.00	1.494	2.062	2.715	3.416	4.121	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.824	2.125	2.494	2.910	3.329	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	-	1.00	1.155	1.328	1.534	1.782	2.073	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.155	1.328	1.534	1.782	2.073	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.495	2.591	2.688	2.787	2.889	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.070	1.140	1.210	1.281	1.352	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.609	3.871	4.135	4.382	4.604	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.061	3.130	3.211	3.304	3.405	
			Pilas											
					Proteccion estribos	C	2	1.00	2	3.00	3.547	4.175	4.821	5.311
Proteccion talud														
			Proteccion pilas											
38	Puente Alianza	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.170	2.837	3.558	4.285	4.890	
			Veredas	B	2	0.80	0	1.00	1.478	2.029	2.673	3.378	4.101	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.576	4.354	5.090	5.557	5.801	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.576	4.354	5.090	5.557	5.801	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.796	2.038	2.331	2.664	3.014	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.015	2.288	2.621	2.998	3.388	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.138	1.290	1.462	1.662	1.893	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.082	1.165	1.247	1.329	1.411	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.082	1.165	1.247	1.329	1.411	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.635	3.918	4.204	4.473	4.715	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.078	3.164	3.262	3.370	3.488	
			Pilas											
					Proteccion estribos	C	2	1.00	0	1.00	1.263	1.501	1.736	1.986
Proteccion talud	C				2	1.25	1	2.50	2.849	3.263	3.726	4.147	4.497	
			Proteccion pilas											
39	Puente Cajatiri	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.181	2.849	3.557	4.261	4.855	
			Veredas	B	2	0.80	-	1.00	1.491	2.056	2.705	3.402	4.105	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.411	3.114	3.841	4.547	5.104	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.560	4.309	5.009	5.483	5.751	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.825	2.126	2.494	2.909	3.328	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.047	2.389	2.810	3.280	3.741	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.159	1.335	1.545	1.796	2.091	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.071	1.142	1.213	1.283	1.354	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.140	3.274	3.406	3.537	3.667	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.607	3.866	4.127	4.371	4.591	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.060	3.128	3.208	3.300	3.399	
			Pilas											
					Proteccion estribos	C	2	1.00	2	3.00	3.547	4.173	4.818	5.308
Proteccion talud														
			Proteccion pilas											
40	Puente Rosario	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	-	1.00	1.493	2.060	2.714	3.414	4.118	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.335	4.083	4.793	5.323	5.653	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.415	3.122	3.851	4.557	5.111	
			Guardavías	A	1	0.80	1	1.80	2.415	3.122	3.851	4.557	5.111	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.820	2.115	2.479	2.890	3.304	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.043	2.381	2.799	3.266	3.723	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.151	1.320	1.521	1.762	2.047	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.494	2.588	2.684	2.782	2.882	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.066	1.132	1.198	1.264	1.331	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.608	3.869	4.132	4.378	4.600	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.067	3.143	3.232	3.332	3.440	
			Pilas											
					Proteccion estribos	C	2	1.00	2	3.00	3.543	4.166	4.807	5.296
Proteccion talud														
			Proteccion pilas											



INSPECCIÓN - 2020								PREDICCIÓN						
N°	NOMBRE	GRUPO	SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
41	Puente Pradocarpa	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	2	2.60	3.333	4.080	4.790	5.322	5.652	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.333	4.080	4.790	5.322	5.652	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.416	3.122	3.851	4.557	5.112	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.562	4.312	5.009	5.482	5.750	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.825	2.127	2.498	2.915	3.334	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	0	1.00	1.151	1.321	1.524	1.769	2.057	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.050	2.396	2.823	3.297	3.760	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.499	2.598	2.699	2.801	2.905	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.146	3.284	3.419	3.552	3.684	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.607	3.868	4.130	4.374	4.595	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.060	3.129	3.209	3.301	3.401	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.144	2.346	2.609	2.928	3.270	
42	Puente San Juan	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	2	2.60	3.333	4.084	4.798	5.330	5.658	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.333	4.084	4.798	5.330	5.658	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.564	4.319	5.020	5.492	5.756	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.564	4.319	5.020	5.492	5.756	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.126	3.716	4.304	4.779	5.128	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	2	2.80	3.411	4.069	4.694	5.151	5.449	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.154	1.326	1.532	1.779	2.069	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.492	2.585	2.679	2.775	2.872	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.071	1.142	1.212	1.282	1.352	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.603	3.859	4.117	4.358	4.576	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.067	3.141	3.228	3.326	3.433	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas	C	3	1.00	0	1.00	1.140	1.271	1.394	1.510	1.621	
			Proteccion estribos											
43	Ponton Wenderley	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.185	2.860	3.574	4.282	4.875	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.337	4.090	4.805	5.336	5.662	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.567	4.323	5.024	5.495	5.759	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.567	4.323	5.024	5.495	5.759	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.822	2.118	2.482	2.893	3.308	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.043	2.380	2.798	3.263	3.720	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.405	4.061	4.682	5.138	5.437	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.500	2.599	2.701	2.804	2.909	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas											
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.607	3.867	4.128	4.372	4.593	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.065	3.137	3.222	3.317	3.421	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.25	1	2.50	2.843	3.258	3.714	4.120	4.451	
44	Puente La Cumbre	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.183	2.855	3.566	4.272	4.865	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.335	4.084	4.795	5.327	5.656	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.413	3.120	3.849	4.557	5.113	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.567	4.317	5.016	5.489	5.754	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.826	2.128	2.499	2.916	3.335	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.050	2.395	2.822	3.295	3.758	
			Sistema de drenaje	A	1	0.60	2	2.60	3.126	3.718	4.306	4.782	5.132	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.495	2.590	2.685	2.782	2.881	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.070	1.139	1.207	1.276	1.345	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.606	3.864	4.124	4.368	4.588	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.062	3.132	3.214	3.307	3.408	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.141	2.338	2.595	2.907	3.244	
45	Puente San Ramon	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.178	2.853	3.572	4.286	4.882	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.343	4.105	4.825	5.353	5.674	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.406	3.118	3.859	4.575	5.131	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.580	4.345	5.051	5.516	5.771	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.825	2.139	2.521	2.950	3.380	
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	2	2.80	3.514	4.200	4.834	5.256	5.508	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.514	4.200	4.834	5.256	5.508	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.074	1.147	1.219	1.290	1.361	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	1.074	1.147	1.219	1.290	1.361	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.603	3.858	4.117	4.361	4.583	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.076	3.160	3.256	3.363	3.478	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.124	2.297	2.527	2.806	3.111	
ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion talud													
	Proteccion pilas													



N°	NOMBRE	GRUPO	INSPECCIÓN - 2020				PREDICCIÓN						
			SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025
46	Puente La Oroya	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.187	2.859	3.571	4.277	4.870
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.333	4.081	4.794	5.326	5.655
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.417	3.123	3.854	4.561	5.117
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.561	4.313	5.013	5.486	5.752
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.823	2.121	2.487	2.899	3.316
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.045	2.384	2.803	3.270	3.728
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.409	4.064	4.686	5.142	5.440
			Losa	B	3	0.80	-	1.00	1.073	1.146	1.219	1.292	1.366
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.147	3.287	3.424	3.558	3.691
			Torres o arcos										
			Cables										
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.608	3.869	4.131	4.377	4.599
		SUBESTRUCTURA	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.065	3.139	3.224	3.321	3.426
			Pilas										
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	2	3.00	3.544	4.170	4.813	5.302	5.616
Proteccion talud													
Proteccion pilas													
47	Ponton Sara Nicole	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.186	2.860	3.573	4.278	4.870
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.337	4.086	4.796	5.326	5.654
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.416	3.125	3.856	4.562	5.116
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.567	4.319	5.015	5.486	5.752
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.823	2.122	2.489	2.902	3.318
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	0	1.00	1.151	1.320	1.522	1.765	2.051
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.047	2.389	2.811	3.281	3.741
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.495	2.591	2.687	2.785	2.884
		SUPERESTRUCTURA	Vigas										
			Torres o arcos										
			Cables										
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.607	3.867	4.129	4.373	4.593
		SUBESTRUCTURA	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.061	3.130	3.210	3.301	3.401
			Pilas										
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.142	2.341	2.601	2.915	3.254
Proteccion talud													
Proteccion pilas													
48	Ponton Susana	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.183	2.853	3.563	4.267	4.859
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.334	4.081	4.790	5.326	5.650
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.564	4.314	5.010	5.482	5.749
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.564	4.314	5.010	5.482	5.749
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.826	2.129	2.501	2.920	3.340
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.050	2.397	2.824	3.299	3.762
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.050	2.397	2.824	3.299	3.762
			Losa	B	3	1.00	1	3.00	3.145	3.283	3.417	3.549	3.680
		SUPERESTRUCTURA	Vigas										
			Torres o arcos										
			Cables										
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.605	3.862	4.121	4.363	4.582
		SUBESTRUCTURA	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.068	3.146	3.236	3.337	3.448
			Pilas										
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.144	2.345	2.607	2.924	3.265
Proteccion talud													
Proteccion pilas													
49	Puente Caligabri	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.200	2.883	3.603	4.328	4.929
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.342	4.098	4.834	5.376	5.699
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.434	3.150	3.889	4.618	5.179
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.566	4.324	5.053	5.533	5.789
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.862	2.224	2.672	3.141	3.584
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	-	1.00	1.174	1.374	1.622	1.927	2.280
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.092	2.508	3.022	3.545	4.019
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.050	1.102	1.155	1.211	1.269
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.194	3.376	3.556	3.734	3.912
			Torres o arcos										
			Cables										
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.601	3.854	4.109	4.350	4.569
		SUBESTRUCTURA	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.072	3.154	3.249	3.355	3.470
			Pilas										
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	1	2.00	2.136	2.328	2.582	2.888	3.217
Proteccion talud													
Proteccion pilas													
50	Puente Alcorin	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.183	2.851	3.560	4.264	4.858
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.363	5.065	5.544	5.799	5.917
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.559	4.310	5.008	5.481	5.749
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.559	4.310	5.008	5.481	5.749
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.124	3.714	4.303	4.779	5.129
		FUNCIONAL	Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.049	2.393	2.818	3.290	3.753
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.049	2.393	2.818	3.290	3.753
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.499	2.598	2.697	2.798	2.900
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.065	1.131	1.196	1.263	1.330
			Torres o arcos										
			Cables										
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.608	3.869	4.131	4.377	4.599
		SUBESTRUCTURA	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.064	3.136	3.220	3.315	3.419
			Pilas										
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.25	1	2.50	2.845	3.260	3.714	4.116	4.442
Proteccion talud													
Proteccion pilas													



INSPECCIÓN - 2020								PREDICCIÓN						
N°	NOMBRE	GRUPO	SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
51	Challhua mayo	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.184	2.856	3.568	4.273	4.866	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.335	4.085	4.797	5.327	5.656	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.414	3.121	3.852	4.560	5.114	
			Guardavías	A	1	0.80	-	1.00	1.492	2.060	2.713	3.414	4.119	
		FUNCIONAL	Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.126	3.715	4.301	4.774	5.123	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.045	2.386	2.807	3.276	3.735	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	-	1.00	1.154	1.326	1.530	1.776	2.064	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.501	2.601	2.702	2.805	2.909	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.148	3.288	3.422	3.555	3.685	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.608	3.869	4.131	4.376	4.598	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	0	1.00	1.142	1.274	1.399	1.517	1.629	
			Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	-	1.00	1.239	1.457	1.671	1.898	2.148	
			Proteccion talud											
			Proteccion pilas											
52	Ponton Carla	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.185	2.857	3.570	4.277	4.871	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.335	4.086	4.800	5.332	5.660	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.415	3.122	3.855	4.564	5.120	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.565	4.319	5.021	5.493	5.757	
		FUNCIONAL	Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.126	3.717	4.304	4.778	5.126	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	1	1.80	2.046	2.387	2.810	3.280	3.740	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.046	2.387	2.810	3.280	3.740	
			Losa	B	3	1.00	0	1.00	1.072	1.144	1.215	1.286	1.358	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas											
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	1	2.40	2.530	2.671	2.830	3.002	3.183	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.066	3.140	3.227	3.325	3.432	
			Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	0	1.00	1.245	1.465	1.680	1.905	2.153	
			Proteccion talud	C	2	1.25	1	2.50	2.844	3.257	3.709	4.111	4.437	
			Proteccion pilas											
53	Puente Padre Miguel	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.182	2.850	3.558	4.262	4.855	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.331	4.077	4.788	5.320	5.651	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.412	3.115	3.843	4.549	5.105	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.560	4.310	5.008	5.482	5.750	
		FUNCIONAL	Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.123	3.712	4.298	4.771	5.119	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	2	2.80	3.409	4.066	4.689	5.145	5.443	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.045	2.385	2.805	3.273	3.732	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.071	1.141	1.210	1.280	1.350	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.141	3.274	3.404	3.532	3.659	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	1	2.40	2.535	2.680	2.843	3.021	3.207	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.063	3.134	3.217	3.311	3.415	
			Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.25	1	2.50	2.842	3.253	3.703	4.104	4.431	
			Proteccion talud											
			Proteccion pilas											
54	Puente Tantamay o	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.184	2.857	3.569	4.275	4.868	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.336	4.086	4.799	5.330	5.658	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.414	3.122	3.854	4.562	5.117	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.567	4.319	5.019	5.490	5.755	
		FUNCIONAL	Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.825	2.127	2.498	2.914	3.334	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	-	1.00	1.153	1.324	1.529	1.775	2.066	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.050	2.395	2.821	3.294	3.756	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.069	1.138	1.208	1.278	1.348	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.142	3.278	3.409	3.539	3.667	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.605	3.863	4.123	4.367	4.587	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.068	3.146	3.236	3.338	3.450	
			Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	-	1.00	1.243	1.461	1.675	1.901	2.149	
			Proteccion talud											
			Proteccion pilas											
55	Puente Tantamay o Chico	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.179	2.845	3.570	4.307	4.917	
			Veredas	B	2	0.80	1	2.60	3.327	4.102	4.857	5.398	5.712	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	1	1.80	2.407	3.106	3.858	4.603	5.172	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.558	4.347	5.094	5.564	5.807	
		FUNCIONAL	Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.853	2.186	2.592	3.060	3.520	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	-	1.00	1.149	1.325	1.539	1.801	2.115	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.087	2.473	2.943	3.479	3.988	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.489	2.579	2.673	2.769	2.868	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	0	1.00	1.066	1.134	1.202	1.270	1.340	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.638	3.918	4.188	4.431	4.644	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.046	3.101	3.167	3.245	3.330	
			Pilas											
			Proteccion estribos	C	2	1.00	-	1.00	1.239	1.450	1.652	1.862	2.089	
			Proteccion talud											
			Proteccion pilas											



INSPECCIÓN - 2020								PREDICCIÓN							
N°	NOMBRE	GRUPO	SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
56	Ponton Fortaleza		SEÑALIZACIÓN	A	1	0.60	1	1.60	2.187	2.862	3.575	4.283	4.876		
			VEREDAS	B	2	0.80	1	2.60	3.336	4.087	4.799	5.331	5.659		
			PARAPETOS Y BARANDAS	A	1	0.80	1	1.80	2.417	3.126	3.858	4.566	5.122		
			GUARDAVÍAS	A	1	0.80	2	2.80	3.566	4.319	5.019	5.491	5.756		
			JUNTAS DE EXPANSIÓN	A	1	0.60	1	1.60	1.825	2.127	2.497	2.915	3.335		
			CARPETA DE RODADURA	A	1	0.80	1	1.80	2.048	2.392	2.816	3.289	3.752		
			SISTEMA DE DRENAJE	A	1	0.80	1	1.80	2.048	2.392	2.816	3.289	3.752		
			LOSA	B	3	1.00	1	3.00	3.146	3.284	3.418	3.549	3.678		
			VIGAS	C	3	1.00	1	3.00	3.146	3.284	3.418	3.549	3.678		
			TORRES O ARCOS												
			CABLES												
			APYOS	C	3	0.80	1	2.40	2.533	2.675	2.834	3.007	3.189		
			ESTRIBOS	C	3	1.00	1	3.00	3.068	3.145	3.233	3.334	3.443		
			57	Puente Antioqus		SEÑALIZACIÓN	A	1	0.60	1	1.60	2.190	2.872	3.585	4.297
VEREDAS	B	2				0.80	2	3.60	4.360	5.074	5.563	5.816	5.928		
PARAPETOS Y BARANDAS	A	1				0.80	2	2.80	3.579	4.325	5.037	5.513	5.774		
GUARDAVÍAS	A	1				0.80	2	2.80	3.579	4.325	5.037	5.513	5.774		
JUNTAS DE EXPANSIÓN	A	1				0.60	1	1.60	1.827	2.115	2.473	2.872	3.277		
CARPETA DE RODADURA	A	1				0.80	-	1.00	1.204	1.415	1.653	1.931	2.251		
SISTEMA DE DRENAJE	A	1				0.80	-	1.00	1.204	1.415	1.653	1.931	2.251		
LOSA	B	3				0.80	1	2.40	2.491	2.584	2.679	2.777	2.878		
VIGAS	C	3				1.00	1	3.00	3.124	3.246	3.370	3.496	3.624		
TORRES O ARCOS															
CABLES															
APYOS	C	3				0.80	2	3.40	3.654	3.957	4.256	4.527	4.764		
ESTRIBOS	C	3				1.00	1	3.00	3.072	3.154	3.251	3.361	3.480		
58	Puente El Carmen					SEÑALIZACIÓN	A	1	0.60	1	1.60	2.179	2.850	3.575	4.308
			VEREDAS	B	2	0.80	2	3.60	4.396	5.142	5.625	5.854	5.948		
			PARAPETOS Y BARANDAS	A	1	0.80	2	2.80	3.568	4.351	5.091	5.559	5.803		
			GUARDAVÍAS	A	1	0.80	2	2.80	3.568	4.351	5.091	5.559	5.803		
			JUNTAS DE EXPANSIÓN	A	1	0.60	2	2.60	3.216	3.760	4.324	4.775	5.103		
			CARPETA DE RODADURA	A	1	0.80	2	2.80	3.541	4.136	4.737	5.172	5.450		
			SISTEMA DE DRENAJE	A	1	0.80	1	1.80	2.018	2.359	2.755	3.194	3.625		
			LOSA	B	3	0.80	0	1.00	1.097	1.195	1.295	1.396	1.499		
			VIGAS	C	3	1.00	0	1.00	1.097	1.195	1.295	1.396	1.499		
			TORRES O ARCOS												
			CABLES												
			APYOS	C	3	0.80	2	3.40	3.661	3.966	4.268	4.545	4.789		
			ESTRIBOS	C	3	1.00	1	3.00	3.053	3.115	3.191	3.279	3.376		
			59	Puente Protector a		SEÑALIZACIÓN	A	1	0.60	2	2.60	3.333	4.084	4.797	5.328
VEREDAS	B	2				0.80	1	2.60	3.333	4.084	4.797	5.328	5.657		
PARAPETOS Y BARANDAS	A	1				0.80	2	2.80	3.563	4.317	5.017	5.489	5.755		
GUARDAVÍAS	A	1				0.80	2	2.80	3.563	4.317	5.017	5.489	5.755		
JUNTAS DE EXPANSIÓN	A	1				0.60	2	2.60	3.124	3.714	4.301	4.776	5.125		
CARPETA DE RODADURA	A	1				0.80	1	1.80	2.048	2.391	2.815	3.286	3.747		
SISTEMA DE DRENAJE	A	1				0.80	3	3.80	4.531	5.180	5.586	5.804	5.911		
LOSA	B	3				0.80	1	2.40	2.496	2.592	2.689	2.788	2.888		
VIGAS	C	3				1.00	1	3.00	3.148	3.289	3.426	3.561	3.695		
TORRES O ARCOS															
CABLES															
APYOS	C	3				0.80	2	3.40	3.607	3.866	4.128	4.372	4.594		
ESTRIBOS	C	3				1.00	1	3.00	3.059	3.126	3.205	3.293	3.390		
60	Puente Lechema yo Chico					SEÑALIZACIÓN	A	1	0.60	1	1.60	2.185	2.858	3.570	4.278
			VEREDAS	B	2	0.80	2	3.60	4.366	5.072	5.551	5.804	5.920		
			PARAPETOS Y BARANDAS	A	1	0.80	2	2.80	3.564	4.318	5.020	5.491	5.756		
			GUARDAVÍAS	A	1	0.80	-	1.00	1.492	2.061	2.715	3.417	4.123		
			JUNTAS DE EXPANSIÓN	A	1	0.60	2	2.60	3.127	3.720	4.309	4.783	5.131		
			CARPETA DE RODADURA	A	1	0.80	1	1.80	2.047	2.389	2.813	3.285	3.746		
			SISTEMA DE DRENAJE	A	1	0.80	2	2.80	3.412	4.074	4.699	5.156	5.452		
			LOSA	B	3	0.80	1	2.40	2.496	2.592	2.689	2.788	2.888		
			VIGAS	C	3	1.00	1	3.00	3.146	3.285	3.421	3.555	3.687		
			TORRES O ARCOS												
			CABLES												
			APYOS	C	3	0.80	2	3.40	3.607	3.868	4.130	4.374	4.595		
			ESTRIBOS	C	3	1.25	1	3.75	3.910	4.123	4.337	4.533	4.705		
			PILAS	C	3	1.00	1	3.00	3.063	3.134	3.217	3.311	3.413		
ASPECTOS HIDRAULICOS	PROTECCIÓN ESTRIBOS	C	2	1.00	1	2.00	2.145	2.347	2.611	2.929	3.272				
PROTECCIÓN TALUD	C	2	1.25	1	2.50	2.844	3.258	3.712	4.116	4.445					
PROTECCIÓN PILAS	C	2	1.00	1	2.00	2.145	2.347	2.611	2.929	3.272					



INSPECCIÓN - 2020								PREDICCIÓN						
N°	NOMBRE	GRUPO	SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
61	Puente Lechema y Grande	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	2	2.60	3.333	4.079	4.788	5.318	5.649	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.362	5.062	5.542	5.798	5.916	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.564	4.313	5.009	5.481	5.748	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.564	4.313	5.009	5.481	5.748	
		FUNCIONAL	Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.124	3.716	4.305	4.781	5.132	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	2	2.80	3.408	4.067	4.691	5.149	5.448	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.051	2.398	2.825	3.300	3.764	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.070	1.140	1.209	1.279	1.350	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.144	3.281	3.414	3.545	3.675	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	1.00	2	4.00	4.287	4.677	5.020	5.289	5.488	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.062	3.132	3.215	3.308	3.410	
			Pilas											
62	Ponton Jimena	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.186	2.859	3.572	4.280	4.873	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.365	5.071	5.552	5.805	5.921	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	-	1.00	1.493	2.062	2.717	3.420	4.127	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.565	4.319	5.021	5.493	5.758	
		FUNCIONAL	Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.826	2.128	2.499	2.916	3.337	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	2	2.80	3.410	4.067	4.692	5.149	5.447	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.410	4.067	4.692	5.149	5.447	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.068	1.136	1.203	1.271	1.339	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas											
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.607	3.867	4.129	4.373	4.594	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	2	4.00	4.198	4.466	4.730	4.963	5.161	
			Pilas											
63	Puente Honda	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.188	2.861	3.573	4.279	4.872	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.362	5.066	5.546	5.801	5.918	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.562	4.313	5.013	5.486	5.753	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.562	4.313	5.013	5.486	5.753	
		FUNCIONAL	Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.828	2.132	2.505	2.925	3.347	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	2	2.80	3.410	4.069	4.693	5.151	5.449	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.410	4.069	4.693	5.151	5.449	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.494	2.588	2.683	2.780	2.879	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.144	3.281	3.415	3.547	3.677	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.605	3.864	4.125	4.367	4.586	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.061	3.131	3.213	3.305	3.406	
			Pilas											
64	Ponton Minero	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	2	2.60	3.330	4.078	4.789	5.321	5.652	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.363	5.067	5.547	5.801	5.918	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.560	4.311	5.011	5.484	5.751	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.560	4.311	5.011	5.484	5.751	
		FUNCIONAL	Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.123	3.713	4.300	4.774	5.125	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.60	2	2.60	3.123	3.713	4.300	4.774	5.125	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.407	4.065	4.687	5.145	5.444	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.070	1.139	1.208	1.278	1.348	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas											
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.608	3.870	4.133	4.379	4.601	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.068	3.145	3.234	3.334	3.443	
			Pilas											
65	Puente Huacahuña	SEGURIDAD VIAL	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.186	2.858	3.571	4.277	4.870	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.365	5.068	5.547	5.801	5.918	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.561	4.315	5.014	5.486	5.752	
			Guardavías	A	1	0.80	2	2.80	3.561	4.315	5.014	5.486	5.752	
		FUNCIONAL	Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.125	3.715	4.300	4.772	5.119	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	-	1.00	1.160	1.336	1.546	1.797	2.092	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.412	4.071	4.692	5.147	5.443	
			Losa	B	3	0.80	-	1.00	1.070	1.139	1.208	1.277	1.347	
		SUPERESTRUCTURA	Vigas	C	3	1.00	1	3.00	3.144	3.280	3.412	3.543	3.673	
			Torres o arcos											
		SUBESTRUCTURA	Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.604	3.861	4.120	4.362	4.581	
		ASPECTOS HIDRAULICOS	Estribos	C	3	1.00	0	1.00	1.139	1.270	1.393	1.510	1.621	
			Pilas											
ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion estribos	C	2	1.00	-	1.00	1.241	1.459	1.672	1.898	2.145			
	Proteccion talud													
ASPECTOS HIDRAULICOS	Proteccion pilas													



N°	NOMBRE	GRUPO	INSPECCIÓN - 2020					PREDICCIÓN						
			SUBGRUPO	TF	RE	FCF	GD	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
66	Ponton Otorongo Chico	SUPERRESTRUCTU RA	Señalización	A	1	0.60	1	1.60	2.186	2.859	3.571	4.276	4.867	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.363	5.064	5.543	5.799	5.917	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.565	4.316	5.013	5.485	5.751	
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.565	4.316	5.013	5.485	5.751	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	1	1.60	1.823	2.123	2.490	2.905	3.322	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	2	2.80	3.413	4.071	4.694	5.150	5.447	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	2	2.80	3.413	4.071	4.694	5.150	5.447	
			Losa	B	3	0.80	0	1.00	1.068	1.135	1.203	1.271	1.340	
			Vigas											
			Torres o arcos											
			Cables											
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.603	3.859	4.117	4.358	4.575	
			Estribos	C	3	1.00	1	3.00	3.066	3.140	3.226	3.325	3.432	
			Pilas											
67	Puente Otorongo	SUPERRESTRUCTU RA	Señalización	A	1	0.60	2	2.60	3.331	4.075	4.786	5.319	5.650	
			Veredas	B	2	0.80	2	3.60	4.360	5.063	5.544	5.800	5.918	
			Parapetos y barandas	A	1	0.80	2	2.80	3.561	4.308	5.008	5.482	5.750	
			Guardavias	A	1	0.80	2	2.80	3.561	4.308	5.008	5.482	5.750	
			Juntas de expansion	A	1	0.60	2	2.60	3.128	3.721	4.312	4.788	5.138	
			Carpeta de rodadura	A	1	0.80	2	2.80	3.412	4.073	4.699	5.157	5.455	
			Sistema de drenaje	A	1	0.80	1	1.80	2.050	2.396	2.824	3.299	3.762	
			Losa	B	3	0.80	1	2.40	2.495	2.591	2.688	2.787	2.888	
			Vigas	B	3	1.00	1	3.00	3.146	3.284	3.419	3.553	3.686	
			Torres o arcos	C	4	1.00	1	4.00	4.097	4.213	4.338	4.466	4.591	
			Cables	C	4	1.00	1	4.00	4.097	4.213	4.338	4.466	4.591	
			Apoyos	C	3	0.80	2	3.40	3.605	3.863	4.123	4.366	4.586	
			Estribos	C	3	1.25	1	3.75	3.910	4.122	4.336	4.532	4.704	
			Pilas	C	3	1.00	0	1.00	1.143	1.277	1.402	1.520	1.631	
Proteccion estribos	C	2	1.00	2	3.00	3.542	4.168	4.810	5.300	5.615				
Proteccion talud														
Proteccion pilas														

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

De la anterior Tabla 22, se proyecta los siguientes gráficos de las curvas de deterioro de los puentes:

Los gráficos de los 67 de curva de predicción de deterioro de cada puente se encuentran en el anexo 8.

Los resultados del cálculo de las predicciones son las siguientes graficas en una proyección de 5 años, del 2020 al 2025:

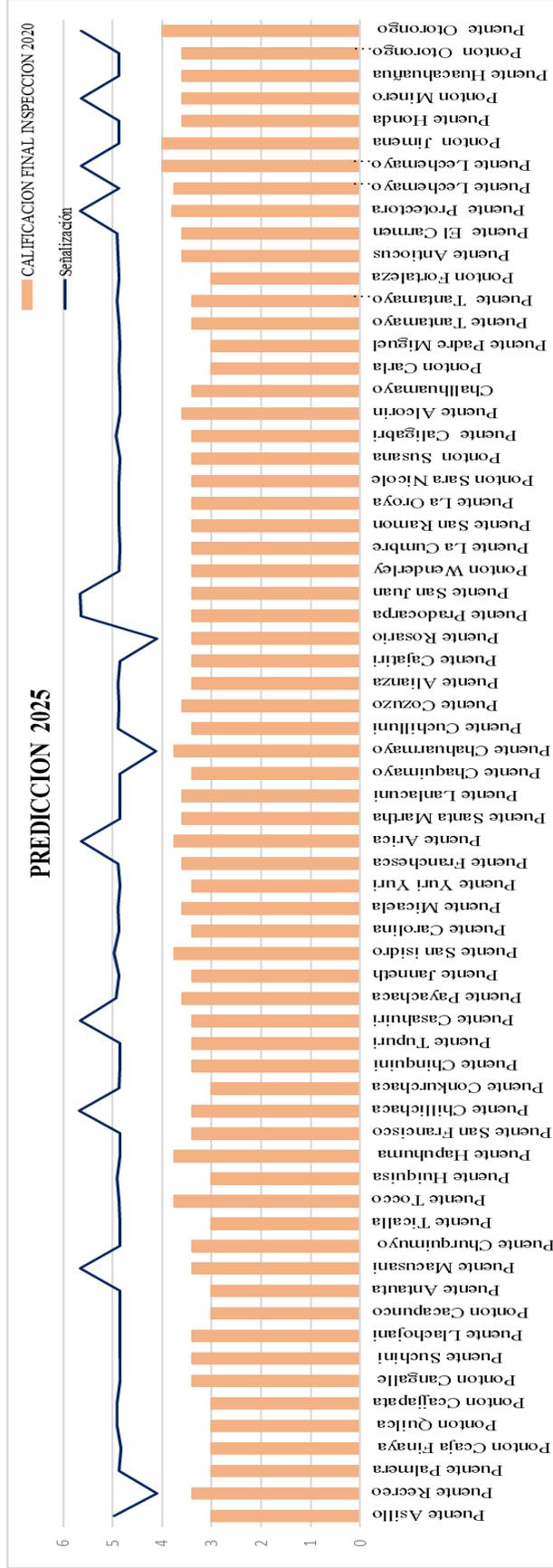


Figura 65. Consolidado de predicción deterioro – seguridad vial, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 65 se obtiene que del año 2020 al 2025, el 80% de los puentes en el año 2025 se encuentra en un riesgo alarmante.

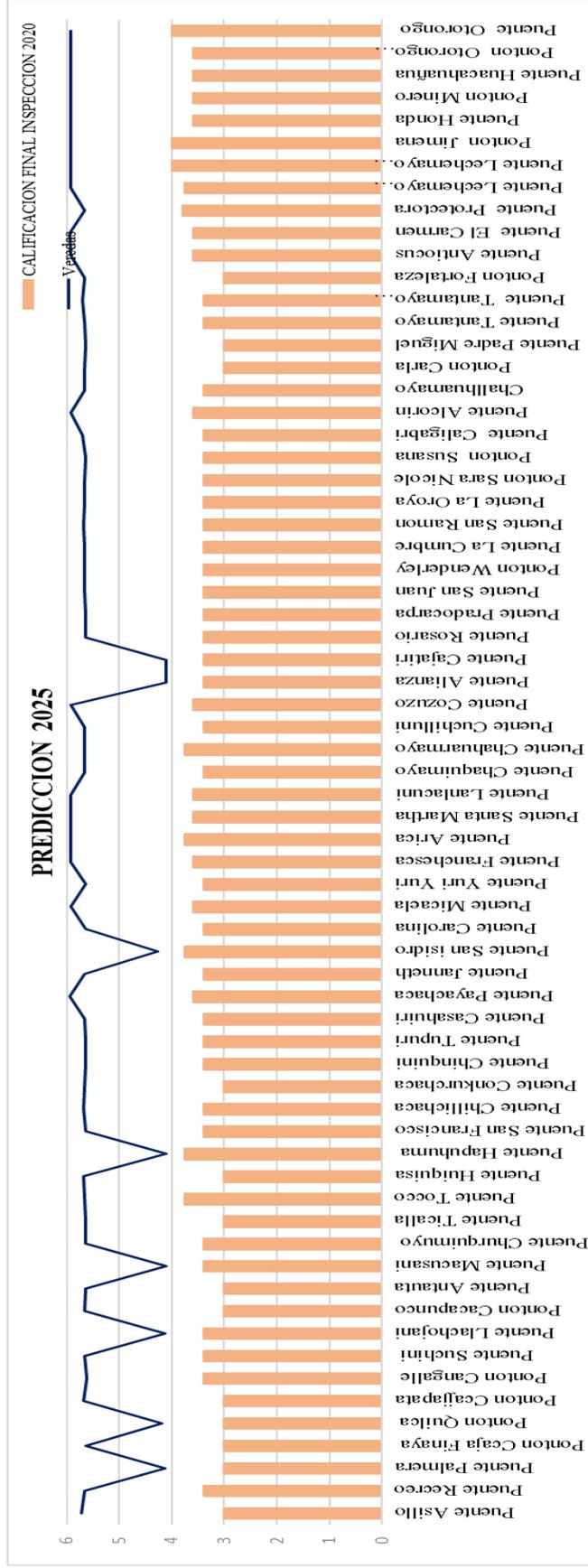


Figura 66. Consolidado de predicción deterioro – veredas, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 66, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 88% de las veredas de los puentes, en el año 2025 se encuentra en un estado inaceptable, lo cual es inaceptable.

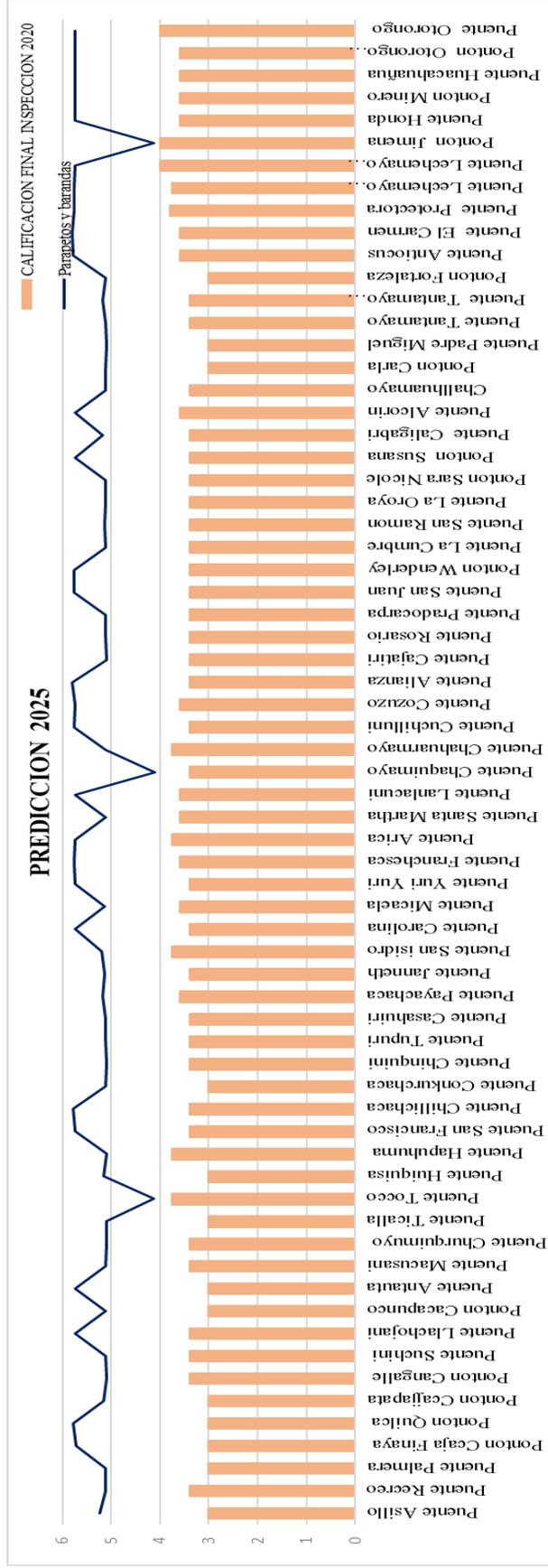


Figura 67. Consolidado de predicción deterioro – barandas y parapetos, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 67, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 95% de las veredas de los puentes, en el año 2025 se encuentra en un estado de alarmante a inaceptable.

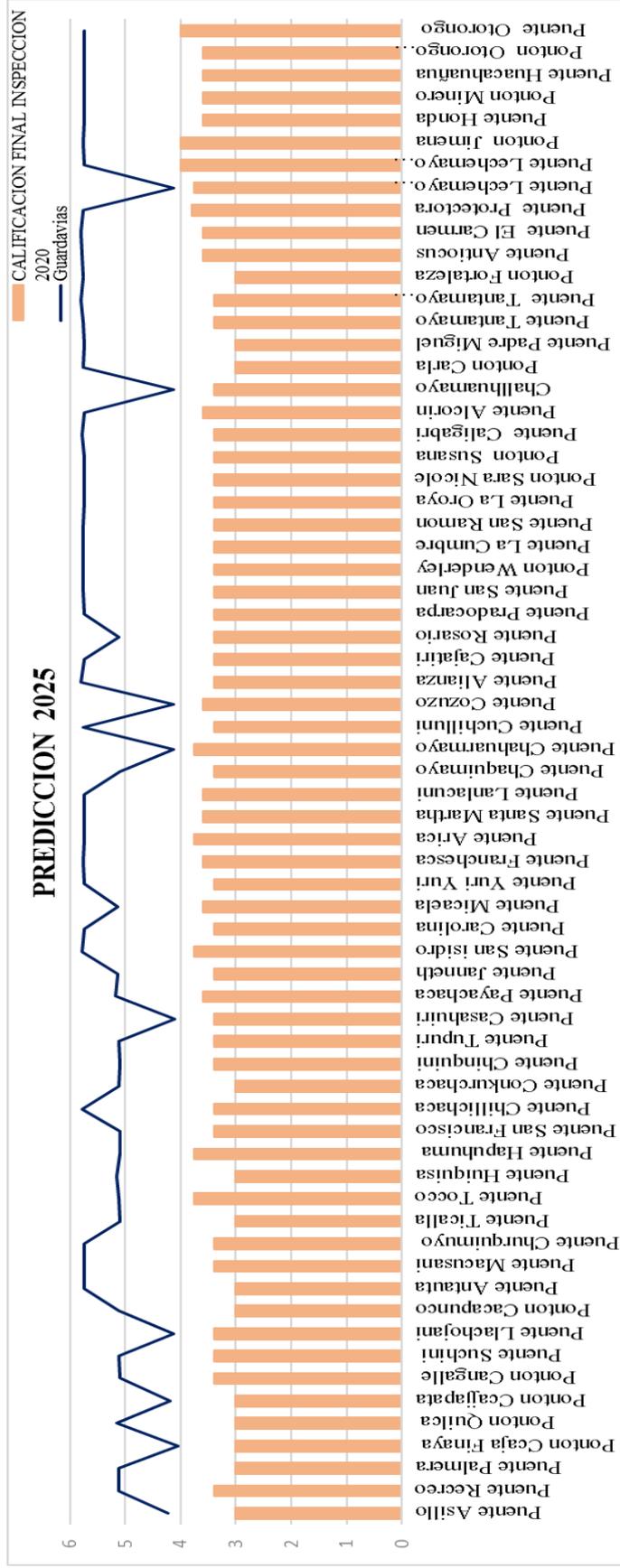


Figura 68. Consolidado de predicción deterioro – guardavías, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 68, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 87% de las veredas de los puentes, en el año 2025 se encuentra en un estado inaceptable.

Se entiende que en 5 años (2020 - 2025) el grupo de seguridad vial estaba en un estado bueno, se encontrara en un estado de alarmante a inaceptable.

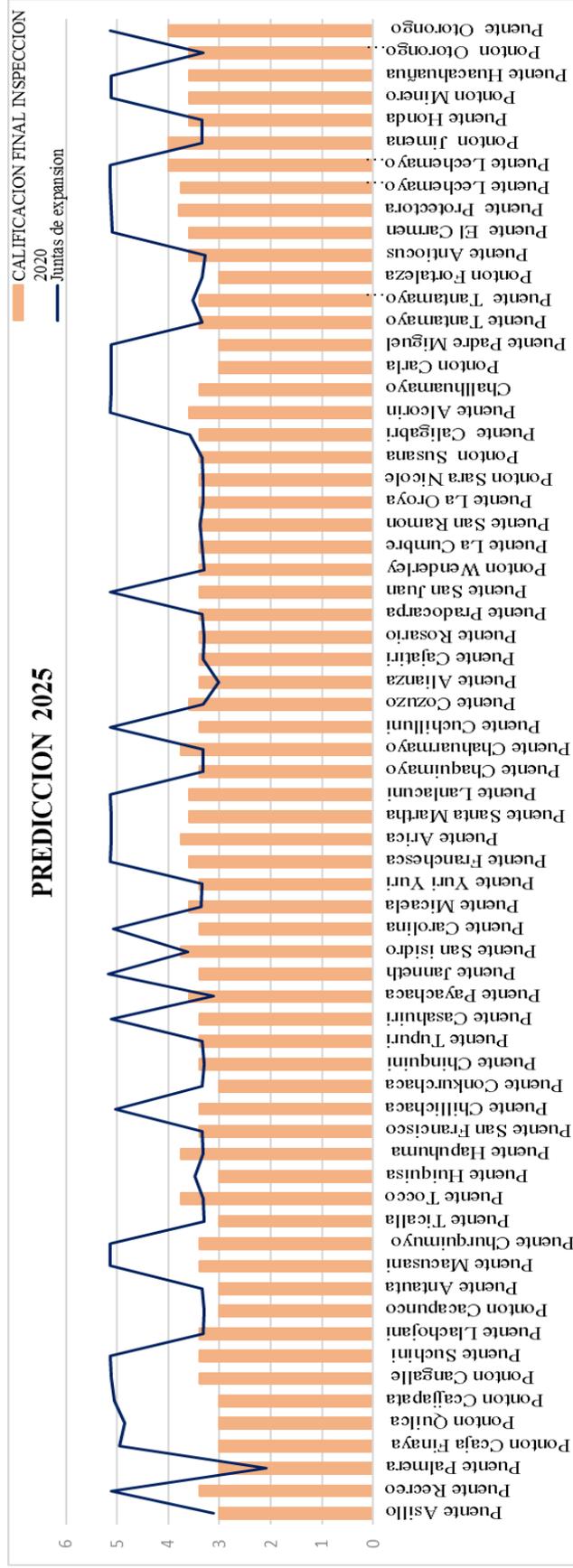


Figura 69. Consolidado de predicción deterioro – juntas de expansión, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 69, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 50% de las veredas de los puentes, en el año 2025 se encuentra en un estado seria a alarmante.

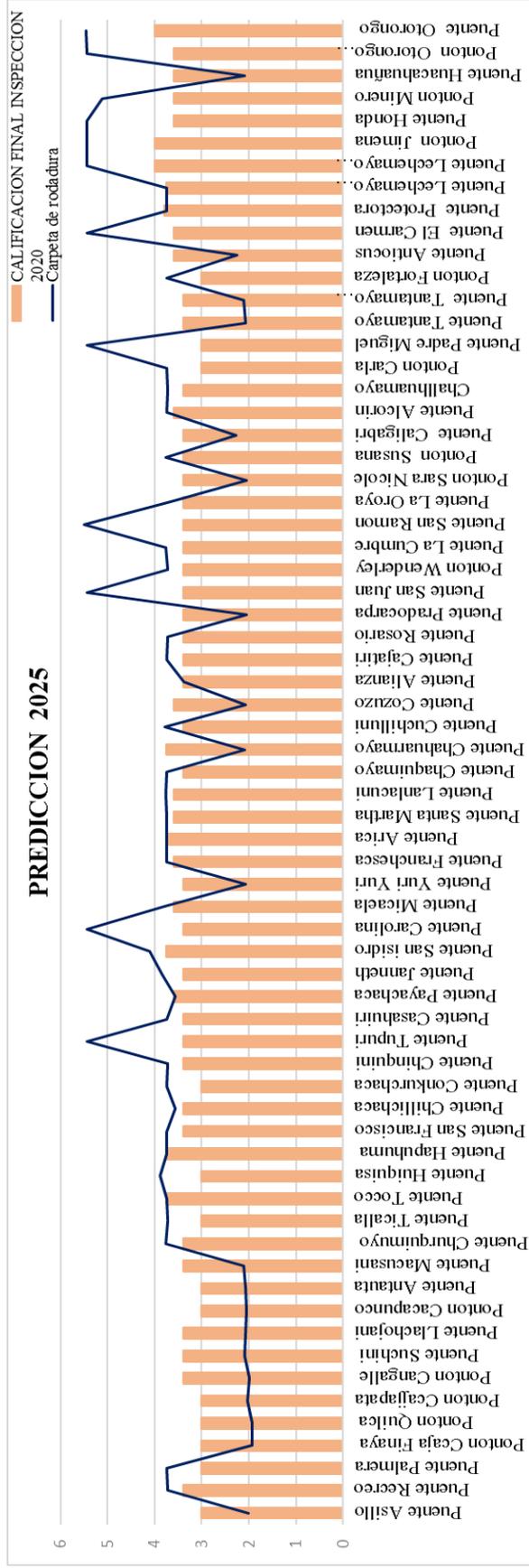


Figura 70. Consolidado de predicción deterioro – carpeta de rodadura, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 70, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 68% de la carpeta de rodadura de los puentes, en el año 2025 se encuentra en un estado de deficiente a seria.

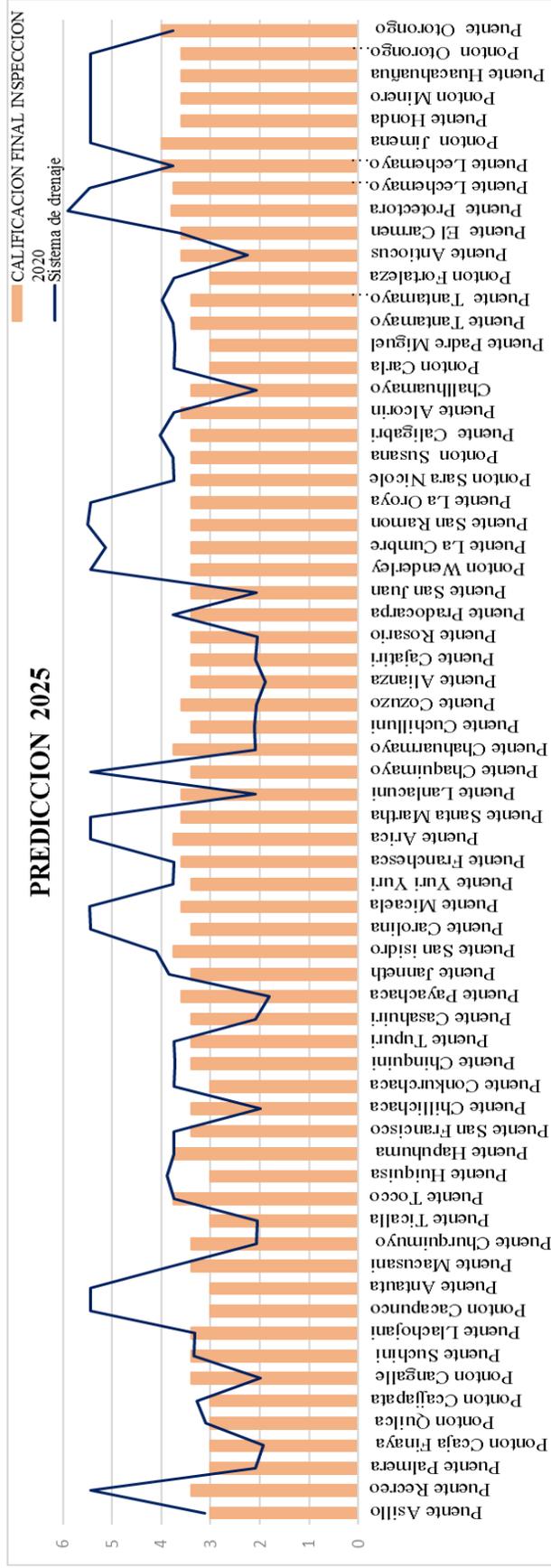


Figura 71. Consolidado de predicción deterioro – sistema de drenaje, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 71, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 80% de las veredas de los puentes, en el año 2025 se encuentra en un estado sería a alarmante.

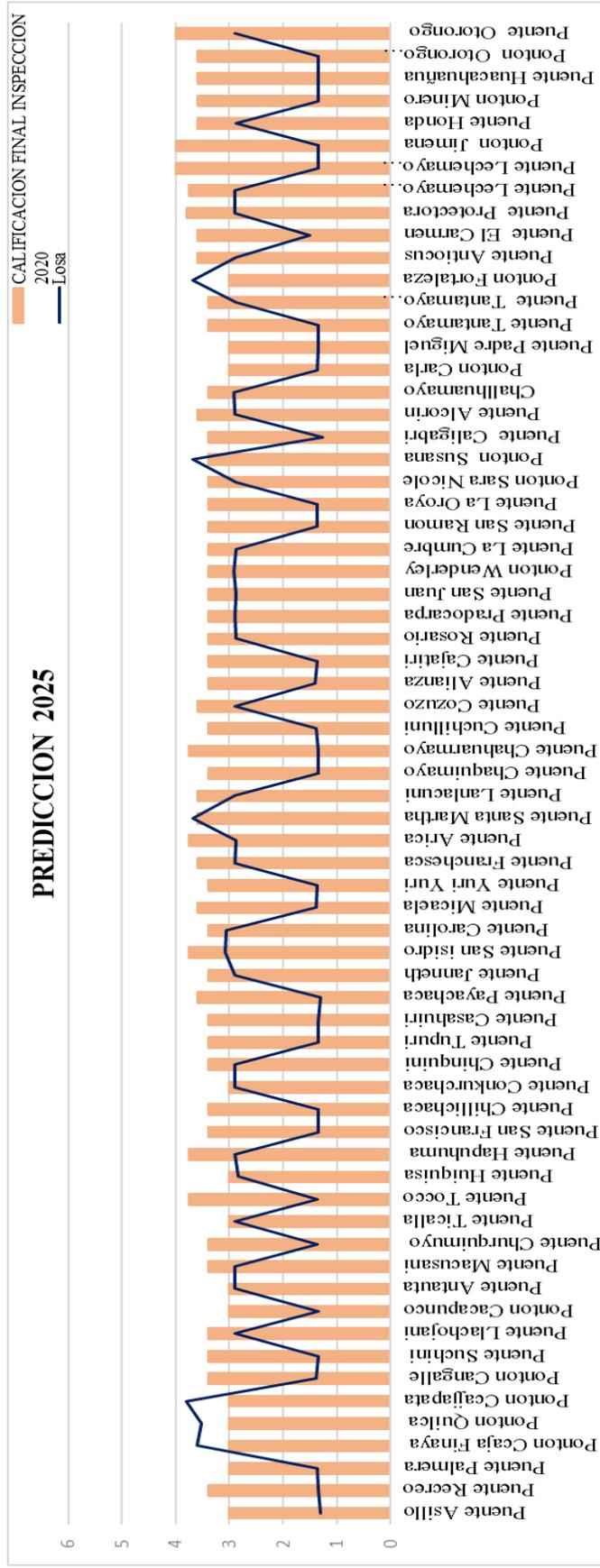


Figura 72. Consolidado de predicción deterioro – losa, año 2025.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 72, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 88% de las veredas de los puentes, en el año 2025 se encuentra en un estado deficiente y el 12% se encuentra en un estado sería.

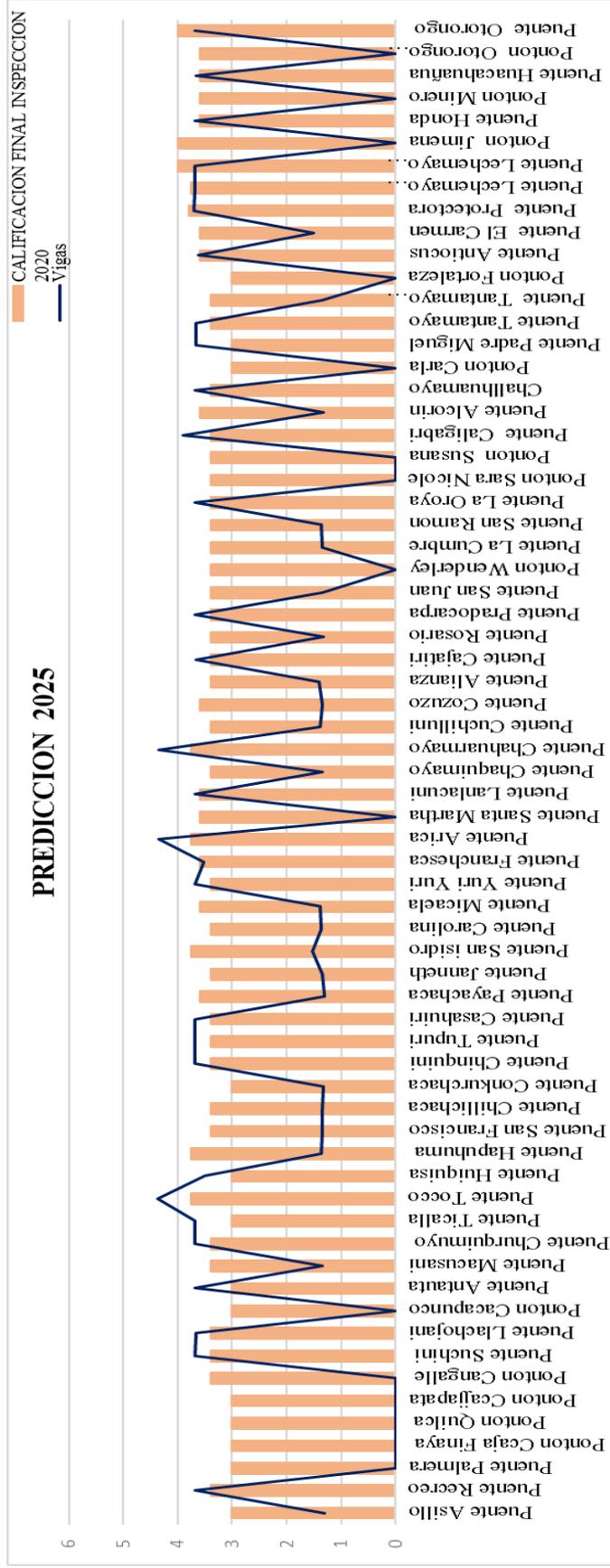


Figura 73. Consolidado de prediccion deterioro – viga, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 73, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 32% de los puentes en el año 2025 se encuentra en un estado seria, sin embargo, el 44% se encuentra en un estado alarmante. Debemos tener en cuenta que 77% de los puentes cuenta con vigas.

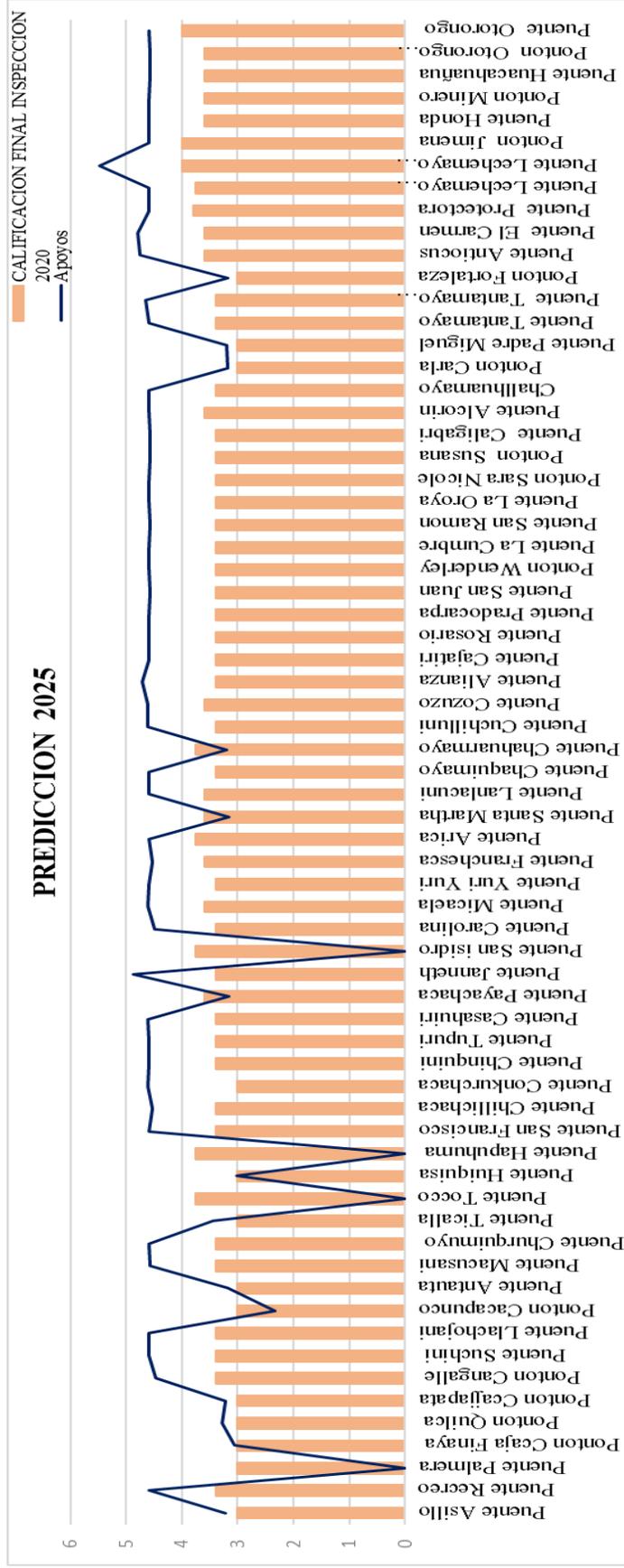


Figura 74. Consolidado de predicción deterioro – apoyos, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 74, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 75% de las veredas de los puentes, en el año 2025 se encuentra en un estado seria a alarmante.

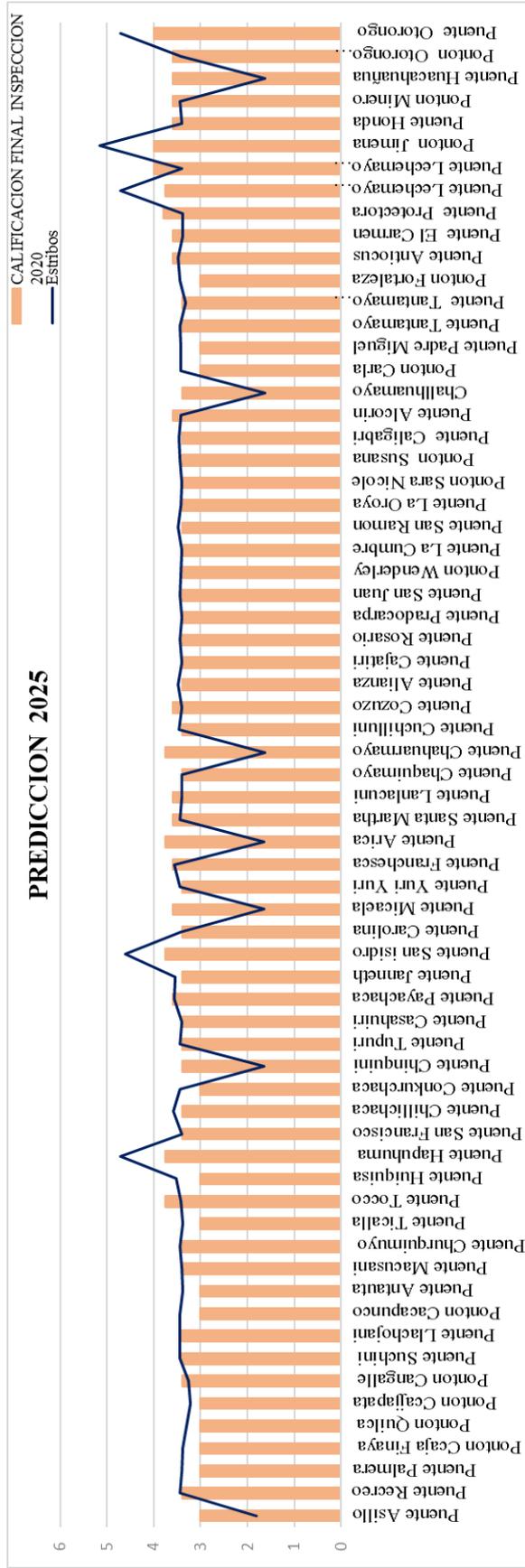


Figura 75. Consolidado de predicción deterioro – estribos, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 75, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 82% de los estribos de los puentes, en el año 2025 se encuentra en un estado deficiente a seria y un 8% llega a un estado alarmante.

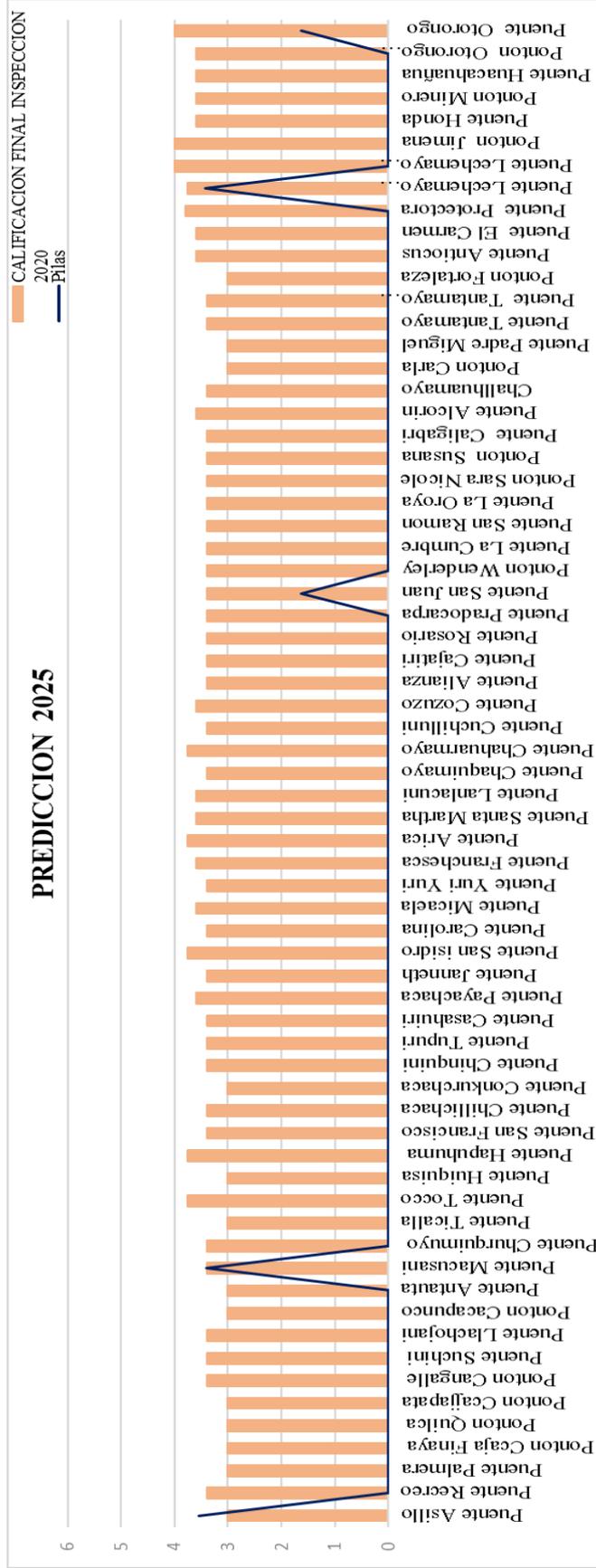


Figura 76. Consolidado de predicción deterioro – pilar, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 76, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 3% de los puentes que cuentan con pilar en el año 2025 se encuentra en un estado deficiente a seria.

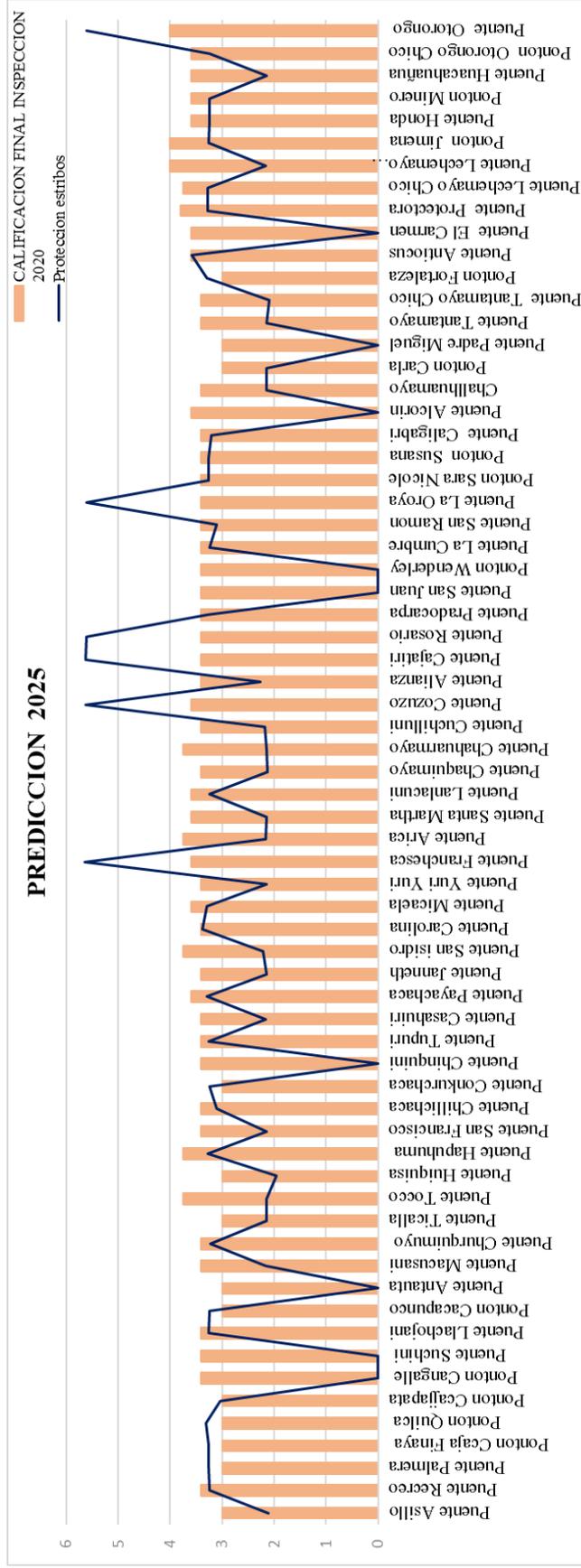


Figura 77. Consolidado de predicción deterioro – protección de estribos, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 77, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 45% de los puentes en el año 2025 se encuentra en un estado deficiente a seria.

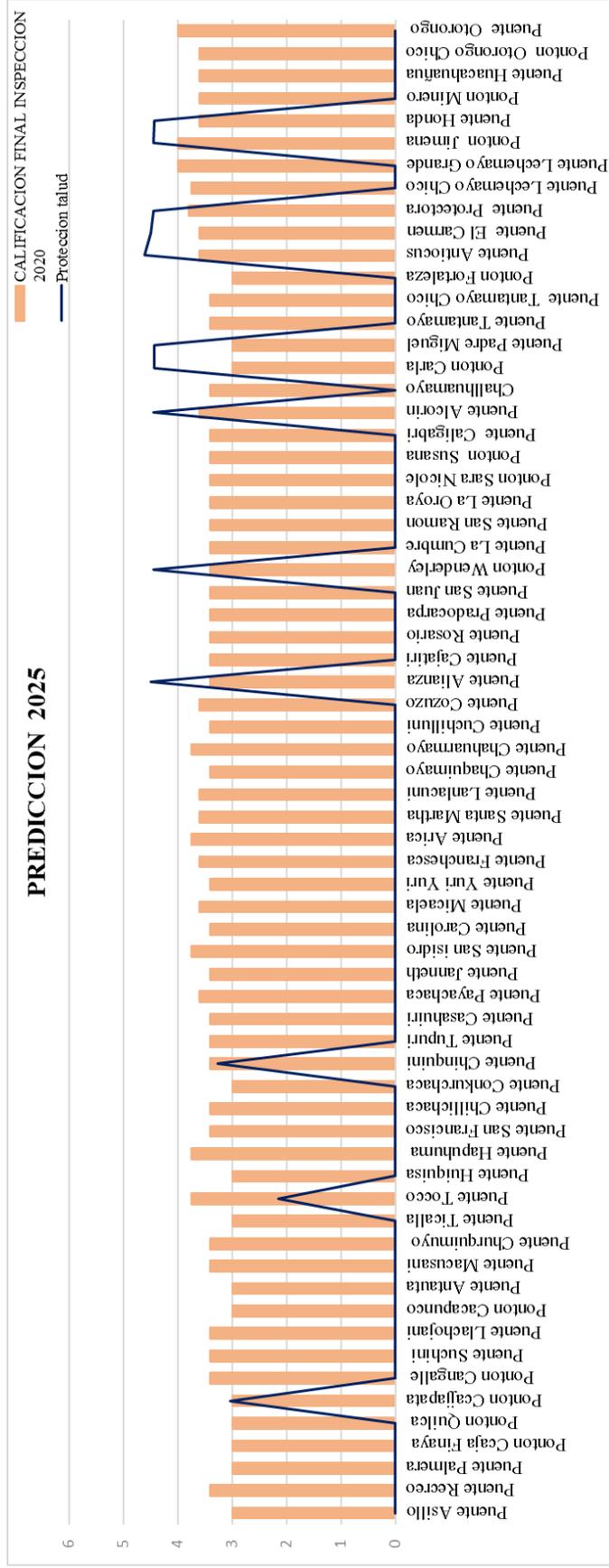


Figura 78. Consolidado de predicción deterioro – protección de salud, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 78, se obtiene que del año 2020 al 2025, el 11% de la protección de salud de los puentes, en el año 2025 se encuentra en un estado seria a alarmante.

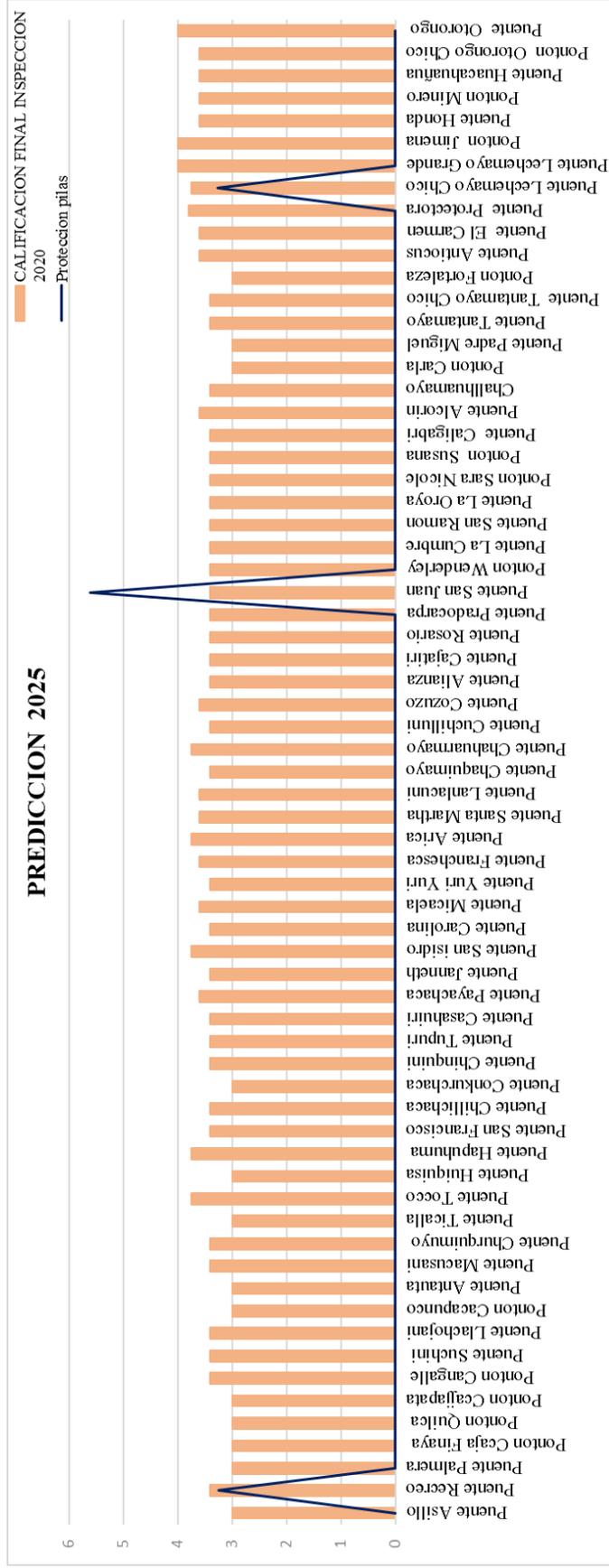


Figura 79. Consolidado de predicción deterioro – protección de pilar, año 2025

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura se obtiene que del año 2020 al 2025, el 3 de protección de pilar de los puentes, en el año 2025 se encuentra en un estado deficiente a alarmante.

En la tabla 24 se muestra la calificación de los elementos de los puentes inspeccionados, esta tabla plasma los resultados de la predicción de deterioro al año 2025. Se observa que los elementos en el año 2020 se encontraban en un estado ‘adecuado’ a un estado ‘deficiente’ y se observa que los elementos que sufrirán un mayor deterioro son las veredas que se encontrarían en estado ‘inaceptable’. Las juntas de dilatación en estado ‘alarmante’ y lo que requiere mayor atención son los apoyos que se encontrarían en un estado ‘alarmante’. Estas proyecciones nos llevan a recomendar el mantenimiento de apoyos y juntas en el 75% de los puentes y así como el mantenimiento inmediato en veredas. Las estrategias de conservación que se usarán, serán evaluadas en función a estos resultados y recomendaciones.

Tabla 23. Estado de componentes de puentes

GRUPO	SUBGRUPO	%	2020	CLASIFICACION	%	2025	CLASIFICACION
Seguridad vial	Señalización	81%	2	ADECUADA	80%	5	ALARMANTE
	Veredas	54%	3	DEFICIENTE	87%	6	RIESGO INACEPTABLE
	Parapetos y baranda	39%	2	ADECUADA	95%	5	ALARMANTE
	Guardavias	58%	3	DEFICIENTE	87%	5	ALARMANTE
funcional	Juntas de expansion	45%	3	DEFICIENTE	50%	5	ALARMANTE
	Carpeta de rodadura	50%	2	ADECUADA	47%	4	SERIA
	Sistema de drenaje	46%	2	ADECUADA	80%	5	ALARMANTE
superestructura	Losa	46%	3	DEFICIENTE	88%	3	DEFICIENTE
	Vigas	45%	3	DEFICIENTE	44%	4	SERIA
	Torres o arcos	1%	4	SERIA	1%	4	SERIA
	Cables	1%	4	SERIA	1%	4	SERIA
Subestructura	Apoyos	75%	4	SERIA	75%	5	ALARMANTE
	Estribos	82%	3	DEFICIENTE	82%	3	DEFICIENTE
	Pilas	10%	3	DEFICIENTE	10%	4	SERIA
aspectos hidraulicos	Proteccion talud	87%	3	DEFICIENTE	45%	4	SERIA
	Proteccion estribos	20%	3	DEFICIENTE	20%	4	SERIA
	Proteccion pilas	10%	2	ADECUADA	10%	4	SERIA

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2 DISCUSION DE RESULTADOS

De acuerdo a las conclusiones obtenidas en el trabajo de investigación “Priorización de puentes de la región de Valparaíso basado en inspección visual” (Días Vallejos, 2018). El autor obtuvo el IBI (índice integrado de puente) de 42 puentes estudiados obtuvo que 50% se encuentran en buen estado con un $(IBI > 6)$ y también el 26% de puentes en un estado regular $(IBI < 6)$ y 5% $(IBI < 4)$, de lo cual determinó las medidas que requieren los puentes, recomendando que el 5% de los puentes requiere reposición y reparación. Con el estudio se logró implementar una metodología de



priorización a través del IBI, con información necesaria sobre la estructura de estudio y almacena y clasifica información para crear una base de datos sobre las características y estado de cada puente existente a nivel regional.

En contraste, en la presente investigación se establece un método de calificación global del estado de condición (CP) de los 67 puentes, en los cuales se determina que 80% se encuentra en un estado ‘adecuado’ a ‘deficiente’ ($CP < 3$) y el restante se encuentra en estado ‘seria’ ($3 < CP < 4$), por lo cual, se señala que se requiere programar una intervención no rutinaria y una atención pronta. También, se concluye que el método de calificación del estado de condición de los puentes proyecta datos reales y confiables formando una base de datos completa confiable.

Del análisis de ambas investigaciones, se concluye que desarrollar y aplicar un módulo de estado de condición de un SGP ayuda a tener datos reales de la condición de los puentes, además a formar una base de datos confiable y completa. Además, se señala que a partir del módulo de estado de condición se puede implementar la predicción de deterioro y la optimización de las estrategias de mantenimiento.

Adicionalmente, de las conclusiones presentadas en la investigación “‘Sistema de gestión de puentes, optimización de estrategias de mantenimiento implementación en redes locales’” (Martínez Cañamares, 2016). El autor concluye que se desarrolló un modelo de predicción de evolución de deterioro, conocido el estado de condición de cada puente, justificando el óptimo ajuste mediante un método envolvente combinado de los modelos empírico-deterministas y modelos Markoviano, como una buena herramienta para la determinación de la evolución del deterioro, aplicado a 20 puentes de la red autónoma de la provincia de Albacete. Además, el autor indica que la tendencia general de Los SGP, así como la mayoría de las investigaciones, apuntan hacia el uso de los



modelos markovianos como herramienta matemática de referencia para la predicción de deterioro.

Contrastando con la presente investigación y de acuerdo con los resultados obtenidos y analizados en el presente capítulo se concuerda con el autor, ya que luego de hallar el estado de condiciones de los 67 se aplicó el modelo Markoviano para la predicción del deterioro, prediciendo los deterioros futuros se podrá evaluar y analizar las estrategias de mantenimiento y ayuda en la toma de decisiones para que la aplicación del mantenimiento sea más oportuna, en este caso se requiere intervención en veredas, juntas y apoyos para evitar que se siga deteriorando. También, se concluye que el modelo planteado constituye una herramienta adecuada, válida y sencilla para la predicción del deterioro.

V. CONCLUSIONES

Para una adecuada administración del mantenimiento de puentes se requiere un sistema de gestión de puentes, por lo cual en la presente tesis se desarrolló una propuesta del módulo de un sistema de gestión de puentes del tramo 4 del corredor vial interoceánico – sur, Azángaro - puente Inambari. En los módulos se determinó los componentes de los puentes que requieren mantenimiento de manera más próxima y poder seguir brindando la transitabilidad de manera eficiente.

- Respondiendo al primer objetivo, como punto de inicio para un SGP se implementó el inventario de los 67 puentes del tramo 4 del corredor vial interoceánico – sur, Azángaro - puente Inambari, alineado al formato de guía de inspección de puentes del MTC, considerando la incorporación de datos como la importancia operativa del puente y vida remanente.
- Se desarrollo la metodología para obtener el estado de condición de los puentes tomando como referencia el método de la unidad de puentes de Laname UCR inspección visual de puentes. Además, se estandarizó la agrupación de elementos en 17 sub grupos, de los distintos tipos de puentes con miras a desarrollar paquetes de estrategias mantenimiento a nivel de proyecto y red. Para reducir el nivel de subjetividad y estandarizar la calificación del grado de daño de los componentes de los puentes se implementó un glosario de daños referencial. Esta propuesta sitúa a las inspecciones principales como núcleo central del sistema de gestión de puentes, considerando a las inspecciones básicas o rutinarias como dependientes de las primeras. De igual manera, se desarrolló la inspección principal (visual) en campo implementando formatos de inspección y procedimientos de inspección los cuales toman como base la guía de inspección de puentes del MTC. También se realizó una segunda agrupación en 04 grupos, por lo que vio la necesidad de

sensibilizar el cálculo de la calificación estado de condición en los grupos de seguridad vial y grupo funcional. Para la representación gráfica de la calificación del estado de condición de los elementos de los puentes se agrupo en 4 grupos, sensibilizando la calificación de los grupos de señalización y grupo funcional. Se concluye, en términos generales los daños detectados en los puentes del tramo 4 del corredor vial interoceánico – sur, Azángaro - puente Inambari, son reiterativos, presentan principalmente un origen de desgaste periódico con un nivel de deterioro ‘deficiente’ como se detalla a continuación:

- Falta de continuidad de las juntas, desgaste en juntas de dilatación, deterioro de pintura en baranda, veredas y parapetos. Humedad en la cajuela de apoyos, y funcionamiento incorrecto de apoyos.
- Los cuales se repiten en promedio en el 75% de los 67 puentes que contempla el proyecto.
- Respondiendo al tercer objetivo se desarrolló el modelo de predicción de deterioro, basado en el método estocástico de las cadenas de Markov. Se planteó una transición de estado de condición máxima de un estado por año. Teniendo como base para el cálculo de la predicción los resultados obtenidos en la calificación del estado de condición de los elementos de los puentes tramo 4 del corredor vial interoceánico – sur, Azángaro - puente Inambari en un horizonte de 5 años. Se concluye que mas del 50% de los puentes se encontraran en un estado ‘alarmante’ en los sub grupos señalización, barandas y parapetos, veredas, guardavías, juntas de expansión, sistema de drenaje, apoyos. Por lo que requieren un ‘mantenimiento preventivo’.
- Finalmente, se desarrolló una herramienta informática modular, que plasma los módulos de un sistema de gestión de puentes, como son inventario, inspección,



predicción del deterioro, resumen

http://sigvial.civildesk.xyz/?fbclid=IwAR2Le5YOu5QjnFfYjfSXAAjhs4qoIMP_a_pLE7kwKk8QzHaHNG_I4o4V8M80#/home . El cual facilita en gran medida la visualización de los resultados y logra su función de sistematizar el SGP propuesto.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda retroalimentar constantemente el glosario de daños, homogenizar el formato de inspección y proponer mejoras en los formatos propuesto para su aplicación; este proceso es de mejora continua donde el objetivo en general es lograr la estandarización de las campañas de inspección y relevamiento de información.
- Para estar a la vanguardia con el avance tecnológico se recomienda utilizar las diferentes herramientas tecnológicas como uso de drones, aplicativos móviles, esto con el fin de realizar las inspecciones de manera más sencilla y rápida.
- Para realizar un modelamiento de deterioro de puentes a nivel empírico, se recomienda realizar el registro de fallas en los puentes anualmente utilizando el método planteado de Laname UCR. Obteniendo así, una data histórica de la condición funcional de los elementos del puente, para que las matrices de transición tengan mayor índice de confiabilidad
- Consolidar el sistema de gestión con el desarrollo del módulo de priorización y posterior optimización de estrategias de mantenimiento, para hacer un uso correcto de los recursos que se asignan a las actividades de conservación.
- Realizar una línea de investigación sobre las fuentes de financiamiento para las estrategias de mantenimiento que se realizaran a raíz del uso del SGP.
- Proponer paquetes de reparación como son: el reemplazo de juntas de expansión y ampliación de longitud de juntas, reemplazo de apoyos, campañas de pintado de barandas y parapetos, veredas y guardavías, tratamiento de superficial en carpeta de rodadura para recuperar el índice de serviciabilidad.



- Se recomienda realizar estudios particularizados del cauce del río con el fin de prevenir problemas de socavación, ya que son la segunda razón principal del colapso en puentes.
- Finalmente se recomienda continuar con la línea de investigación de la gestión de puentes, contemplando la gestión de riesgos y desarrollo sostenible.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre Erique, F. B. (2017). *Modelo de Gestión para Puentes de la provincia de El Oro*.
- AIPCR-PIARC, A. M. (2011, January 20). *Ensayos no destructivos y evaluación de la condición de estado de los puentes*.
- Austroroads. (2002). Guidelines for Bridge Management: Structure Information. *Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities*.
- Barlow, R. E., & Proschan, F. (1965). *Mathematical theory of reliability*. Wiley y Sons.
- Clemente Tirado, J. J. (2003). *Modelos de predicción del deterioro en sistemas de gestión de puentes*. Pantecnia Consulting S.L.
- de Solminihaq T., H. (2001). *Gestión de Infraestructura Vial* (Vol. 2). Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Días Vallejos, N. J. (2018). *Priorización de puentes de la región de Valparaíso basado en inspección visual*.
- Frangopol, & Das. (1999). *Management of bridges Stokes base don future reability and manteinance cost*.
- González Ruiz de Zarate, E. (2010). *Sistema de Inventario y Gestión de Administración de Puentes de Ferrocarriles*.
- Islas Rodríguez, J. J. (2016). *Manual de procedimientos para la inspección y mantenimiento de puentes*. Instituto Politécnico Nacional - México.
- Leon González, J. (2007). *Reflexiones en torno a la inspeccion de puentes*.
- Lleclish Hernandez, K. A. (2019). *Propuesta sistemas gestión puentes conservación intercambio vial Ovalo Grau: Vol. I*.



- Lugo Herrera, L. (2006). *Sistema de Gestión Integral de Puentes*.
- Martínez Cañamares, J. (2016). *Sistema de gestión de puentes, optimización de estrategias de mantenimiento implementación en redes locales*.
- Matute Rubio, L., & Pulido Sánchez, I. (2012). Medidas eficientes en la conservación de puentes. *IDEAM, VI*.
- Molina Schulz, N. F. (2012). *Diseño de un sistema de gestión de puentes bajo enfoque de priorización de la inversión. I*.
- MTC. (2018). *Glosario de terminos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*.
- MTC, P. (2019). *Guía para inspección de puentes*.
- MTC Perú. (2016). *Manual de carreteras, mantenimiento o conservación vial (Vol. 1)*. 2018.
- Muñoz Barrantes, J., Agüero Barrantes, Pablo, Vargas Barrantes, S., Villalobos Vega, E., Vargas Alas, L. G., Barrantes Jimenez, R., & Loria Salazar, G. (2015). *Guía para la determinación de la condición de puentes en Costa Rica mediante inspección visual*. PITRA.
- Murillo Madrigal, J. A., & Castillo Barahona, R. (2014, March). El sistema informático para la administración de estructuras de puentes de Costa Rica (SAEP). *Unidad de Puente, PITRA, LanameUCR*.
- Narro Martos, W. M. (2013). *Nivel de deterioro estructural en el puente de concreto “Puente Orellana” Jaen (Vol. 1)*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Paredes Gilder, J. F. (2019). *Planificación y gestión de infraestructura*.



- Pecho, Y. (2017). Importancia del mantenimiento preventivo de puentes en el Perú.
PIRHUA, 1–14.
- Torres Machí, C. (2015). *Optimización heurística multiobjetivo para la gestión de activos de infraestructuras de transporte terrestre*. Universidad Politecnica de Valencia.
- Valenzuela Díaz, S. A. (2008). *Metodología de gestión de puentes a nivel de red basada en inspección visual*.
- van Noortwijk, J., Bakker, J., & van der Graad, H. (1998). *Model of lifetime - extending maintenance*. Proceeding of the 8th International Conference on Structural Faults and Repair.



ANEXOS